

Lineamientos para ejecutar operaciones de Salvamento Minero en Minas Subterráneas.



Tabla de Contenido



TABLA DE CONTENIDO LINEAMIENTOS

	<u>Pagina</u>
Informe “Lineamientos para Ejecutar Operaciones de Salvamento Minero”	
Tabla de Contenido Lineamientos	67
Resumen Ejecutivo Lineamientos	68
Introducción Lineamientos	69
Capítulo 1	
Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano	70
Reseña Histórica del Sistema de Salvamento Minero	72
Recursos Disponibles del Sistema de Salvamento Minero	82
Principales minerales explotados en Colombia ...	93
Capítulo 2	
Estructura y Funcionamiento del Sistema de Salvamento Minero Colombiano	98
Política de rescate minero	99
Estructura del Sistema de Salvamento Minero Colombiano	100
Procedimiento de activación del Plan de Acción de Rescate Minero	108
Capítulo 3	
Acciones de Rescate para la Atención de Emergencias Mineras.....	140
Incendios	142
Derrumbes de roca o caídas de techos ..	217
Inundaciones	268
Atmósferas irrespirables.....	317
Explosiones	438
Ocasionadas por problemas eléctricos ..	517
Ocasionadas por problemas mecánicos	550
Caídas desde altura	572
Capítulo 4	
Equipos y Elementos Generales Utilizados en la Atención de Emergencias en Labores Mineras Subterráneas.	623
Introducción Equipos y Elementos	623
Elementos de Protección de Personal necesarios para realizar acciones de Rescate Minero	623
Equipos de Primeros Auxilios.....	623
Clases de señales aplicadas a las acciones de salvamento minero	624
Equipos mínimos requeridos por tipo de emergencias mineras	626
Capítulo 5	
Psicología en la Atención de una Emergencia Minera	780
Lo que pueden esperar los miembros del equipo de salvamento minero	781
Introducción a los conceptos de estrés por incidente traumático	784
Estrés por incidente traumático	785
Rescate de sobrevivientes y recuperación de cuerpos	788
‘Las familias mineras primero’: plan de implementación de respuestas y comunicaciones	792



Resumen Ejecutivo



Resumen Ejecutivo Lineamientos

Entender la historia del Salvamento Minero en Colombia y trazar sus pasos, aporta en la preparación de nuevas estrategias para mejorar la efectividad de cada acción futura. Por ello se ha preparado una serie de capítulos destinados a las generalidades del Sistema y a su estructura y funcionamiento. De manera seguida se encuentra la base teórica del conocimiento para atender acciones de Salvamento Minero divididas en tipos de emergencia que incluyen, incendios, caída de rocas, inundaciones, atmosferas irrespirables y explosiones, además de emergencias eléctricas, mecánicas, y de caídas de alturas. Por último y como parte esencial de los lineamientos se ha preparado un capítulo de psicología en la atención de las emergencias mineras que pretende aportar avances importantes en la identificación de síntomas de comportamiento causados por lo experimentado en acciones de salvamento minero y evitar que dichos traumas puedan afectar el desempeño de los miembros del sistema de salvamento minero.



Introducción



Introducción Lineamientos

Los lineamientos contenidos en este informe son la base teórica del conocimiento a ser implementado en acciones de Salvamento Minero. Buscan explicar “porque” y “cómo” se realizan operaciones de Salvamento Minero en minería subterránea bajo niveles de riesgo aceptable. Para facilitar la lectura, el informe se han dividido en cinco capítulos listados en la tabla de contenido pero básicamente enmarcados en tres secciones; (1) Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano y su estructura y funcionamiento, (2) Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras incluyendo los equipos requeridos y (3) la Psicología en la atención de una emergencia minera.





Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano



1. Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>		<u>Página</u>
		<u>Tablas</u>	
1.1	Reseña Histórica del Sistema de Salvamento Minero 72	1-1	Población ocupada según actividad periodo 2001-2016 (Miles) 76
1.2	Estadísticas de Emergencias Mineras 75	1-2	Recuento cronológico de los principales desastres mineros 77
1.2.1	Estadísticas de Capacitaciones en Temas de Salvamento Minero 81	1-3	Personal afectado periodo 2005-2016 77
1.3	Recursos Disponibles del Sistema de Salvamento Minero 82	1-4	Causas de Emergencias 2005-2016 78
1.3.1	Infraestructura 82	1-5	Causas de Fatalidades 2005-2016 80
1.3.2	Equipos y Herramientas 84	1-6	Capacitaciones en temas de salvamento 81
1.3.3	Recurso Humano 91	1-7	Visitas de seguridad e higiene..... 81
1.4	Principales minerales explotados en Colombia 93	1-8	Titularidad Minera 82
1.5	Referencias 96	1-9	Principales actividades mineras por sedes 83
		1-10A	Equipos de primera respuesta 84
		1-10B	Equipos de primera respuesta - Continuación..... 85
		1-10C	Equipos de primera respuesta - Continuación..... 86
		1-11A	Equipos auxiliares 87
		1-11B	Equipos auxiliares – Continuación 88
		1-11C	Equipos auxiliares – Continuación 89
		1-11D	Equipos auxiliares – Continuación 90
		1-12	Vehículos automotores 91
		1-13	Títulos mineros vigentes por mineral..... 93

Página

Figuras

1-1	Población ocupada según actividad periodo 2001-2016	76
1-2	Personal afectado período 2005-2016	77
1-3	Causas de Emergencias 2005-2016	79
1-4	Causas de Fatalidades 2005-2016	80
1-5	Ubicación de las Estaciones y Puntos de Apoyo de Seguridad y Salvamento Minero	83
1-6	Organigrama del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero	92
1-7	Producción de Carbón	93
1-8	Producción de Oro	93
1-9	Producción de Plata	94
1-10	Producción de Platino	94
1-11	Producción de Cobre	94
1-12	Producción de Ferroníquel	94
1-13	Producción de Azufre	94
1-14	Producción de Esmeraldas	94
1-15	Producción de Hierro	94
1-16	Producción de Sal.....	94
1-17	Producción de Caliza	95
1-18	Producción de Cemento Gris	95

1. Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano.

1.1 Reseña Histórica del Sistema de Salvamento Minero

Hablar de minería en Colombia es remitirse a la época colonial, donde nuestros ancestros indígenas eran manipulados por los conquistadores españoles en su desmedido afán de riqueza. Españoles con cuadrillas de esclavos se lanzaron a Remedios desde Cartagena, Antioquia y Mariquita. Antes de dos años ya se habían importado 2,000 esclavos para extraer minerales metálicos de estrechos pozos y para lavar oro de los arroyos cercanos como el Oca y el Pocuné. Durante los primeros años las minas produjeron cerca de 150,000 pesos en oro por año. A finales del siglo XVI, el laboreo de minas era ya la actividad económica más importante para los pocos pobladores antioqueños (que eran unos 8,000 blancos y unos 15,000 indígenas, según el oidor don Francisco de Herrera y Campuzano). En vista de ello, el gobernador don Gaspar de Rodas promulgó las primeras “Ordenanzas de Minas” en 1584, las cuales serán la raíz del derecho minero antioqueño; y que con el tiempo sería la base del derecho minero colombiano.

Durante casi todo el siglo XIX el oro fue el principal producto de exportación y permitió equilibrar la vacilante balanza de comercio colombiana. Este metal, además de la plata y el platino, atrajo casi desde el comienzo de la República a inversionistas extranjeros que trajeron capital y tecnología. Cuando el vicepresidente Santander se enfrentó a la tarea formidable de crear una república de la nada, en el caos y en la ruina dejados por las guerras de independencia, y apremiado por Bolívar para obtener más recursos y materiales para liberar al Perú, no tuvo más remedio que acudir al crédito insistentemente ofrecido por Inglaterra a la joven Colombia. Fue de esta manera como se le dio a los banqueros Ingleses todas las facilidades y garantías para establecerse en el país, por encima de los intereses nacionales.

Después de firmado el acuerdo en Londres en 1825 empiezan a llegar la compañías Inglesas a Colombia; con ellas llegaron los primeros ingenieros de minas europeos. Aquellos ingenieros nos trajeron la mineralogía, la geología, la hidráulica, la mecánica aplicada, la teoría del calor, la química inorgánica, los métodos geofísicos, el sismógrafo, la construcción de vías, la pólvora, los reactivos químicos, la rueda hidráulica, el molino Cornish, y muchos otros aparatos y conocimientos de invaluable utilidad que dieron un nuevo y gran vigor a la minería. En 1825 y en los dos o tres años siguientes vinieron a las minas de plata de Santa Ana y a las de oro de Marmato y de Supía (en el actual departamento de Caldas) varios ingenieros de minas ingleses y alemanes traídos por el nuevo gobierno colombiano o por empresarios particulares.

Caso diferente era el presenciado por la minería no aurífera, que extraía pequeñas cantidades de minerales (principalmente carbón) para atender la demanda de fogones domésticos y algunas calderas y pequeñas industrias que gradualmente iban creciendo como forjas, fundiciones y ladrilleras. Estas explotaciones eran en su mayoría muy superficiales, improductivas y desarrolladas manualmente hasta donde las condiciones de acarreo/ventilación/bombeo lo permitían, situación que no generaba mayores accidentes y/o percances a los trabajadores.

No fue sino hasta comienzos del siglo XX, en los albores de la industrialización donde la industria minera general presenta una expansión inicial debida en gran parte a la pujanza y emprendimiento de varias personas entre las que se destaca Don Carlos Coriolano Amador, fundador de la que fuera a finales del siglo XIX la mayor empresa de Colombia: La mina de oro “El Zancudo” ubicada en Titiribí, Antioquia que ocupaba unas 1,000 personas, luego estaban Frontino Gold Mines que ocupaba unas 700 personas, La Fundición de Amagá, La Fundición de



Pacho, la empresa textil Samacá y la Cervecería Bavaria.

En 1940, año en que se creó el Ministerio de Minas y Petróleos, se evidenciaba una mayor importancia del carbón en Colombia, sus reservas se estimaban en 2.500 millones de toneladas y en consecuencia las explotaciones se habían multiplicado y se hacían más grandes, por lo tanto los problemas de seguridad industrial propios de las labores mineras de mediana escala se hicieron notorios por lo que su estudio y atención le fueron asignados a las secciones de Servicios Técnicos y de Investigaciones Científicas del nuevo Ministerio.

Con la ampliación de la red ferroviaria nacional, la creación de medianas industrias, especialmente textiles y cementeras que aumentaron sus requerimientos de carbón para calderas de mayor capacidad, la construcción de algunas plantas térmicas, se inició un auge de la minería subterránea de carbón, con la semi-mecanización de las operaciones de avance, arranque y transporte en las minas más representativas, paso necesario en la evolución técnica con miras en el abastecimiento de la mayor demanda, jalonada ahora por la nueva industria siderúrgica nacional.

En 1944 se habían descubierto los yacimientos de hierro y carbón térmico y coquizable en Paz de Río, y de calizas en Belencito en Boyacá, lo que propició la creación de la Siderúrgica Nacional de Paz de Río en 1948, con su inauguración en 1954, incluyendo la operación de las minas con participación de técnicos alemanes quienes transfirieron al país las prácticas que sobre seguridad minera se venían aplicando con todo rigor en Europa, a raíz de las grandes catástrofes ocasionadas por explosiones de grisú y polvo de carbón ocurridas en las cuencas carboníferas de Francia, Bélgica, Inglaterra y la propia Alemania.

En 1953 se realizó el primer censo consolidado de la industria minera en Colombia, en el que se estableció la precariedad técnica y las condiciones de alto riesgo de la mayoría de las explotaciones subterráneas; situación que fue confirmada en el censo para minas y canteras del DANE en 1969. Las minas más representativas en cuanto a volumen de producción y

buenas prácticas de seguridad minera eran para la época: La Chapa, en Boyacá, con tecnología alemana; Anchicayá, en el Valle del Cauca, apoyada por ingenieros belgas, y la Industrial Hullera, en Antioquia, con sistemas de seguridad asimiladas a las establecidas en La Chapa y adaptadas al medio por ingenieros colombianos preparados en este tema por alemanes y franceses. No obstante lo anterior, la primera gran tragedia minera ocurre en 1958 en el municipio de Samacá, donde 20 trabajadores perdieron la vida en una de las minas de Paz del Río.

Entretanto, el Gobierno Nacional asimilaba el tema de seguridad minera y resurgió el interés político por generalizar la buena práctica minera a través de programas de Asistencia Técnica, con fundamento en la Ley 20 de 1969, políticas ejecutadas mediante la creación de las Regionales del Ministerio en las zonas mineras del país y la Sección de Higiene y Seguridad Minera en Bogotá.

A finales de la década del 70 una misión francesa que participó en la creación del centro del carbón de la universidad nacional introdujo una especie de guías enfocadas en la seguridad de las operaciones mineras. Otra de las ventajas de este convenio con los franceses fue la capacitación de muchos de los profesores de esa época quienes trajeron modelos y equipos de carácter didáctico para dotar el Laboratorio de Seguridad Minera en la Facultad. El tema de la seguridad en las minas y la importancia de contar con equipos de salvamento para atender accidentes y desastres, recibió un fuerte impulso, nuevamente con uno de los mayores desastres mineros reportados cuando el 14 de julio de 1977 una explosión de grisú en las minas El Silencio y Villa Diana dejó sin vida a 73 personas en el municipio de Amagá. En esta década del 70 y a raíz de la crisis energética de 1973, se crea Carbones de Colombia - Carbocol mediante el decreto 558 como empresa Industrial y Comercial del Estado, la cual entre sus funciones se encargó de los aspectos operativos de las políticas mineras sobre el carbón.

Con la Ley 1 de 1984 se formó la Dirección General de Minas en el Ministerio de Minas y Energía, cuyo fin era liderar la elaboración de un Reglamento de Seguridad para labores subterráneas que vino a



crystalizarse en el Decreto 1335 de 1987, el cual pretendía promover mecanismos de control y vigilancia, establecer medidas de prevención y procedimientos sancionatorios, pero este Reglamento no funcionó tal como se preveía, pues todos sus contenidos y restricciones resultaron demasiado rigurosos para la realidad de la minería subterránea en Colombia. Las pocas minas sancionadas y cerradas por incumplimiento de las normas tuvieron que reabrirse inmediatamente.



Foto tomada de El Colombiano, Amagá 1977

Paralelamente a la acción del Ministerio, Carbocol también se ocupaba del tema de seguridad en las minas y trabajaba, con la cooperación del Gobierno de Polonia, en la creación de las Centrales de Salvamento Minero, con equipos y sistemas de actuación utilizados en ese país para el rescate de víctimas y sobrevivientes de los desastres. De esta manera y con la expedición del Decreto 1335 de 1987, tuvo origen la estructura y el funcionamiento del Sistema Nacional de Salvamento Minero; en el capítulo III del título XII, se establece, el “Estatuto de Salvamento Minero” y en el artículo 202 de este mismo decreto se establecen los objetivos y tareas básicas que se deben tener en el desarrollo de la actividad del salvamento minero. Así mismo, este decreto crea las Estaciones de Apoyo y Salvamento Minero de Amagá (Cubriendo el dpto. de Antioquia), de Sogamoso (Dpto. de Boyacá), de Ubaté (Dpto. de Cundinamarca), de Zulia (Para el dpto. de Norte de Santander) y de Jamundí (Dpto. del Valle del Cauca).

Un informe de actividades de Carbocol al Ministerio en 1989 en Antioquia, demostró que luego de caracterizar 20 minas de la región Amagá-Angelópolis respecto a los riesgos más relevantes; se

formaron 54 socorredores mineros para 12 minas y a 9 de ellas se les elaboró un plan de salvamento minero; se hicieron 178 visitas técnicas para prevención de riesgos y se elaboraron 79 fichas técnicas de evaluación y recomendaciones para mitigar las condiciones de riesgo. Se atendieron 16 casos de emergencia en 9 minas con un saldo de 11 muertos y 6 heridos. El informe determinó las principales causas de desastre en esta región: inadecuado sostenimiento de excavaciones, el avance simultáneo y mal programado en diversos niveles y el inadecuado control de gases que causan intoxicación y explosiones.

Con el Decreto 2119 de 1992 desapareció la División de Seguridad e Higiene Minera y todas sus responsabilidades y objetos de acción pasaron a Carbocol, ya transformada en Ecocarbón que las vinculó a sus actividades a través de la Centrales de Asistencia Técnica, Seguridad y Salvamento Minero, prestando asesoría en las minas, capacitando al personal, haciendo mediciones sistemáticas de control en los ambientes subterráneos, formando socorredores y desarrollando programas sociales. La labor de Ecocarbón en estos años fue bastante intensa y sus resultados podrían considerarse positivos para la dignificación del trabajo en las minas subterráneas de carbón, aunque debido a la exagerada burocratización y subcontratación de estas actividades, las razones costo-beneficio eran negativas y era más lo que el Estado invertía en las pequeñas y medianas minas de carbón que lo que éstas producían por las ventas del mineral.

Al final de la década de 1990 se acabó la voluntad política para continuar con las acciones oficiales en busca de una mayor seguridad en las minas, se le quitó todo apoyo económico a las actividades que desarrollaba Ecocarbón con el argumento de que el Estado no debería ser paternalista y que la seguridad industrial de las operaciones tendría que estar a cargo de los empresarios mineros y sus trabajadores.

Las actividades remanentes de atención a la minería, que luego pasaron a Minercol y posteriormente al Ingeominas se redujeron a su mínima expresión, al punto que las Centrales de Salvamento Minero quedaron prácticamente en el abandono, atendidas

por escaso personal, encargados de los asuntos de salvamento, sin presupuesto y con equipos obsoletos.

El nuevo impulso que generó el boom minero en la década del 2000, con el consecuente aumento de la accidentabilidad (remitirse a la sección 1.1.1, página 7 de este capítulo para más detalles), vuelca la atención a la normatividad y regulación vigente y es así que en el año 2004, mediante el Decreto 252, Ingeominas se reestructura y se prepara para ejercer funciones de autoridad minera, las cuales le fueron delegadas con la expedición de la Resolución 180074 de 30 enero de 2004 del Ministerio de Minas y Energía. Como complemento a esta normatividad, el 29 de octubre de 2004 se expide el Decreto 3577, modificadorio del Decreto 252 y en el cual se habla específicamente sobre la asignación de la función de salvamento minero a Ingeominas, que a partir de esa fecha se encargó de promover y coordinar las actividades relacionadas con esta materia en el país.

Siguiendo el marco jurídico para el Sistema Nacional de Salvamento el Decreto 4134 de 2011, creó la Agencia Nacional de Minería, como una entidad especializada, adscrita al Ministerio de Minas y Energía y en este mismo decreto se dispuso como función de la Agencia “Fomentar la seguridad minera y coordinar y realizar actividades de salvamento minero sin perjuicio de la responsabilidad que tienen los particulares en relación con el mismo” y esta función dentro de la Agencia fue asignada a la Vicepresidencia de Seguimiento, Control y Seguridad Minera. Alineado con lo anterior, en la Resolución No. 206 de 2013 de la Agencia Nacional de Minería, se define como función del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero “Desarrollar las funciones del grupo de conformidad con lo dispuesto en el Estatuto de Salvamento Minero” y “Ejecutar los programas de capacitación y formación establecidos en el Estatuto de Salvamento Minero, en coordinación con las demás entidades competentes”.

Finalmente el Decreto 1886 de 2015, Deroga el Decreto 1335 de 1987 y establece el nuevo “Reglamento de Seguridad en las labores mineras subterráneas”, así mismo el título XII del Decreto 1886 de 2015 establece: “El estatuto de prevención,

capacitación y atención de emergencias mineras y salvamento minero”, donde especifica claramente el objeto y las funciones del servicio de prevención y atención de emergencias y asigna a la Agencia Nacional de Minería o quien haga sus veces la responsabilidad de dirigir, vigilar y controlar las actividades de prevención, capacitación y atención de emergencias mineras.

1.2 Estadísticas de Emergencias Mineras

A pesar de la tradicionalidad minera en Colombia no se cuenta con registros estadísticos importantes y consolidados, más allá de las noticias sobre accidentalidad y/o tragedias mineras consignadas en los periódicos hasta mediados de la década del 2000, cuando Ingeominas, como autoridad minera asumió dichas responsabilidades en el 2004, empezando con la generación de datos estadísticos básicos. Actualmente la Agencia Nacional de Minería mantiene el control estadístico de dicha información, la cual dispone de información consolidada (de carácter básico) que permite analizar la frecuencia de los accidentes y fatalidades en actividades mineras amparadas o no con título minero.

Para contextualizar un poco la población que trabaja directamente dentro del sector minero, se ha hecho una recopilación de la información histórica del DANE desde el año 2001 hasta Agosto de 2016, donde se resalta en la tabla 1-1 y la figura 1-1, la cantidad de personas que están vinculadas a la actividad de explotación de minas y canteras cuyo aporte al total de la población laboral se ha mantenido constante durante estos 16 años en alrededor del 1%.



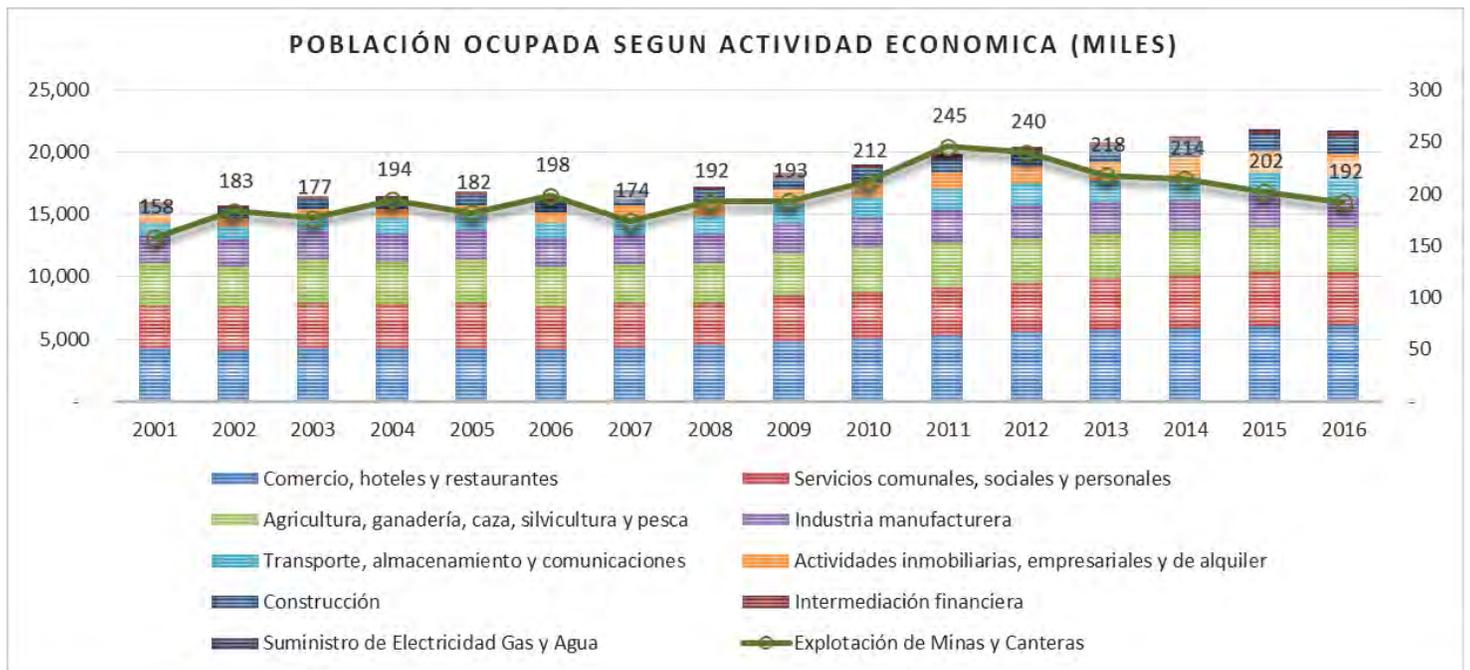
1. Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano

Tabla 1-1 – Población ocupada según actividad período 2001-2016 (Miles)

Actividad Económica	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Comercio, hoteles y restaurantes	4,218	4,043	4,215	4,227	4,284	4,142	4,316	4,503	4,813	5,048	5,314	5,555	5,785	5,870	6,064	6,100
Servicios comunales, sociales y personales	3,497	3,559	3,665	3,591	3,620	3,501	3,607	3,460	3,633	3,722	3,805	3,927	4,141	4,269	4,366	4,305
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	3,373	3,258	3,546	3,383	3,529	3,212	3,149	3,187	3,440	3,572	3,632	3,633	3,533	3,497	3,539	3,523
Industria manufacturera	2,156	2,132	2,213	2,307	2,320	2,215	2,300	2,331	2,421	2,466	2,617	2,639	2,541	2,597	2,586	2,493
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	1,061	1,058	1,109	1,177	1,236	1,284	1,420	1,450	1,548	1,628	1,665	1,722	1,745	1,797	1,804	1,783
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	687	665	711	737	785	807	976	1,128	1,194	1,209	1,304	1,404	1,484	1,573	1,689	1,702
Construcción	727	750	751	773	829	852	903	899	965	1,055	1,161	1,229	1,228	1,315	1,380	1,382
Intermediación financiera	183	186	193	206	208	208	227	221	220	241	244	258	292	290	299	314
Explotación de Minas y Canteras	158	183	177	194	182	198	174	192	193	212	245	240	218	214	202	192
Suministro de Electricidad Gas y Agua	74	76	60	74	80	75	73	75	80	95	112	108	110	122	116	111

Fuente: Elaboración propia con datos del DANE. Datos actualizados a Septiembre de 2016

Figura 1-1 – Población ocupada según actividad período 2001-2016



Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE Datos actualizados a Septiembre de 2016

En la siguiente tabla (Tabla 1-2), se hace un recuento cronológico de algunas de las principales tragedias mineras ocurridas en el país, las cuales fueron extraídas de diversas fuentes de información, principalmente de los periódicos del país.

Tabla 2 – Recuento cronológico de los principales desastres mineros.

Fecha	Lugar	Mina	Fatalid.	Motivo
1958	Samacá	Paz del Río	20	
14-Jul-77	Amaga	El Silencio y Villa Diana	86	Explosión metano
7-Nov-81	Amagá	El Silencio	5	Derrumbe
12-Oct-91	Quipama		15	Derrumbe
19-Oct-97	Zulia	El Diviso y Orocué	16	Explosión Metano
22/Ene/1998	Anorí		10	Derrumbe
1998	V. del Cauca	La Lillí	9	
27/Abr/2001	C. Tasajero	Cañabrava	15	Explosión Metano
22-Nov-01	Filadelfia	El Pescadero	51	Derrumbe
8/Ago/2006	Cucunubá	La Toma	6	Explosión Metano
3-Feb-07	Sardinata	La Preciosa y San Roque	31	Explosión Metano
6-Feb-07	Gameza		8	Derrumbe
14-Oct-07	Cauca	Mina Suárez	24	
11-Nov-08	Amagá	San Fernando	5	Inundación
7/Ago/2009	Amagá	El Bloque	9	Explosión Metano
16-Jun-10	Amagá	San Fernando	73	Explosión Metano
21-Sep-11	Socha	El Diamante	7	Explosión Metano
26/Ene/2011	Sardinata	La Preciosa	21	Explosión Metano
7-Mar-12	Angelópolis	El Desespero	10	Inundación
30-Oct-14	Amagá	La Cancha	12	Inundación
13-May-15	Riosucio	El Playón	15	Inundación

Fuente: Archivos históricos de los periódicos El Tiempo, El Colombiano, El País

A partir del 2005 se encuentra consolidada la información de accidentalidad y fatalidades en el sector cuyas tablas y gráficos se adjuntan a continuación.

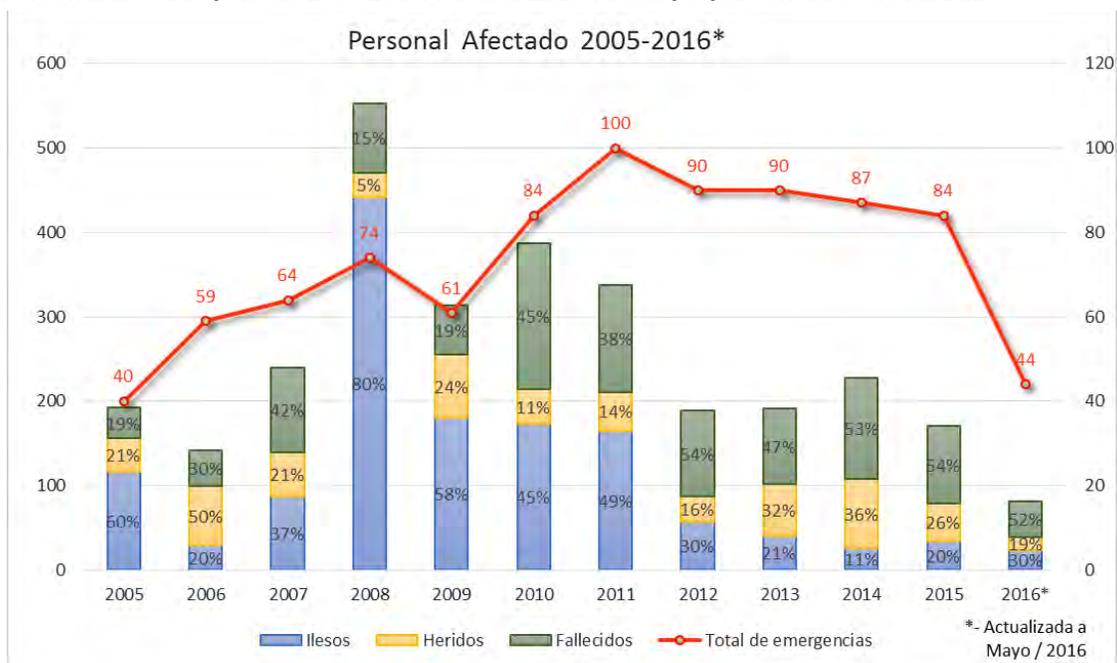
Para el componente de la accidentalidad, se tienen las tablas 1-3 y 1-4, con las respectivas figuras 1-2 y 1-3, en donde se sintetiza toda la información disponible hasta Mayo de 2016.

Tabla 3 – Personal afectado período 2005-2016.

Año	Total de emergencias	Ilesos	Heridos	Fallecidos	Total
2005	40	116	40	37	193
2006	59	29	71	42	142
2007	64	88	51	101	240
2008	74	442	29	82	553
2009	61	181	74	58	313
2010	84	173	41	173	387
2011	100	165	46	127	338
2012	90	57	30	102	189
2013	90	40	62	89	191
2014	87	26	82	120	228
2015	84	34	45	92	171
2016*	44	24	15	42	81
TOTAL	877	1375	586	1065	3026

Fuente: Estadísticas 2005-2016 suministradas por la Agencia Nacional de Minería - ANM actualizadas a Mayo de 2016

Figura 1-2 - Personal afectado período 2005-2016. Fuente: Elaboración propia con datos de la ANM



*- Actualizada a Mayo / 2016

1. Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano

Dentro de la tabulación de las emergencias se han definido 11 tipos de accidentes, cuya definición se describe a continuación.

ACCIDENTE MINERO POR CAÍDA A DIFERENTE NIVEL: Evento o suceso repentino que ocurre a causa de la caída de personas desde una cota superior a una cota inferior.

ACCIDENTE MINERO POR DERRUMBE: Evento o suceso repentino ocurrido en labores subterráneas por el colapso del macizo rocoso.

ACCIDENTE MINERO ELÉCTRICO: Evento o suceso repentino que ocurre por contacto con el flujo eléctrico por el manejo de redes y equipos eléctricos.

ACCIDENTE MINERO MECÁNICO: Evento o suceso repentino que ocurre por el manejo de herramientas manuales, liberación inesperada de cargas, máquinas con sus componentes y accesorios utilizados para el transporte, ventilación, desagüe, iluminación y demás servicios de operación minera.

ACCIDENTE MINERO POR EXPLOSIÓN: Evento o suceso repentino que ocurre por el uso de explosivos, polvo de carbón y/o por la concentración de gases explosivos.

ACCIDENTE MINERO POR INESTABILIDAD DE TALUDES: Evento o suceso repentino que ocurre en labores a cielo abierto por fenómenos de remoción en masa.

ACCIDENTE MINERO POR INCENDIO: Evento o suceso repentino que ocurre por combustión endógena y/o exógena.

ACCIDENTE MINERO POR INUNDACIÓN: Evento o suceso repentino que ocurre por presencia excesiva de agua que cubre total o parcialmente las labores mineras.

ACCIDENTE MINERO POR VENTILACION O ATMOSFERAS VICIADAS: Evento o suceso repentino ocasionado por insuficiencia de oxígeno, concentración de gases fuera de límites permisibles, o acumulación de aire irrespirable.

ACCIDENTE MINERO POR MAQUINARIA PESADA: Evento o suceso repentino por el manejo y/o manipulación de la maquinaria utilizada en las labores mineras para el arranque, cargue y transporte de material.

La alta accidentalidad ocurrida en los últimos años en la industria minera en el país, que ha generado un importante número de trabajadores fallecidos y otro grupo de ellos lesionados, hace necesario formular acciones concretas para minimizar los riesgos, disminuir el número de emergencias mineras, y la severidad de las mismas, buscando salvaguardar la vida e integridad física del personal que labora o recorre las explotaciones mineras.

Lo anterior, sumado a la falta de información actualizada sobre el número de trabajadores empleados en las operaciones mineras, la ausencia de un sistema de seguimiento en materia de salud ocupacional en la industria minera, la considerable actividad extractiva realizada sin el lleno de los requisitos exigidos por la ley, y la ausencia de información consolidada, evidencian la

Tabla 1-4 – Causas de Emergencias 2005-2016

Año	Derrumbe	Atmosferas viciadas	Explosión	Mécanicos	Incendio	Caida a diferente nivel	Inestabilidad de taludes	Eléctricos	Inundación	Maquinaria pesada	Otras causas
2005	16	4	4	2	12	1			1		
2006	15	7	12	8	10	4		1			2
2007	22	9	11	4	9	2	1	3	1		2
2008	25	12	16	9	5	2		3	1		1
2009	27	2	10	6	6	3		1	3		3
2010	27	20	17	5	2	3		1	1		8
2011	41	18	10	8	4	2	3	6	4	1	3
2012	33	12	12	16	5	4			4		4
2013	33	6	8	17	9	5	7	3	2		
2014	26	18	7	8	5	3	10	6	2		2
2015	23	18	13	6	9	5	5	1	2		2
2016*	14	7	3	7	4	2	2		1		4
TOTAL	302	133	123	96	80	36	28	25	22	1	31

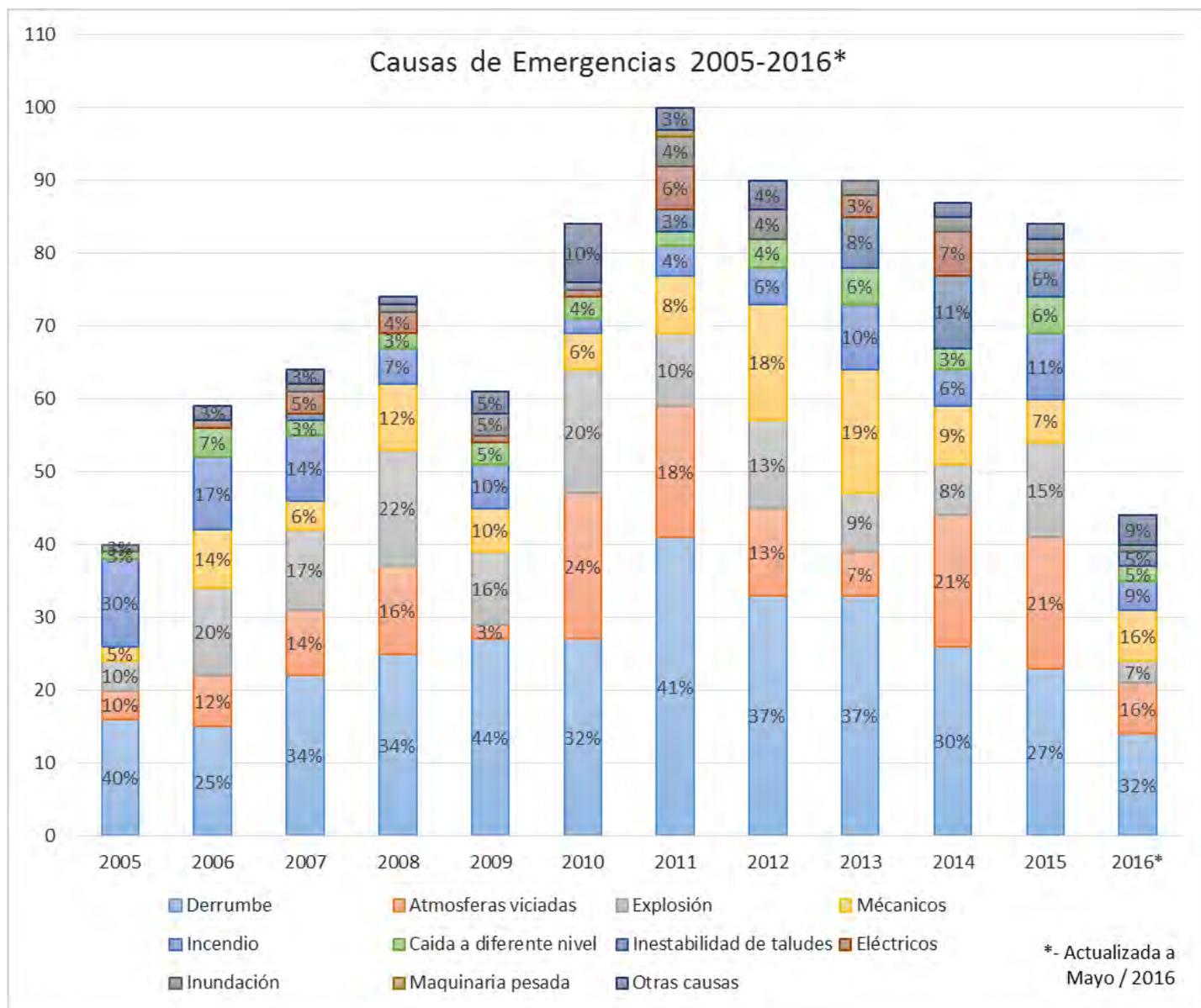
Fuente: Estadísticas 2005-2016 suministradas por la Agencia Nacional de Minería – ANM, actualizadas a Mayo de 2016



necesidad inicial de disponer de un sistema de información para el público en general y en particular para los titulares mineros, que permita dar a conocer con fines preventivos las eventualidades ocurridas en las operaciones mineras, con el fin de que se adopten las medidas de control o de prevención que eviten la ocurrencia de accidentes similares

Adicionalmente, los avances registrados por otros países en relación con el tema, evidencian la necesidad de encaminar los esfuerzos hacia la consolidación de un sistema de información en el cual las entidades del Estado como son Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de la Protección Social, ARL POSITIVA, etc., mantengan la información tanto de incidentes como de accidentes debidamente corroborada, con el objeto de que esta se convierta en una herramienta de información preventiva.

Figura 1-3 – Causas de Emergencias 2005-2016.



La tabla 1-5, en conjunto con la figura 1-4 da cuenta de las fatalidades y sus correspondientes causales para el período 2005 – 2016, actualizado hasta Mayo de 2016.

Fuente: Elaboración propia con estadísticas 2005-2016 suministradas por la Agencia Nacional de Minería - ANM



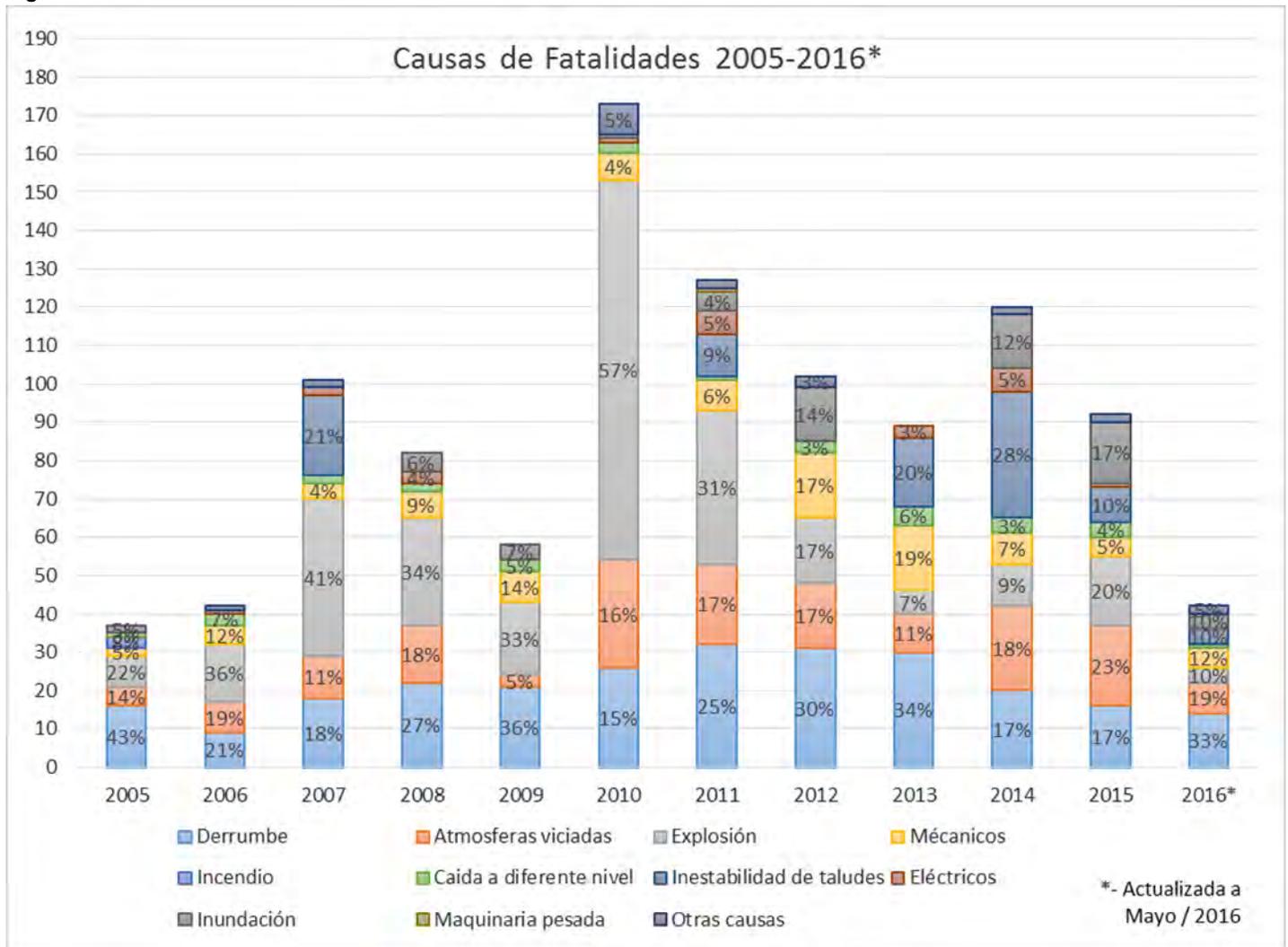
1. Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano

Tabla 1-5 – Causas de Fatalidades 2005-2016

Año	Derrumbe	Atmosferas viciadas	Explosión	Mécanicos	Incendio	Caida a diferente nivel	Inestabilidad de taludes	Eléctricos	Inundación	Maquinaria pesada	Otras causas
2005	16	5	8	2	3	1			2		
2006	9	8	15	5		3		1			1
2007	18	11	41	4		2	21	2			2
2008	22	15	28	7		2		3	5		
2009	21	3	19	8		3			4		
2010	26	28	99	7		3		1	1		8
2011	32	21	40	8		1	11	6	5	1	2
2012	31	17	17	17		3			14		3
2013	30	10	6	17		5	18	3			
2014	20	22	11	8		4	33	6	14		2
2015	16	21	18	5		4	9	1	16		2
2016*	14	8	4	5		1	4		4		2
TOTAL	255	169	306	93	3	32	96	23	65	1	22

Fuente: Elaboración propia con estadísticas 2005-2016 suministradas por la Agencia Nacional de Minería - ANM

Figura 1-4 – Causas de Fatalidades 2005 – 2016



Fuente: Elaboración propia con datos de la ANM

Como se aprecia en la figura 1-2, el incremento de la actividad minera para el período 2005-2011 tuvo un consecuente incremento continuo promedio del 25% anual en la accidentalidad minera. El desaceleramiento de la economía, sumado a la caída de precios en la mayoría de los minerales y a las nuevas políticas implementadas por la naciente Agencia Nacional de Minería, muestran a la vez un decrecimiento de las emergencias mineras y correspondientemente al personal afectado desde el 2012 a la fecha.

Haciendo un análisis de la tabla 1-3 y la figura 1-4, correspondientes al histórico de las causas de emergencia para el período comprendido entre 2005 y 2016, se pueden elaborar las siguientes conclusiones:

Las emergencias causadas por **derrumbes** se consolidan en el primer lugar de ocurrencias con una participación promedio del 34% anual. En segundo lugar se ubica las **atmosferas viciadas** con un promedio del 15% y en tercer lugar las **explosiones** con el 14%

A partir del año 2011 (Año con la mayor cantidad de emergencias reportadas), se observa un decrecimiento en el porcentaje de aporte de los derrumbes y se nota un incremento del aporte por causa de incendios a niveles superiores al 10%.

El mismo análisis, pero esta vez para las fatalidades entre el mismo período 2005-2015 (Ver tabla 1-4 y figura 1-5), permite concluir que la principal causa de fatalidad es compartida por los **derrumbes** y **explosiones** con un promedio histórico del 26% para cada uno, seguido de las atmósferas viciadas con un aporte del 16%

Vale la pena mencionar que una causa de fatalidad que viene incrementándose en los últimos 3 años es la inestabilidad de taludes con un promedio del 16% de aporte anual para los años 2013-2015

1.2.1 Estadísticas de Capacitaciones en Temas de Salvamento Minero

La información consolidada de la capacitación en temas de salvamento y de las visitas de seguridad e higiene industrial han sido consolidadas en las tablas 1-6 y 1-7. La Agencia Nacional de Minería ha iniciado un ambicioso plan de capacitación para el que se ha

destinado una importante partida presupuestal. Los datos obtenidos para el período 2005-2009 fueron extraídos del Servicio Geológico Colombiano - SGC, anteriormente Ingeominas de sus informes de gestión.

Tabla 1-6 – Capacitaciones en temas de salvamento

Año	Formación	Asistencia Técnica	Líderes en Seguridad
2005	160	14	
2006	1763		
2007	1957		
2008	107		
2009	1083		
2010	546		
2011	822		
2012	1162		
2013	1169	3507	191
2014	914	4935	126
2015	1240	3836	24
2016*	371	668	97
TOTAL	11294	12960	438

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM, Ingeominas
Datos actualizados a Mayo de 2016

Tabla 1-7 – Visitas de seguridad e higiene

Año	Visitas de Seguridad	Bocaminas Visitadas
2005	447	366
2006	572	
2007	562	250
2008	673	183
2009	687	260
2010	544	1044
2011	585	1532
2012	368	987
2013	692	1940
2014	578	1261
2015	700	1685
TOTAL	6408	9508

Fuente: Agencia Nacional de Minería - ANM

1.3 Recursos Disponibles del Sistema de Salvamento Minero

De acuerdo con la información del catastro minero (Del 19 de febrero de 2016) existen en Colombia 9.190 títulos mineros vigentes que representan un área de 4.668.432,77Ha; correspondientes al 4,09 % del territorio nacional. En la tabla 1-8 se desglosa la titularidad minera de acuerdo a la modalidad de contrato.

1.3.1 Infraestructura

Para atender las diversas emergencias o accidentes mineros a nivel nacional, el grupo de salvamento tiene establecidas y dotadas 5 Estaciones de Seguridad y Salvamento (Ubaté, Nobsa, Amagá, Jamundí y Cúcuta) y 4 Puntos de apoyo (Remedios, Marmato, Pasto y Bucaramanga) cuyas áreas de influencia y cobertura se ilustran en la figura 1-5. Adicionalmente, en la tabla 1-9 se discriminan las principales actividades mineras que se desarrollan en cada una de las Estaciones de Salvamento y Puntos de Apoyo.

Cada una de las estaciones de Seguridad y Salvamento cuenta con sus respectivas instalaciones que incluyen un área para las oficinas del personal del grupo de Salvamento, aulas de capacitación para el desarrollo teórico de los cursos de actualización, formación y liderazgo. Tienen también locaciones particulares para el desarrollo práctico de los cursos de socorredores.

Desde que la Agencia Nacional de Minería asumió el control como autoridad minera a través del grupo de Salvamento se ha implementado un plan de mejoramiento y actualización tecnológica de todos los equipos y la dotación de instrumentos de última tecnología. En las instalaciones de Seguridad y Salvamento se almacenan los equipos de rescate y se les hace el mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Tabla 1-8 – Titularidad minera

TITULARIDAD MINERA EN EL TERRITORIO NACIONAL

AREA DEL TERRITORIO: 114,218,901 Hectáreas.

Títulos Mineros Vigentes por Modalidad y Etapa En el País⁽¹⁾

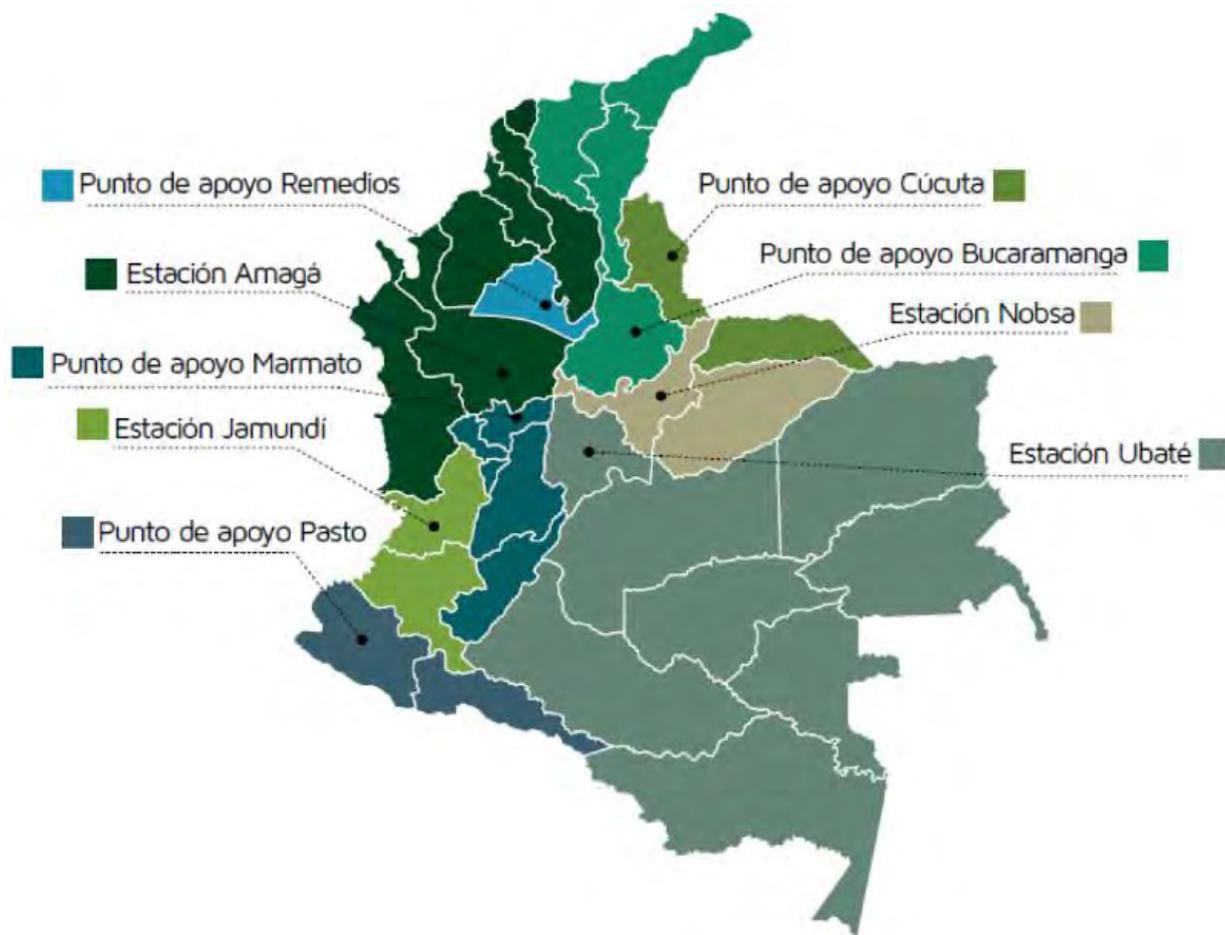
Modalidad	Títulos		Área		Etapa Contractual		
	Numero	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Exploración	Construcción y Montaje	Explotación
Autorización Temporal	861	9.37%	165,229	3.54%	-	-	861
Contrato de Concesión (Dec 2655)	1,065	11.59%	300,757	6.44%	9	67	989
Contrato de Concesión (Ley 685)	5,587	60.79%	3,443,828	73.77%	1,421	1,823	2,343
Contrato Virtud de Aporte	320	3.48%	290,402	6.22%	5	-	315
Licencia de Exploración	336	3.66%	137,896	2.95%	224	9	103
Licencia de Explotación	789	8.59%	59,400	1.27%	4	-	785
Licencia Especial para Materiales de Construcción	154	1.68%	899	0.02%	-	-	154
Permiso	19	0.21%	4,190	0.09%	2	-	17
Reconocimiento de Propiedad Privada	24	0.26%	265,027	5.68%	-	-	24
Canteras	35	0.38%	805	0.02%	-	-	35
Total	9,190	100.00%	4,668,433	100.00%	1,665	1,899	5,626

⁽¹⁾ Actualizado al 19 de Febrero de 2016

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM, Ingeominas



Figura 1-5 - Ubicación de las Estaciones y Puntos de Apoyo de Seguridad y Salvamento Minero.



Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

Tabla 1-9 – Principales actividades mineras por sedes

Estación de Seguridad y Salvamento - ESSM / Punto de Apoyo de Seguridad y Salvamento Minero - PAESSM	Departamento	Actividad Minera Principal	Actividad Minera Secundaria
Estación Ubaté	Cundinamarca	Subterránea de Carbón	Materiales de construcción
Estación Nobsa	Boyaca	Subterránea de Carbón y Esmeraldas	Roca Caliza, Roca Fosforica, Hierro
Estación Amagá	Antioquia	Subterránea de Carbón y Oro	Materiales de Construcción
Estación Jamundí	Valle del Cauca	Subterránea de Carbón y Oro	Materiales de Construcción
Estación Cúcuta	Norte de Santander	Subterránea de Carbón	Materiales de Construcción
Punto de Apoyo Remedios	Antioquia	Oro	Materiales de Construcción
Punto de Apoyo Pasto	Nariño	Carbon, Oro	Materiales de Construcción
Punto de Apoyo Bucaramanga	Santander	Carbon, Oro	Materiales de Construcción
Punto de Apoyo Marmato	Caldas	Oro	Materiales de Construcción

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM



1.3.2 Equipos y Herramientas

Cada una de las estaciones y puntos de salvamento minero cuenta con los equipos mínimos necesarios para la atención de una emergencia o accidente minero

Con el fin de tener una idea global de los equipos con que se cuenta, en las tablas 1-10A, 1.10B y 1.10C se consignan los equipos de primera respuesta o principales, presentes en cada una de las Estaciones y Puntos de Salvamento; en la tablas 1-11A, 1.11B, 1.11C y 1.11D los equipos auxiliares y en la tabla 1-12 los vehículos automotores.

Tabla 1-10A – Equipos de primera respuesta

Nombre del Equipo y Marca	Características y Función	Ubicación	Cantidad	Imagen
Equipo de circuito cerrado PSS BG4 PLUS, Draguer	Equipo de circuito cerrado a base de oxígeno medicinal. Se utiliza para Proteger al usuario de atmosferas contaminadas o con ausencia de oxígeno	Ubaté	40	
		Nobsa	40	
		Amagá	34	
		Jamundí	40	
		Cúcuta	40	
		Remedios	6	
		Marmato	15	
		Pasto	15	
		Bucaramanga	15	
Equipos de medición de gases MX6, INDUSTRIAL SCIENTIFIC.	Equipo electrónico que mediante sensores nos permite medir los niveles peligrosos de gases combustibles, tóxicos y del oxígeno	Ubaté	13	
		Nobsa	13	
		Amagá	9	
		Jamundí	4	
		Cúcuta	10	
		Remedios	2	
		Marmato	2	
		Pasto	3	
		Bucaramanga	3	
Equipos de medición de gases MX4, INDUSTRIAL SCIENTIFIC.	Equipo electrónico que mediante sensores nos permite medir los niveles peligrosos de gases combustibles, tóxicos y del oxígeno	Ubaté	4	
		Nobsa	3	
		Amagá	1	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	1	
		Remedios	1	
		Marmato	0	
		Pasto	1	
		Bucaramanga	0	
Autorrescatador de oxígeno CI-30	Este equipo está diseñado para la protección respiratoria individual en caso de emergencia en ambientes inadecuados a la inhalación.	Ubaté	6	
		Nobsa	6	
		Amagá	6	
		Jamundí	8	
		Cúcuta	8	
		Remedios	5	
		Marmato	5	
		Pasto	5	
		Bucaramanga	5	

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

Tabla 1-10B – Equipos de primera respuesta - Continuación

Nombre del Equipo y Marca	Características y Función	Ubicación	Cantidad	Imagen
Caretas Panorámicas	Máscara de Respiración con visor panorámico que puede adaptarse a los diversos equipos de de circuito cerrado.	Ubaté	41	
		Nobsa	60	
		Amagá	41	
		Jamundí	60	
		Cúcuta	20	
		Remedios	0	
		Marmato	7	
		Pasto	4	
Bucaramanga	10			
Lamparas	Este equipo está diseñado para la iluminación individual en el interior de la mina.	Ubaté	41	
		Nobsa	82	
		Amagá	64	
		Jamundí	60	
		Cúcuta	59	
		Remedios	10	
		Marmato	56	
		Pasto	77	
Bucaramanga	72			
Sistema de comunicación Rescom	Sistema alámbrico que nos permite la comunicación de manera continua con el personal que se encuentre en el interior de la mina.	Ubaté	1	
		Nobsa	1	
		Amagá	1	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	1	
		Remedios	1	
		Marmato	1	
		Pasto	0	
Bucaramanga	1			
Equipo de Prueba Test IT-6100	La maleta para comprobación de máscaras portátil Dräger Test-it 6100 es un equipo para la comprobación manual y móvil de máscaras	Ubaté	2	
		Nobsa	2	
		Amagá	1	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	0	
		Remedios	0	
		Marmato	1	
		Pasto	0	
Bucaramanga	1			

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

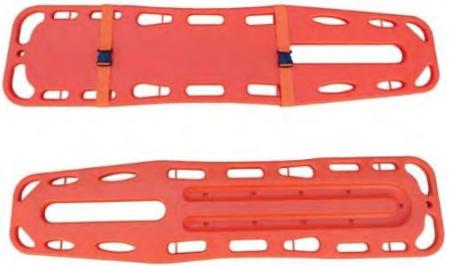
1. Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano

Tabla 1-10C – Equipos de primera respuesta - Continuación

Nombre del Equipo y Marca	Características y Función	Ubicación	Cantidad	Imagen
Bomba de Trasiego	Bomba esencial para todas aquellas aplicaciones en las que haya que suministrar oxígeno de alta presión a botellas de equipos	Ubaté	1	
		Nobsa	0	
		Amagá	2	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	1	
		Remedios	1	
		Marmato	1	
		Pasto	1	
		Bucaramanga	1	
Eletro Bomba Sumergible	Bomba eléctrica sumergible con seguridad intrínseca para el bombeo de lodos.	Ubaté	2	
		Nobsa	2	
		Amagá	2	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	2	
		Remedios	0	
		Marmato	0	
		Pasto	1	
		Bucaramanga	2	
Planta Eléctrica	Planta portátil de generación de electricidad de 3200 WATTS 110 a 220V.	Ubaté	2	
		Nobsa	1	
		Amagá	2	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	1	
		Remedios	0	
		Marmato	0	
		Pasto	0	
		Bucaramanga	0	

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

Tabla 1-11A – Equipos auxiliares

Nombre del Equipo y Marca	Características y Función	Ubicación	Cantidad	Imagen
Camilla Canasta	Equipo utilizado para inmovilización y transporte de víctimas	Ubaté	4	
		Nobsa	2	
		Amagá	2	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	5	
		Remedios	1	
		Marmato	1	
		Pasto	2	
		Bucaramanga	1	
Camilla Rígida	Equipo utilizado para inmovilización y transporte de víctimas	Ubaté	8	
		Nobsa	8	
		Amagá	6	
		Jamundí	5	
		Cúcuta	6	
		Remedios	2	
		Marmato	4	
		Pasto	1	
		Bucaramanga	1	
Camilla Tipo SKED	Equipo utilizado para inmovilización y transporte de víctimas en espacios confinados.	Ubaté	2	
		Nobsa	0	
		Amagá	1	
		Jamundí	0	
		Cúcuta	2	
		Remedios	0	
		Marmato	1	
		Pasto	1	
		Bucaramanga	1	
GPS Garmin Referencia map 62s	Equipo que permite determinar la posición de un objeto o lugar con una precisión de hasta (3) tres metros.	Ubaté	8	
		Nobsa	6	
		Amagá	6	
		Jamundí	5	
		Cúcuta	5	
		Remedios	0	
		Marmato	1	
		Pasto	0	
		Bucaramanga	2	

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

1. Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano

Tabla 1-11B – Equipos auxiliares – Continuación

Nombre del Equipo y Marca	Características y Función	Ubicación	Cantidad	Imagen
Brújula marca Brunton	Equipo que nos permite medir la dirección del campo magnético terrestre.	Ubaté	3	
		Nobsa	3	
		Amagá	3	
		Jamundí	3	
		Cúcuta	3	
		Remedios	1	
		Marmato	0	
		Pasto	0	
Bucaramanga	0			
Camara digital SONY	Equipo para la toma de evidencia fotográfica en superficie.	Ubaté	3	
		Nobsa	3	
		Amagá	2	
		Jamundí	3	
		Cúcuta	2	
		Remedios	0	
		Marmato	1	
		Pasto	1	
Bucaramanga	1			
Cámara ToughPIX 204XP - marca CORDEX	Equipo certificado para la toma de evidencia fotográfica en el interior de la mina.	Ubaté	1	
		Nobsa	1	
		Amagá	1	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	1	
		Remedios	1	
		Marmato	1	
		Pasto	1	
Bucaramanga	1			
Termo-higroanemometro digital – marca AMPROBE	Equipo que nos permite medir la velocidad del aire con rango de 0.4 a 32 m/s, mide temperatura en un rango de -20 a 70 °C; mide RH de 100%; con conexión USB.	Ubaté	3	
		Nobsa	3	
		Amagá	3	
		Jamundí	2	
		Cúcuta	3	
		Remedios	1	
		Marmato	2	
		Pasto	1	
Bucaramanga	2			

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

Tabla 1-11C – Equipos auxiliares – Continuación

Nombre del Equipo y Marca	Características y Función	Ubicación	Cantidad	Imagen
Ventilador Axial 2KIM - 500	Equipo que esta adoptado para trabajo de impelente o aspirante además está certificado para el trabajo en ambientes explosivos.	Ubaté	4	 <p>Etiquetas de imagen: CELULAR DE UNIÓN, RACOR DE CONDUCTOR DE VENTILADOR, CUERPO CON LA ESTRUCTURA PORTADORA DEL MOTOR, ASTAS, REJILLA PROTECTORA</p>
		Nobsa	2	
		Amagá	2	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	2	
		Remedios	0	
		Marmato	0	
		Pasto	0	
Bucaramanga	0			
Bomba P-1BA-EX	Este equipo está destinado para el funcionamiento autónomo en minas subterráneas, en zonas con riesgo de explosión de grisú o con riesgo de explosión de polvo de carbón	Ubaté	1	 <p>Etiquetas de imagen: CABEZAL ALUMINADO, SALIDA DE FOSFORO, CILINDRO DE FOSFORO, CILINDRO DE FOSFORO, CILINDRO DE FOSFORO, CILINDRO DE FOSFORO</p>
		Nobsa	1	
		Amagá	1	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	1	
		Remedios	0	
		Marmato	0	
		Pasto	1	
Bucaramanga	1			
Palanca de fricción con elevador mecánico PHR	Equipo utilizado como elemento de sostenimiento	Ubaté	6	 <p>Etiquetas de imagen: CORONILLA, EMBOLLO, ELEVADOR MECANICO PHR, CERROJO</p>
		Nobsa	6	
		Amagá	6	
		Jamundí	6	
		Cúcuta	6	
		Remedios	4	
		Marmato	4	
		Pasto	4	
Bucaramanga	4			
Elevador de cadena manual WR	Equipo el cual nos permite mover o sostener una carga no mayor a 2.5 ton.	Ubaté	1	 <p>Etiquetas de imagen: ANILLO DE UNIÓN, ANILLO DE UNIÓN</p>
		Nobsa	1	
		Amagá	1	
		Jamundí	3	
		Cúcuta	1	
		Remedios	1	
		Marmato	1	
		Pasto	1	
Bucaramanga	2			

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

Tabla 1-11D – Equipos de primera respuesta - Continuación

Nombre del Equipo y Marca	Características y Función	Ubicación	Cantidad	Imagen
Elevador mecánico-PK 3	Equipo el cual nos permite mover o sostener una carga no mayor a 3.0 ton.	Ubaté	5	
		Nobsa	5	
		Amagá	5	
		Jamundí	5	
		Cúcuta	5	
		Remedios	1	
		Marmato	5	
		Pasto	2	
Bucaramanga	2			
Mandíbula de la vida	Equipo utilizado para realizar cortes en estructuras metálicas.	Ubaté	1	
		Nobsa	1	
		Amagá	1	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	1	
		Remedios	0	
		Marmato	0	
		Pasto	0	
Bucaramanga	1			
Dispositivo de control de descenso manual	Utilizados en minas para operaciones en altura de cerca de los 30 m	Ubaté	2	
		Nobsa	2	
		Amagá	2	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	2	
		Remedios	1	
		Marmato	0	
		Pasto	0	
Bucaramanga	0			
Arnés de cuerpo entero	Equipo utilizado en las acciones de salvamento en las emergencias mineras causadas por caída de diferentes niveles.	Ubaté	2	
		Nobsa	2	
		Amagá	2	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	2	
		Remedios	1	
		Marmato	0	
		Pasto	0	
Bucaramanga	0			

Los anteriores listados son una muestra de los equipos más representativos que se pueden encontrar en cada una de las estaciones de Seguridad y Salvamento. Se invita al lector a dirigirse al capítulo 4, donde se hace una descripción más detallada de estos equipos.

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

Tabla 1-12 – Vehículos automotores

Marca	Características y Función	Ubicación	Cantidad	Imagen
Nissan Frontier (Toyota en Amagá y Ubaté)	Camioneta. Su función es transportar los equipos de salvamento minero	Ubaté	1	
		Nobsa	1	
		Amagá	1	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	1	
		Remedios	0	
		Marmato	0	
		Pasto	0	
		Bucaramanga	0	
Chevrolet FFR Forward	Camión. Su función es transportar los equipos de salvamento minero	Ubaté	1	
		Nobsa	1	
		Amagá	1	
		Jamundí	1	
		Cúcuta	1	
		Remedios	0	
		Marmato	0	
		Pasto	0	
		Bucaramanga	0	

Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

1.3.3 Recurso Humano

Para el desarrollo de sus funciones, el grupo de salvamento cuenta en total con 47 funcionarios de planta: 1 Gerente, 1 asesor, 25 Ingenieros de minas, 2 Abogados, 15 mecánicos de equipos, 4 conductores y 1 técnico asistencial. En la figura 1-6 se puede apreciar el organigrama del grupo de seguridad y de salvamento minero.

Teniendo en cuenta la relevancia de los cargos del personal directivo, de los Ingenieros y Técnicos de la Estaciones y Puntos de Apoyo, sus respectivos propósitos se describen a continuación.

Propósito del Gerente

- Dirigir y orientar planes, programas y proyectos orientados a la prevención de accidentalidad y coordinar el sistema nacional de salvamento de acuerdo con los lineamientos técnicos.

Propósito del Asesor Experto – Ingeniero de Minas

- Asesorar planes, programas y proyectos de seguridad y salvamento minero para la promoción de la seguridad, la prevención de accidentalidad y atención de emergencias mineras de acuerdo con la normatividad vigente y los lineamientos estatales e institucionales.

Propósito del Gestor T1-10 – Ingeniero de Minas

- Diseñar y ejecutar planes, proyectos de seguridad, higiene y salvamento minero para la promoción de la seguridad, la prevención de la accidentalidad y atención de emergencias mineras de acuerdo con la normatividad vigente y los lineamientos estatales e institucionales.

1. Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano

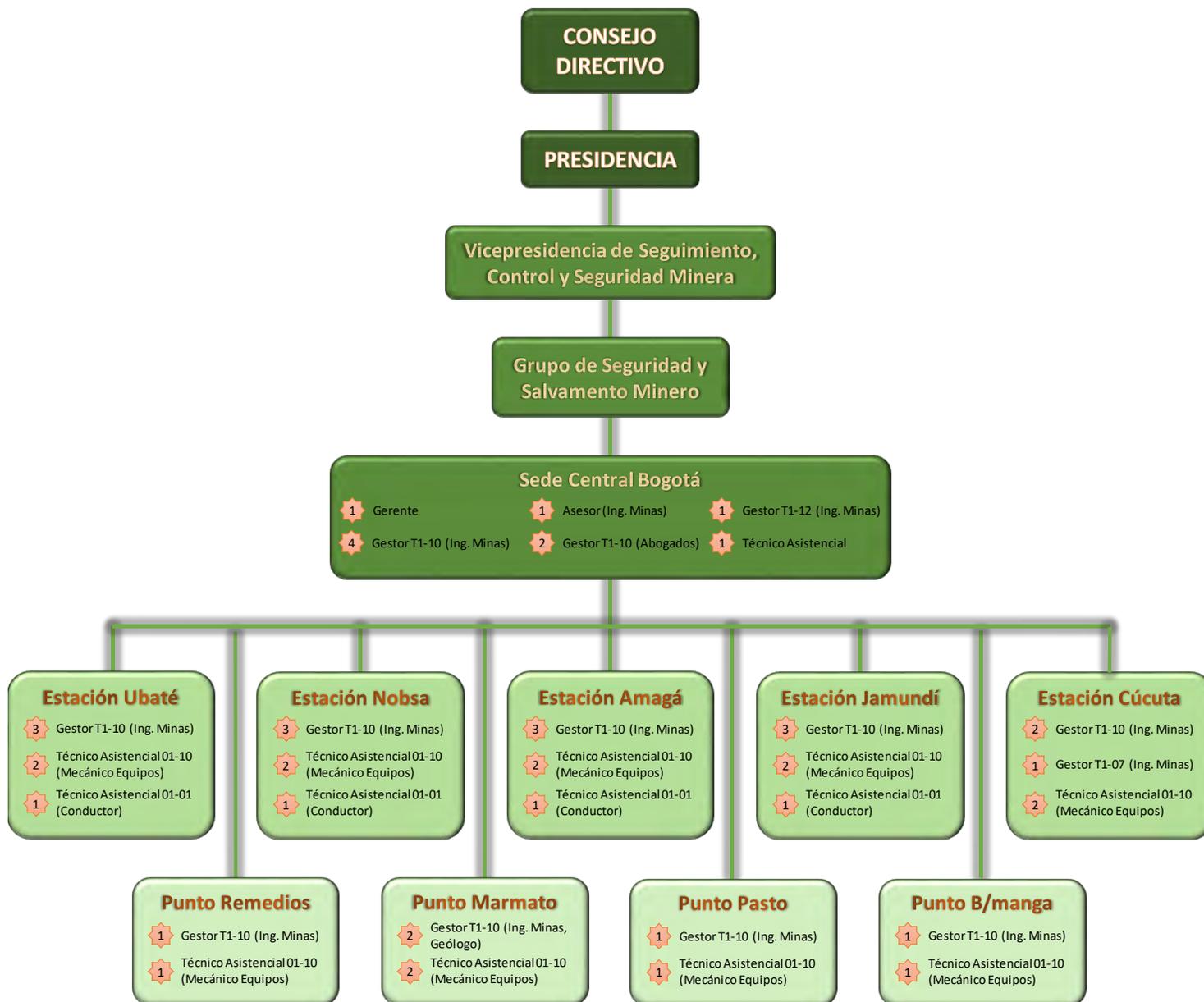
Propósito del Gestor T1-10 – Abogado

- Brindar asistencia legal y jurídica a todos los planes, programas y proyectos de seguridad, higiene y salvamento minero para la promoción de la seguridad, la prevención de la accidentalidad y atención de emergencias mineras de acuerdo con la normatividad vigente y los lineamientos estatales e institucionales.

Propósito del Técnico Asistencial 01-10 – Mecánico de Equipos

- Realizar actividades de asistencia técnica para la promoción de la seguridad, higiene y salvamento minero, mantenimiento y administración de equipos para atención de emergencias mineras de acuerdo con los protocolos, normatividad y lineamientos institucionales.

Figura 1-6 – Organigrama del Grupo de Seguridad



Fuente: Elaboración propia, con información suministrada por la ANM

1.4 Principales minerales explotados en Colombia

Tal y como se mencionó en la tabla 1-8, en Colombia existen 9190 títulos mineros vigentes (A febrero de 2016), cuyos minerales extraídos se consolidan y muestran en la tabla 1-13. En las tablas siguientes (1-14 a 1-25) se consigna la información reportada por SIMCO respecto de la producción de los principales minerales explotados en Colombia, consolidados desde el 2001 hasta el 2015.

Tabla 1-13 – Títulos mineros vigentes por mineral

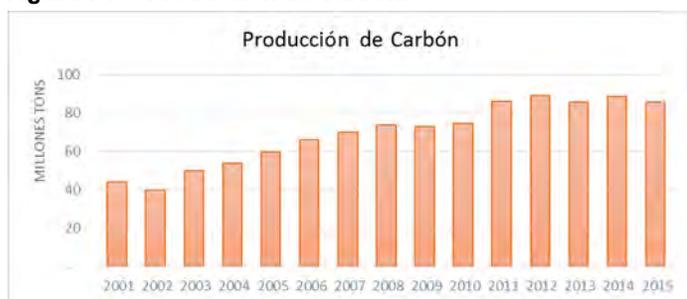
TITULARIDAD MINERA EN EL TERRITORIO NACIONAL
AREA DEL TERRITORIO: 114,218,901 Hectáreas.
 Títulos Mineros Vigentes por Mineral y Etapa En el País⁽¹⁾

Mineral	Títulos		Área		Etapa Contractual		
	Numero	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Exploración	Construcción y Montaje	Explotación
Carbón	1,507	16.40%	985,431	21.11%	151	400	956
Coltán (Vanadio, Tantalio, Circonio, Niobio)	3	0.03%	5,980	0.13%	1	1	1
Esmeralda	356	3.87%	86,070	1.84%	50	84	222
Materiales de Construcción	3,610	39.28%	515,000	11.03%	404	540	2,666
Niquel	13	0.14%	91,352	1.96%	5	7	1
Oro y Coltan (Vanadio, Tantalio, Circonio, Niobio)	23	0.25%	63,752	1.37%	4	19	-
Oro y Metales Preciosos (Plata, Platino y Metales Preciosos)	2,021	21.99%	2,522,733	54.04%	821	562	638
Otros Minerales	1,657	18.03%	398,115	8.53%	229	286	1,142
Total	9,190	100.00%	4,668,433	100.00%	1,665	1,899	5,626

(1) Actualizado al 19 de Febrero de 2016

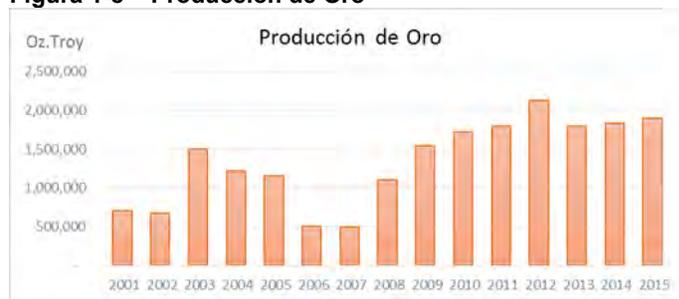
Fuente: Agencia Nacional de Minería – ANM

Figura 1-7 – Producción de Carbón.



Fuente SIMCO

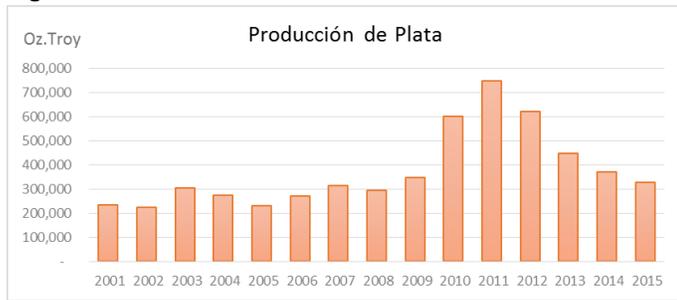
Figura 1-8 – Producción de Oro



Fuente SIMCO

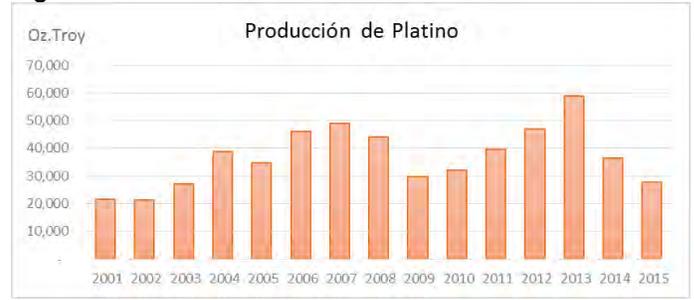
1. Generalidades del Sistema de Salvamento Minero Colombiano

Figura 1-9 – Producción de Plata. Fuente SIMCO



Fuente SIMCO

Figura 1-10 – Producción de Platino. Fuente SIMCO



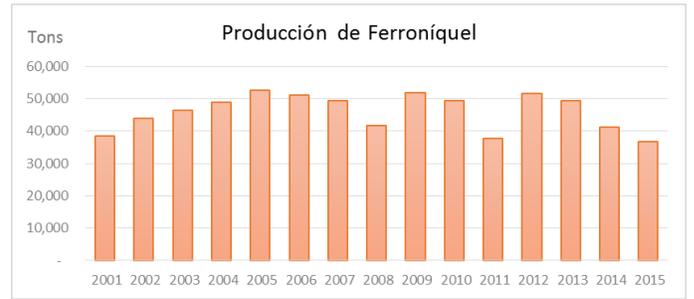
Fuente SIMCO

Figura 1-11 – Producción de Cobre.



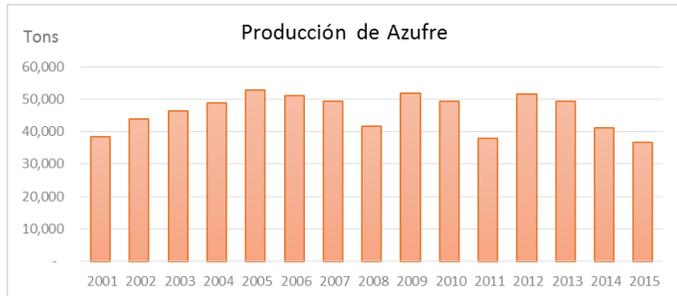
Fuente SIMCO

Figura 1-12 – Producción de Ferróníquel. Fuente SIMCO



Fuente SIMCO

Figura 1-13 – Producción de Azufre.



Fuente SIMCO

Figura 1-14 – Producción de Esmeraldas. Fuente SIMCO



Fuente SIMCO

Figura 1-15 – Producción de Hierro.



Fuente SIMCO

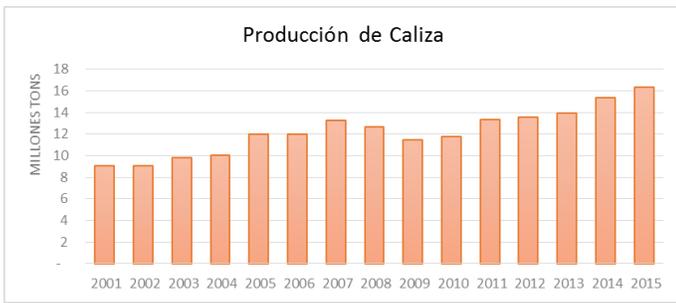
Figura 1-16 – Producción de Sal.



Fuente SIMCO

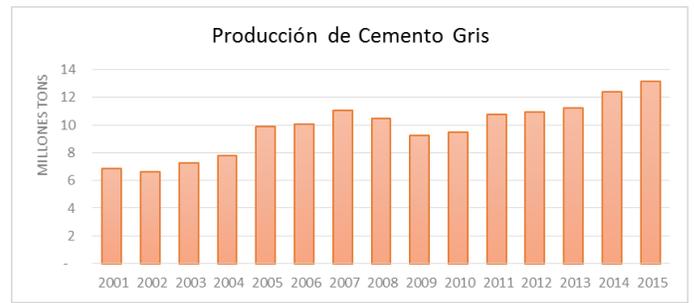


Figura 1-17 – Producción de Caliza.



Fuente SIMCO

Figura 1-18 – Producción de Cemento Gris



Fuente SIMCO

1.5 Referencias

Manual de Funciones, Requisitos y Competencia
Agencia Nacional de Minería (2015)

Descripción de la Estructura y Funcionamiento del Sistema
Nacional de Salvamento Minero
Agencia Nacional de Minería (2016)

Abecé Seguridad y Salvamento Minero
Agencia Nacional de Minería (2016)

Informe de Gestión 2015
Agencia Nacional de Minería (2016)

Política Nacional de Seguridad Minera (2011)
Ministerio de Minas y Energía

Indicadores de la Minería en Colombia
Unidad de Planeación Minero Energetica – UPME (2014)

Boletín Estadístico de Minas y Energía 1990-2010
Unidad de Planeación Minero Energetica – UPME (2011)

Informe de Gestión 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y
2011
Instituto Colombiano de Geología y Minería - Ingeominas

Informe de Gestión 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015
Servicio Geológico Colombiano

Biblioteca Luis Angel Arango (2005)
Archivo Histórico Mina del Zancudo

Restrepo, Vicente
Estudio sobre las minas de oro y plata en Colombia
Biblioteca Luis Angel Arango (1888)
<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/historia/minas/minas16.htm>

Lopez, Wilfredo (2002)
Historia del Oro en Segovia y Remedios
Discurso celebración 150 años Frontino Gold Mines

Vargas P, Elkin (2007)
Minería en Colombia, Oficio entre las sombras

Periódico El Colombiano – Archivos Históricos
<http://www.elcolombiano.com/>

Periódico El Mundo – Archivos Históricos
<http://www.elmundo.com/portal/>

Periódico El Tiempo – Archivos Históricos
<http://www.eltiempo.com/>



Estructura y funcionamiento del Sistema de Salvamento Minero Colombiano.



2. Estructura y funcionamiento del Sistema de Salvamento Minero Colombiano.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>		<u>Página</u>
		<u>Figuras</u>	
2.1 Política de rescate minero	98	2-1 Estructura del Sistema Nacional de Salvamento	101
2.1.1 Himno del socorredor minero	100	2-2 Plan de Acción de Rescate Minero para el Empresario	109
2.1.2 Juramento del socorredor minero	100	2-3 Plan de Acción para el personal en Superficie	110
2.2 Estructura del Sistema de Salvamento Minero Colombiano	100	2-4 Plan de Acción para el personal al Interior de la Mina	111
2.2.1 Objeto del Sistema de Salvamento Minero	100	2-5 Diagrama de Procedimiento para la atención de emergencia	115
2.2.2 Responsabilidades del Sistema de Salvamento Minero	100	2-6 Subproceso A:Activación Cadena de Llamado. Fuente	119
2.2.2.1 Por parte de la Agencia Nacional de Minería	101	2-7 Subproceso A: (ACL) - Amagá	120
2.2.2.2 Por parte del Empresario Minero	102	2-8 Subproceso A: (ACL) - Bucaramanga	121
2.2.3 Responsabilidades de los actores en el Sistema de Salvamento Minero	103	2-9 Subproceso A: (ACL) - Cúcuta	122
2.3 Procedimiento de activación del Plan de Acción de Rescate Minero	108	2-10 Subproceso A: (ACL) - Jamundí	123
2.3.1 Por parte del Empresario Minero	108	2-11 Subproceso A: (ACL) - Marmato	124
2.3.2 Por parte del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero	112	2-12 Subproceso A: (ACL) - Nobsa	125
		2-13 Subproceso A: (ACL) - Pasto	126
		2-14 Subproceso A: (ACL) - Remedios	127
		2-15 Subproceso A: (ACL) - Ubaté	128
		2-16 Subproceso B:Alistamiento de Equipos ...	129
		2-17 Subproceso C:Sistema Comando de Incidentes	132
		2-18 PON para la ubicación del área de concentración	133
		2-19 PON para búsqueda y rescate	134
		2-20 PON para el manejo del orden público	135
		2-21 PON para la delimitación de zonas	136
		2-22 PON para la coordinación vehicular	137
		2-23 PON para la elaboración de censos	138
		2-24 PON para información al público	139

2. Estructura y funcionamiento del Sistema de Salvamento Minero Colombiano.

2.1 Política de rescate minero

Considerada una actividad de alto riesgo, la minería debe ser producto de los esfuerzos conjuntos y coordinados del empresariado minero, sus trabajadores, el sector académico e investigativo, las administradoras de riesgos laborales y la institucionalidad pública, con el fin de prevenir efectivamente la ocurrencia de accidentes incapacitantes y de accidentes con fatalidades, en el trabajador minero.

La minería como una actividad productiva, debe tener en cuenta en la determinación de la viabilidad de un proyecto, que el mismo pueda absorber los costos asociados a los aspectos de sostenibilidad señalados, dejando un margen aceptable de rentabilidad al empresario, de lo contrario, deberá considerarse que el proyecto no es viable por no ser sostenible, ya que de emprenderse no garantizaría un aprovechamiento racional del recurso minero, bajo condiciones aceptables de seguridad e higiene minera, y de protección ambiental.

En este sentido debe orientarse la evaluación técnica de los planes mineros por parte de las entidades delegadas por el Ministerio de Minas y Energía para la administración del recurso minero, a fin de asegurar que desde el punto de vista técnico, la explotación minera planeada no sea fuente de accidentes, salvo eventualidades no previsibles.

Con la formulación de este documento, se busca establecer los pilares para el mejoramiento de la seguridad minera en el país, y definir lineamientos técnicos y operativos para prevenir al máximo la ocurrencia de accidentes y la muerte de trabajadores mineros en los mismos. Es por esto que el Sistema de Salvamento Minero Colombiano debe enmarcarse dentro de la política pública de Seguridad Minera en Colombia, fundamentalmente

en las siguientes líneas de acción:

Línea Estratégica No. 1: Enfoque Preventivo. Busca establecer acciones que favorezcan la prevención de accidentes y por ende las fatalidades en las operaciones mineras, con el fin de disminuir la alta accidentalidad en la industria minera colombiana; demanda la participación y compromiso de todas las partes interesadas en solucionar la problemática existente en el sector minero

Línea Estratégica No. 2: Mayor Exigencia Técnica. Busca, a partir del incremento en la exigencia técnica en las relaciones de la autoridad minera y los titulares de derechos mineros, con respecto al planeamiento minero, y las operaciones desarrolladas en las labores mineras, asegurar que la planeación y el diseño de las mismas obedezcan a los criterios técnicos aceptados por la geología y la ingeniería de minas, y que como tal no serán fuente de riesgos y accidentes previsibles.

Línea Estratégica No. 3: Participación activa y compromiso de todas las partes interesadas. La reducción de la accidentalidad en la industria minera en Colombia, necesariamente requiere del compromiso y participación activa de todos los actores involucrados en la problemática: empresarios, trabajadores mineros, asociaciones de mineros, autoridad minera y sus delegadas, Ministerio de la Protección Social, gremios, autoridades municipales, administradoras de riesgos profesionales, Departamento Nacional de Planeación, entre otros.

Con base en estas líneas estratégicas, el Sistema de Salvamento Minero Colombiano propenderá por la certera evaluación de los recursos existentes (tanto de infraestructura física y equipamiento, como de talento humano), en conjunto con una



capacitación y preparación de todos los actores responsables que permitan la identificación de vacíos, brechas e inconsistencias en los servicios de respuesta ante una emergencia.

En el Sistema de Salvamento trabajarán mancomunadamente todos sus actores para reforzar y mejorar la preparación y la capacidad de respuesta en la atención de emergencias mineras.

Esta preparación, lo mismo que cualquier procedimiento previamente analizado, discutido y concertado quedará debidamente documentado para que sea susceptible de mejoras y optimización.

El Sistema Nacional de Salvamento Minero, el Grupo de Seguridad y Salvamento Minero y la Agencia Nacional de Minería en general tienen a su cargo misiones específicas establecidas en las normas que definieron su existencia y conformación. Su objetivo primordial como entidad responsable de la seguridad y el salvamento mineros es “Fomentar la seguridad minera y coordinar y realizar actividades de salvamento minero sin perjuicio de la responsabilidad que tienen los particulares en relación con el mismo”

Para el cumplimiento de este objetivo desarrolla las siguientes funciones:

- Propone regulaciones en materia de seguridad minera
- Promueve y coordina las actividades de salvamento minero
- Promueve el mejoramiento de las prácticas mineras
- Promueve el desarrollo de una cultura de prevención de accidente
- Promueve la elaboración de planes de emergencia de las minas
- Ejecuta actividades de capacitación en seguridad y salvamento minero
- Promueve la investigación en temas de seguridad minera.
- Registra y administra la información relativa a la seguridad minera
- Define los estándares que deben reunir los

equipos de seguridad y salvamento.

Este conjunto de funcionalidades constituye el marco de referencia para la construcción de las políticas institucionales a nivel departamental de la gestión interna del Servicio Nacional de Salvamento Minero o Grupo de Seguridad y Salvamento Minero.

Sin embargo, debe también establecer las políticas institucionales de nivel general y aquellas de nivel específico que orientarán la toma de decisiones a todos los niveles sin requerir una permanente consulta con el superior para determinar si se están o no cumpliendo los objetivos buscados.

Formulación de la política general

Sin duda la primera política a formular tiene relación directa con su objetivo y podría formularse como:

El Servicio Nacional de Salvamento Minero cumplirá a cabalidad con los objetivos que le fueron asignados en su creación, empleando sus recursos humanos y económicos de manera eficiente para preservar la vida de quienes hayan sido víctimas de emergencias mineras de cualquier índole y para promover la seguridad minera en todas sus formas, expidiendo normatividad necesaria, capacitando el personal minero y apoyando al sector en la elaboración de sus planes de seguridad y en la gestión segura de sus operaciones mineras.

Una segunda política institucional general está ligada con la gestión interna y su orientación hacia la eficiencia y mejora permanente de los procedimientos a todo nivel. Este tipo de políticas han sido apoyadas por las entidades internacionales de estandarización, como ISO Organización Internacional de Estandarización) con la expedición de normas de calidad para la gestión institucional como ISO9001, normas para la gestión del medio ambiente como ISO14001 y Normas para Salud y Seguridad en el trabajo como OSHAS18001. Es común que algunas instituciones formulen una política general integrada que reúna estos tres aspectos de los compromisos institucionales con su entorno empresarial, con el medioambiente y con sus propios trabajadores

2.1.1 Himno del socorredor minero

Al llamado de ayuda estaremos
Siempre presto con orgullo y valor
Preservar la vida es lo primero
Desarrollando nuestra labor

En emergencia una mina se halla
Acudiremos con toda la atención
Formados listos ya en la cuadrilla
Socorredor minero en acción.

Revisar los equipos primero
Da confianza y es prevención
Prudencia con los riesgos mineros
Cuando ingresamos al socavón

Salvamento y rescate efectuaremos
Respondiendo a tan noble misión
A la base de aire fresco llegaremos
Para darnos aliento y gracias a dios

Autor: Eduardo Eleazar Suárez

2.1.2 Juramento del socorredor minero

¿Juráis por Dios, por la patria y por el Servicio Nacional de Salvamento Minero, cumplir fielmente los deberes y responsabilidades establecidas en el estatuto de salvamento, acudiendo al llamado en caso de ser requerido por el cuerpo de salvamento minero y a salvaguardar la vida de nuestros compañeros promoviendo el acato a las normas de seguridad?

Contestan. ¡Si juro!

Si así fuere que dios, la patria y el servicio nacional de salvamento minero os lo premien; si no que ella y ellos os lo demanden.

2.2 Estructura del Sistema de Salvamento Minero Colombiano

En el entendido que el Sistema Nacional de Salvamento está compuesto por diferentes actores (en la actualidad unos 1500 socorredores mineros y auxiliares de salvamento, quienes son trabajadores de las minas y personal en general del sector minero, vinculados directamente a las diversas empresas mineras del país – sobre las que finalmente recaen las responsabilidades determinadas por el decreto 1886 de 2015), los cuales son coordinados y capacitados por la Agencia Nacional de Minería a través del grupo de Seguridad y Salvamento Minero se presenta la figura 2-1 donde se pretende diagramar la estructura del Sistema de Salvamento Minero.

2.2.1 Objeto del Sistema de Salvamento Minero

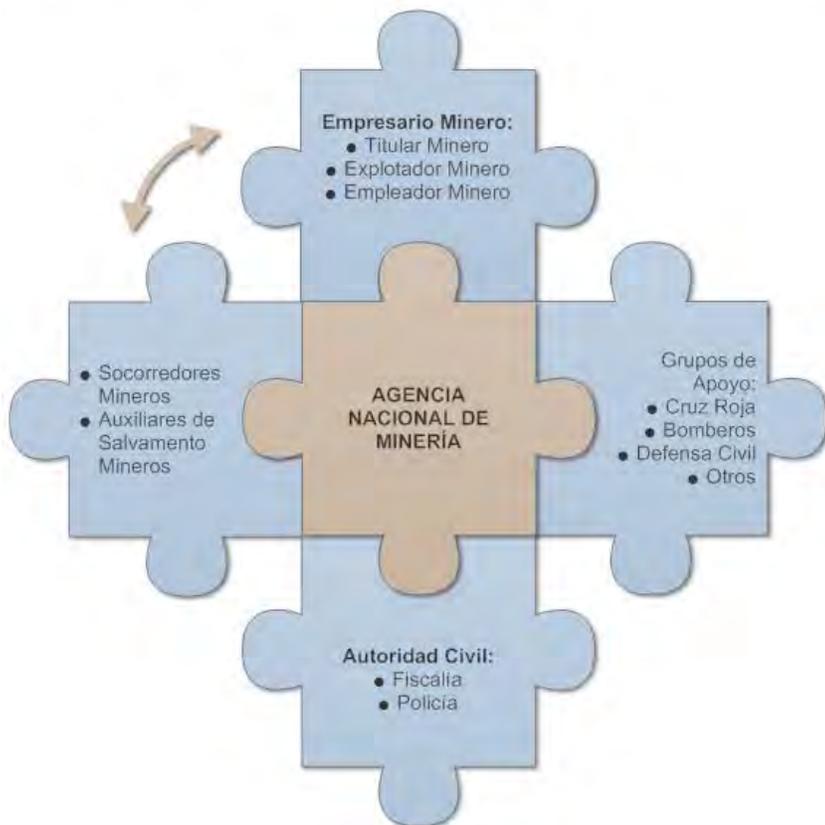
El objetivo principal del Sistema Nacional de Salvamento Minero es proporcionar auxilios inmediatos en el caso de riesgo para la vida o salud de los trabajadores de una mina y de otras personas que permanezcan en la misma; también en el caso de riesgos para la seguridad en la explotación de la mina, producidos sobre todo a causa de incendios, explosiones de gas o polvo de carbón, derrumbe, apertura de labores aisladas, ingreso a excavaciones inactivas, emisión de sulfuro de hidrógeno, avería de energía o maquinaria, y realización de tareas preventivas es decir operaciones que tienen como objetivo minimizar o prevenir el riesgo directo para los trabajadores de la mina y seguridad general.

2.2.2 Responsabilidades del Sistema de Salvamento Minero

En este aparte se especificarán las responsabilidades de los dos principales grupos que hacen parte del Sistema Nacional de Salvamento Minero: Estos son el Grupo de Seguridad y Salvamento Minero y el grupo correspondiente al Empresario Minero. Las responsabilidades de los actores en el Sistema de Salvamento serán tratadas en el numeral 2.2.3

Figura 2-1. Estructura del Sistema Nacional de Salvamento Minero.

Sistema Nacional de Salvamento Minero



Fuente: Elaboración propia

2.2.2.1 Responsabilidades por parte de la Agencia Nacional de Minería

A través del grupo de Seguridad y Salvamento Minero, a quien la Agencia Nacional de Minería le ha delegado lo competente al Salvamento Minero, se le han definido diferentes categorías, según los diferentes tipos de actividades que el grupo desarrolla.

De dirección y coordinación

- Organizar la ayuda a las minas garantizando el personal técnico y los equipos indispensables para la atención de emergencias mineras.
- Coordinar y determinar las acciones de atención de emergencias mineras que deban ser realizadas por grupos especializados.
- Establecer y coordinar con las demás autoridades e instituciones que tengan competencia, los procedimientos y responsabilidades de cada una de ellas, en

casos de salvamento minero.

- Cooperar con otros organismos de socorro en la medida de sus posibilidades, en la atención de desastres o emergencias
 - Definir los principios de organización, dotación, supervisión y coordinación de las actividades a ser desarrolladas por los organismos y personas detalladas a continuación:
 - Cuadrillas de salvamento de turno en las ESSM o PASSM.
 - Grupos y servicios especializados existentes dentro del sistema de salvamento minero, como servicios de emergencias.
 - Puntos de Salvamento Minero; y,
 - Socorredores que son trabajadores de las minas subterráneas
 - Establecer los planes operativos y de contingencia a seguir en la atención de emergencias
- Operativas:**
- Participar, con la colaboración del personal de la mina, en la ejecución segura del salvamento del personal y en el control de los riesgos que dieron origen a la emergencia.
 - Actuar, con la dirección de la mina, en forma inmediata en las acciones de salvamento requeridas.
 - Realizar diseños, construcción y adecuación de los edificios e instalaciones destinados a las actividades de salvamento minero.
 - Desarrollar programas de capacitación y reentrenamiento en salvamento minero para socorredores, auxiliares en salvamento y mecánicos del equipo de salvamento.
 - Verificar la realización de los exámenes médicos requeridos para los participantes en los cursos de socorredores mineros.
 - Organizar seminarios, simposios o conferencias sobre seguridad e higiene minera y salvamento minero.
 - Examinar y opinar sobre los nuevos tipos de equipos de salvamento minero que requieren de certificación, antes de ser usados. Decidir sobre



el permiso de uso en el país del equipo de salvamento minero, de acuerdo con la ficha técnica del fabricante

- Actualizar semestralmente el mapa de ubicación geográfica de las bocaminas, con sus vías de acceso

De asistencia:

- Prestar asistencia a las minas en la realización directa de los trabajos de prevención que requieran la aplicación de medidas especiales de salvamento.

De investigación:

- Realizar investigación permanente sobre el avance técnico aplicable a las actividades de prevención y atención de emergencias mineras y su posible implementación, conforme a las condiciones de la minería en el país.
- Cooperar continuamente con las entidades y organizaciones de salvamento minero en el extranjero y en particular con las que pertenecen a países con un servicio de salvamento minero desarrollado, con el fin de intercambiar experiencias en el progreso técnico y de organización en el salvamento minero.

2.2.2.2 Responsabilidades por parte del Empresario Minero.

Dentro de esta definición de Empresario Minero están involucrados el titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero. Las siguientes obligaciones fueron extraídas del decreto 1886 de 2015, artículo 12 y se han reagrupado en diversas categorías, según las actividades que desarrolla:

Operativas

- Cumplir en el término establecido, los requerimientos de las autoridades competentes para la prevención de los riesgos laborales y tener a su disposición todos los registros, resultados de mediciones, estudios, entre otros, requeridos en el presente Reglamento.
- Proveer los recursos financieros, físicos y humanos necesarios para el mantenimiento de máquinas, herramientas, materiales y demás elementos de trabajo en condiciones de

seguridad; así mismo, para el normal funcionamiento de los servicios médicos, instalaciones sanitarias y servicios de higiene para los trabajadores.

- Asegurar la realización de mediciones ininterrumpidas de oxígeno, metano, monóxido de carbono, ácido sulfhídrico y demás gases contaminantes, antes de iniciar las labores y durante la exposición de los trabajadores en la explotación minera y mantener el registro actualizado en los libros y tableros de control.
- Garantizar el mantenimiento y calibración periódica de los equipos de medición, conforme a las recomendaciones del fabricante, con personal certificado y autorizado para tal fin.
- Disponer de un libro de registros de personal bajo tierra y asignar un responsable de su control y seguimiento, en el que quede constancia en cada turno, del acceso y salida de los trabajadores, así como de los visitantes de la labor minera subterránea, para que en todo momento se identifique a las personas que se encuentren en el interior, al igual que su ubicación por áreas o zonas, de tal forma que puedan ser localizadas en un plano. Facilitar la capacitación de los trabajadores a su cargo en materia de seguridad y salud en el trabajo y asumir los costos de ésta, incluyendo lo relacionado con el tiempo que requiere el trabajador para recibirla
- En caso de grave peligro para la seguridad y la salud, garantizar que las operaciones se detengan y los trabajadores sean evacuados a un lugar seguro.

De capacitación

- Capacitar al trabajador nuevo antes de que inicie sus labores e instruirlo sobre: la forma segura de realizar el trabajo, la identificación de peligros y evaluación y valoración de los riesgos y la forma de controlarlos, prevenirlos y evitarlos; así como reentrenarlo conforme a lo establecido en este Reglamento.
- Garantizar que toda persona que requiera ingresar a la mina debe recibir una inducción de riesgos y medidas de seguridad, así como utilizar los elementos y equipos de protección personal,

suministrados por el explotador minero o empleador

- Fomentar las competencias del personal a su cargo para la inserción de tecnologías limpias en los procesos de beneficio de oro promoviendo el uso de productos sustitutos.

De prevención

- Identificar, medir y priorizar la intervención de los riesgos existentes en las labores subterráneas y de superficie que estén relacionadas con estas, que puedan afectar la seguridad, o la salud de los trabajadores.
- Garantizar el adecuado funcionamiento de los equipos de medición necesarios la identificación, prevención y control de los riesgos, incluyendo metanómetro, oxigenómetro, medidor de CO, de CO₂, bomba detectora de gases y/o multidetector de gases psicrómetro y anemómetro.
- Contar con señalización para las rutas de evacuación, a través de líneas de vida con elementos que indiquen el sentido de la salida y señales de seguridad o letreros que tengan materiales reflectivos fluorescentes o fotoluminiscentes
- Tomar medidas preventivas y precauciones que garanticen la detección, la alarma y extinción de incendios y la ocurrencia de explosiones

2.2.3 Responsabilidades de los actores en el Sistema de Salvamento Minero

Como se ha mencionado anteriormente el Sistema de Nacional de Salvamento Minero está compuesto por diferentes actores, cuyas responsabilidades se describen a continuación.

Empresario Minero

- El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero, debe brindar toda la ayuda posible a los grupos de salvamento, cuando ocurra una emergencia en su mina.
- El explotador minero está en la obligación de sufragar los gastos por exámenes médicos de selección de socorredores y los demás gastos y salarios correspondientes al tiempo dedicado

por el trabajador a las capacitaciones.

- El explotador minero de una labor subterránea en la cual ocurra una emergencia minera, está en la obligación de sufragar los gastos de transporte, hospedaje, alimentación y jornales de los socorredores y auxiliares mineros que participen en la acción de salvamento
- El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero está en la obligación de actualizar el plan de emergencias y contingencias, por lo menos cada seis meses (6) o antes, si lo considera necesario
- El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero o el responsable técnico de la labor minera subterránea, en caso de incendio, explosión, derrumbe, inundación o cualquier otro evento que ponga en riesgo la vida e integridad física del personal y del yacimiento, están obligados a informar inmediatamente a la ESSM o PASSM, de la Agencia Nacional de Minería (ANM), o quien haga sus veces

Socorredor Minero

Según el tipo de actividad a desarrollar se han identificado diversas responsabilidades para el socorredor:

Responsabilidades del socorredor en la superficie.

- Si se le solicita, enséñele su identificación a seguridad (Pasaporte o carnet de Salvamento) a su llegada al sitio de la mina.
- Vaya al control de salvamento y asegúrese de que se registre su llegada a la mina.
- Repórtese al centro médico para un examen (a menos que una vida esté en juego).
- Regrese al control de salvamento con una hoja de examen médico diligenciada.
- Asegúrese de saber a qué cuadrilla está asignado y quédese con esa cuadrilla.
- Asegúrese de saber cuáles serán sus obligaciones dentro de la cuadrilla. Cualquier equipo del cual usted sea responsable debería ser revisado tan pronto como sea asignado.
- Asegúrese de que todos los exámenes y



procedimientos de prueba se lleven a cabo satisfactoriamente en su equipo de respiración.

- Asegúrese de que usted está vestido adecuadamente y cuenta con los elementos de protección personal necesarios tanto para ir hasta la base de aire fresco como para las condiciones anticipadas cuando inicie la operación.
- Las revisiones de emergencia de su lámpara y de su auto-rescatador (o los equipos asignados) deben efectuarse antes de ir bajo tierra.

Las responsabilidades del socorridor a su llegada a la base de aire fresco, durante la espera y antes de iniciar la operación

- Después de que el Jefe de Cuadrilla se haya reportado a la persona a cargo de la base de aire fresco, asegúrese de que el equipo de respiración y otros equipos que usted haya llevado bajo tierra estén funcionando apropiadamente.
- Es importante descansar, en la medida que sea razonablemente posible, hasta que su equipo sea llamado a entrar en acción.
- Coopere totalmente con la persona a cargo de la base de aire fresco para asegurarse de que la base de aire fresco se mantenga en un estado operativo.
- Asegúrese de que el equipo que usted estará llevando fuera de la base de aire fresco esté funcionando apropiadamente.
- Cuando se le indique, realice los exámenes y los procedimientos de prueba del usuario del equipo de respiración antes de acoplar las mangueras y estar listo para las operaciones.

Responsabilidades del socorridor durante la acción

- Permanezca bajo la dirección del Jefe de Cuadrilla y obedezca todas las instrucciones tal como se las indiquen.
- Utilice el equipo bajo su responsabilidad, de la forma y en el momento en que sea necesario.
- Llame la atención del Jefe de Cuadrilla para mostrarle cualquier evidencia que crea que puede ser relevante para la acción.

Responsabilidades del socorridor a su regreso a la base de aire fresco

- Desacople y apague el suministro de oxígeno cuando se lo indique el Jefe de Cuadrilla.
- Asegúrese de que las víctimas sean entregadas al personal debidamente capacitado en la base de aire fresco.

Responsabilidades del socorridor a su regreso a la superficie

- Repórtese con el control de socorridores que se haya establecido e informe de su regreso a superficie; diligencie los registros que hayan sido previstos.
- Devuelva la lámpara y el auto-rescatador al mecánico de equipos.
- Deposite el equipo de respiración y otros equipos en las áreas correspondientes como lo indique la persona a cargo del control del equipo de salvamento
- Solamente cuando se le indique, salga del control de salvamento para ir por refrigerios/duchas.
- Repórtese al control de salvamento antes de salir de las instalaciones de la mina para recibir la hora de su siguiente obligación turno y hacer que se registre la hora (fuera de servicio) en la bitácora correspondiente.

Jefe de Cuadrilla

Responsabilidades del Jefe de Cuadrilla en la superficie

- Asegúrese de que todos los miembros de la cuadrilla, incluido usted mismo, se hayan reportado a la persona a cargo del control de salvamento para hacer que su hora de llegada sea registrada en la bitácora correspondiente. (Lleve su "Pasaporte de Salvamento" que fue emitido cuando logró la competencia necesaria para utilizar el equipo de manera segura en atmósferas irrespirables).
- La cuadrilla debe reportarse al control médico para ser examinados por el personal médico. Al finalizar, deben regresar al control de salvamento y darle los certificados médicos firmados a la persona correspondiente en el

control de salvamento.

- El Jefe de Cuadrilla debe hablar con la persona a cargo del control de salvamento para confirmar que él es el Jefe de Cuadrilla, determinar quién es el subjefe de Cuadrilla y la constitución de la cuadrilla de salvamento. (En este momento, la cuadrilla está bajo las órdenes operativas).
- Cuando la persona a cargo del control de salvamento lo solicite, el Jefe de Cuadrilla debe llevar a su equipo a revisar los equipos de respiración y cualquier otro equipo asociado que sea necesario que lleve la cuadrilla.
- El Jefe de Cuadrilla debe asegurarse de que los miembros de la cuadrilla tengan la vestimenta correcta para las condiciones que probablemente se encuentren bajo tierra.
- El Jefe de Cuadrilla (y otras personas involucradas) deben ser interrogadas acerca de la situación actual y las tareas que probablemente serán realizados por su cuadrilla antes de proceder bajo tierra. Esto incluirá una ruta a la base de aire fresco, disposiciones de transporte y el posible uso de una guía. Podrá tomar notas, dependiendo de la información suministrada.
- El Jefe de Cuadrilla debe asegurarse de que tiene los planos necesarios y demás información correspondiente a las obligaciones previstas antes de dejar la superficie, así como los elementos personales del equipo tales como un reloj, un cuaderno, una tiza, un cuadro higrométrico, etc.
- El Jefe de Cuadrilla deberá asegurarse de que se hayan tomado las lecturas de presión de los cilindros de oxígeno de los equipos de respiración y se hayan registrado los resultados antes de dejar la superficie (esto podrá haberse realizado cuando el equipo de respiración haya sido asignado y revisado).

Responsabilidades del Jefe de Cuadrilla tras la llegada a la base de aire fresco y durante la espera

- Inicialmente, informar a la persona a cargo de la base de aire fresco acerca de la llegada de la cuadrilla, con el fin de recibir instrucciones con respecto a si su cuadrilla va a estar en una

posición operativa o en espera. También para garantizar que el equipo de respiración y otros equipos no se hayan dañado durante el desplazamiento desde superficie.

- Llevar a cabo los exámenes apropiados del equipo de respiración y los procedimientos de prueba para garantizar que el equipo de respiración se encuentra en completo y normal funcionamiento.
- Confirmar que todos los socorredores están en una condición física satisfactoria y se sienten confiados de poder asumir la labor en cuestión.
- Si se encuentra en una posición en espera, la cuadrilla deberá descansar tanto como sea posible, pero también deberán ayudar a la persona a cargo de la base de aire fresco en el cumplimiento de sus deberes. Esto puede incluir tomar muestras regulares en la base de aire fresco, manteniendo un registro, conservando el área ordenada, etc.

Responsabilidades del Jefe de Cuadrilla en la base de aire fresco antes de la entrada en operación

- El Jefe de Cuadrilla y la cuadrilla reciben información del comandante de incidente con relación a las labores que deberán realizar mientras se encuentren en acción.
- Tomar notas y marcar la ruta en el plano de manera apropiada.
- Es importante que los relojes estén sincronizados y que se tenga en cuenta la hora en que la cuadrilla debe volver a la base de aire fresco.
- Garantizar que los socorredores estén vestidos de manera apropiada para las labores a ser desarrolladas y las condiciones que se puedan encontrar.
- Revisar todo el equipo relacionado garantizando que los elementos personales como cuadernos, tizas, etc. están disponibles. Probar el equipo de comunicaciones mientras se encuentren en la base de aire fresco.
- Garantizar que se lleven a cabo las pruebas del usuario y el procedimiento de pruebas de todos los equipos de respiración, incluyendo el procedimiento de acople y la inspección del Jefe

de Cuadrilla.

- Tras recibir instrucciones del comandante de incidente, el Jefe de Cuadrilla deberá desde la base de aire fresco con su cuadrilla.

Responsabilidades del Jefe de Cuadrilla de la Cuadrilla mientras está en acción

- Después de dejar la base de aire fresco, el Jefe de Cuadrilla deberá dedicarse a garantizar la seguridad de la cuadrilla y no deberá participar en ninguna actividad que pueda restarle importancia a este papel.
- Revisar y registrar las lecturas de presión con intervalos que no superen 15 minutos, y asegurarse que todos los socorredores estén aptos para continuar. Si un socorredor resulta no apto o si se desarrolla una falla en cualquiera de los equipos de respiración, la cuadrilla deberá regresar de inmediato a la base de aire fresco.
- Controlar todas las actividades de la cuadrilla que les permitirán volver a la base de aire fresco dentro del tiempo acordado. Se deberán tomar lecturas regulares del higrómetro, y se deberán determinar las acciones apropiadas con respecto a los resultados.
- La ruta recorrida deberá estar marcada de manera clara (usualmente con tiza). Esto le ayudará a la cuadrilla en el tramo de regreso de la operación. Los caminos que se desvíen de la ruta principal de viaje deberán ser cercados, de ser posible (con una cerca o con cinta de marcación). Si la visibilidad está limitada por humo entonces se deberá utilizar una línea de vida que conduzca a la base de aire fresco. Se podrán utilizar faroles como barras de neón de distintos colores para marcar la ruta, el equipo importante, los hidrantes de incendio, cuerpos, el alcance máximo de la exploración, etc.
- En tanto sea razonablemente posible, todos los socorredores deberán actuar como una cuadrilla y mantenerse juntos. Si hay humo o polvo que obstruya la visibilidad, deberá utilizarse una línea de conexión de cuadrilla para evitar que los socorredores se separen de la cuadrilla.
- La cuadrilla no intentará entrar o pasar por ningún lugar que parezca tener un tamaño insuficiente para una persona que esté

utilizando un equipo de respiración a menos que sea para salvar una vida.

- Garantizar que los heridos reciban el tratamiento apropiado y sean regresados de inmediato a la base de aire fresco.
- Observar y registrar cualquier asunto que pueda ser relevante para el incidente, incluyendo, la condición de las vías, el ambiente, la ubicación de los heridos o cualquier otra anomalía. Estos puntos deberán estar debidamente registrados y marcados de manera precisa en el plano de la mina.
- Las cuadrillas llevarán a cabo la exploración de manera sistemática para evitar dejar áreas inexploradas y para no avanzar más de dos secciones transversales antes de vincularse a exploraciones con entradas múltiples.
- El Jefe de Cuadrilla en cola se comunicará regularmente con el funcionario de información en la base de aire fresco quién también mantendrá un mapa del área de la mina en exploración.

Responsabilidades del Jefe de Cuadrilla tras el regreso a la base de aire fresco

- El Jefe de Cuadrilla se reportará ante el comandante de incidente a cargo de la base de aire fresco.
- Los heridos deberán ser entregados al personal apropiado en la base de aire fresco.
- Desacoplar las mangueras de todos los equipos de respiración de la cuadrilla. Garantizar que los cilindros de oxígeno estén cerrados.
- De ser prudente, se proporcionarán refrigerios, cambios de ropa, etc. para los socorredores y las cuadrillas en descanso.
- Proporcionar un informe verbal completo al comandante de salvamento acerca de las labores desarrolladas, y cualquier otro asunto relacionado con el desempeño de la cuadrilla y el equipo.
- Tras ser notificado, el Jefe de Cuadrilla deberá retirar a su cuadrilla de la base de aire fresco, y regresar de manera ordenada a la superficie.

Responsabilidades del Jefe de Cuadrilla tras el regreso a la superficie

- Deberá regresar todos los equipos al control de salvamento o a la lampistería según se haya convenido.
- Notificar a la persona a cargo del control de salvamento acerca de su regreso a la superficie.
- Deberá advertir a la cuadrilla que no haga comentarios con relación a la operación a ninguna persona que no esté relacionada directamente con la operación.
- Deberá completar el informe del Jefe de Cuadrilla.
- El Jefe de Cuadrilla podrá estar en necesidad de informar al ingeniero de la estación de salvamento /control de incidentes, las labores realizadas.
- Garantizar que los socorredores de su cuadrilla están bien (que pueden o han tomado una ducha y se han refrescado).
- Antes de dejar la mina, garantizar que la persona a cargo del control de salvamento registre la salida de los socorredores y, de ser necesario para un periodo de trabajo posterior, reciban la fecha y hora exactas de la siguiente asistencia. (Hoja completa y apropiada en el Pasaporte de Rescate que esté firmada por el comandante de salvamento.)

Mecánico de Equipos

- Mantener los aparatos de servicio y otro equipo en constante disponibilidad para la acción.
- Controlar, reparar, mantener y desinfectar los aparatos y otro equipo de rescate, del que esté dotada la ESSM y llevar los correspondientes libros de control.
- Asegurar que en los lugares donde se depositen los aparatos y el equipo de rescate sólo se encuentre el equipo operativo, listo para la acción.
- Entregar los aparatos de servicio y aparatos adaptados a proporcionar primeros auxilios a los perjudicados (aparatos de evacuación) a petición del jefe de la ESSM o sus subjefes o del que sea el encargado de la acción de rescate
- El mecánico del equipamiento de rescate que

está de guardia en su turno tras recibir un informe del operador de la mina sobre el inicio de la operación de rescate con motivo de un siniestro, está obligado a informar sobre la acción a las personas y servicios fijados en el "plan de rescate" que el SCI tiene que avisar.

- Los respiradores y los equipos que sirven para la protección del aparato respiratorio acondicionados para la evacuación de los dañados en el accidente pueden ser entregados por el mecánico a los socorristas únicamente tras la disposición del jefe de SCI, sus adjuntos o jefe de la operación de rescate.
- Las demás obligaciones que se desprenden de la necesidad de mantener los respiradores y otros equipos de rescate en estados adecuados y listos para usar en la operación de rescate.
- En caso de que estén varios mecánicos en S durante la operación de rescate en el mismo turno, las obligaciones se distribuyen entre los mecánicos.
- Durante la operación de rescate, en caso de uso múltiple de los respiradores, uno de los mecánicos de equipos de rescate debería estar en la base de rescate.

Las obligaciones de mecánico en la base de rescate son:

- Preparar respiradores usados recuperando su estado de preparación para otro uso,
- Hacer reparaciones pequeñas del equipamiento de rescate,
- Mantener el material y los equipos en plena disponibilidad y listos para usar en una operación de rescate.
- Para que el mecánico pueda realizar dichas tareas, tiene que tener en la base de rescate un lugar preparado para el trabajo, aparatos de medición adecuados, como también herramientas y piezas de repuesto

Auxiliares

- Asegúrese de que usted está vestido y cuenta con los elementos de protección personal para apoyar la emergencia.
- Apoyar integralmente desde superficie las



- labores de los Socorredores mineros
- Apoyar integralmente desde superficie las labores de los mecánicos de equipos
- Apoyar integralmente desde superficie las labores del ingeniero de Salvamento Minero
- Realizar y mantener el acordonamiento de la zona de emergencia
- Coordinar la logística de alimentación e hidratación del equipo completo desplegado por la autoridad minera
- Permanecer bajo la dirección del personal responsable
- Apoyar y promover el descanso de las cuadrillas y del equipo completo desplegado por la Autoridad Minera.
- En caso de ser delegado actuar como apoyo con otros cuerpos de rescate
- En caso de ser delegado actuar de apoyo con las familias de los afectados
- Alistamiento de consumibles que puedan ser necesarios durante la emergencia (madera, agua, electricidad, etc.)
- Labores en superficie varias

Autoridad Civil y Grupos de Apoyo

Pertenecen a este grupo, la Policía Nacional, La Fiscalía, El Ejército Nacional, Cruz Roja, Bomberos Defensa Civil y las Alcaldías entre otros.

Deberán cumplir con las responsabilidades propias que le fueron asignadas por el Gobierno Nacional pero sobretodo trabajarán en equipo con la Autoridad Minera quien realizará las acciones requeridas subterráneas para cumplir su misión.

2.3 Procedimiento de activación del Plan de Acción de Rescate Minero

2.3.1 Por parte del Empresario Minero

En el siguiente apartado se ha tratado de ilustrar mediante árboles de decisión el procedimiento que debe llevar a cabo el Empresario Minero en el caso dado de afrontar una situación de emergencia. En la figura 2-2 se describe el procedimiento inicial, que involucra la activación del procedimiento de

emergencia en el cual el empresario minero hace una rápida evaluación de las condiciones iniciales e informa al Grupo de Seguridad y Salvamento el estado inicial del incidente.

La finalidad de esta figura 2-2-es obtener un “Estado de Incidente” calificado con los números 1 al 5, donde 1 representa un incidente que puede ser atendido directamente por el Empresario Minero y 5 representa unas condiciones de desconocimiento total del incidente, que requiere la presencia inmediata del Grupo de Seguridad y Salvamento. El esquema se debe analizar de arriba hacia abajo y la calificación del estado la dará una respuesta negativa, resaltada en rojo, con diferentes tonalidades (Mientras más claro, más cercana la posibilidad de resolver el incidente **SIN** la intervención del grupo de seguridad y salvamento).

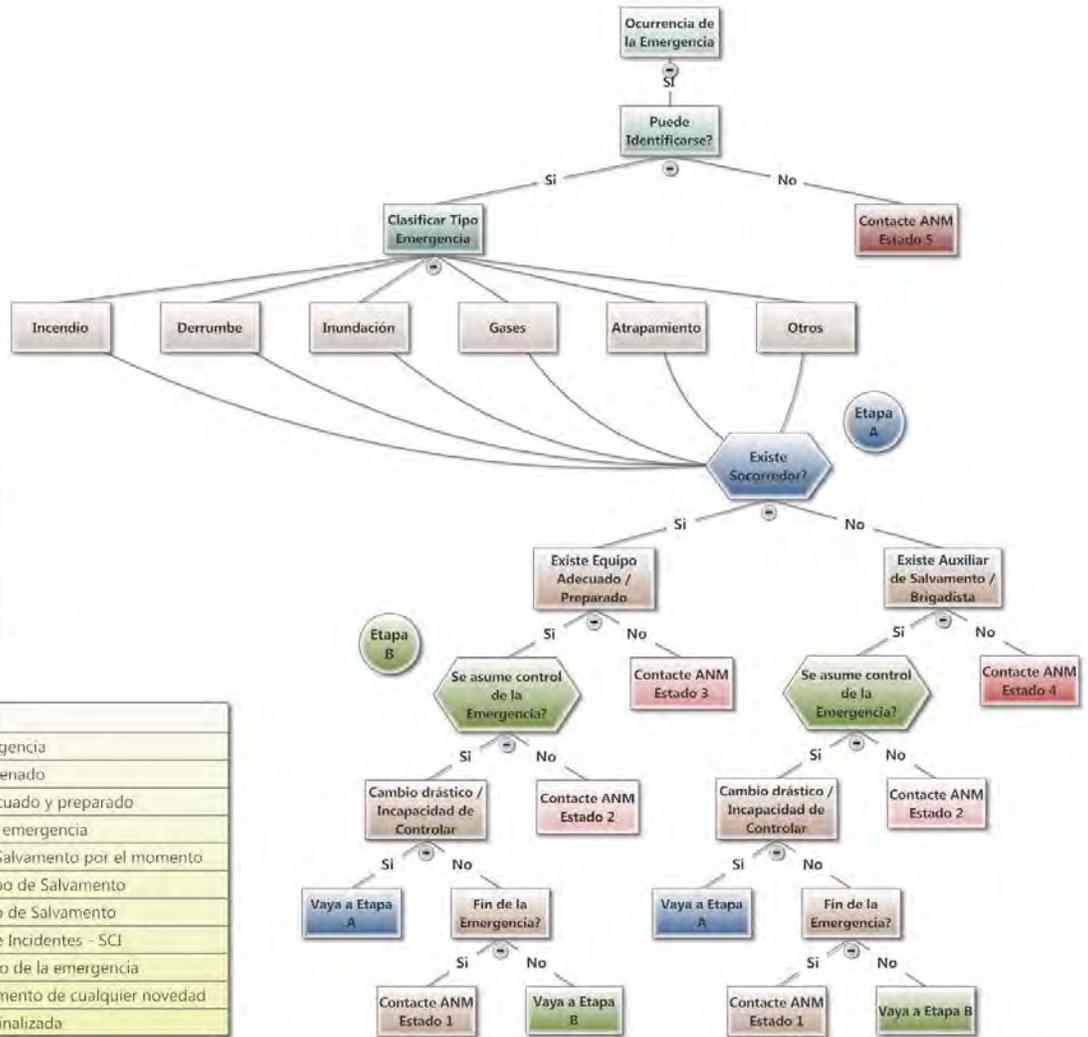
En síntesis se presentan las descripciones detalladas de cada uno de los posibles estados:

1. Se tiene personal capacitado y entrenado, se tiene equipo de respuesta adecuado y preparado y se puede asumir el control de la emergencia.
2. Se tiene personal capacitado y entrenado, se tiene equipo de respuesta adecuado pero **NO** se asume el control de la emergencia. Se reciben instrucciones del Grupo de Salvamento y su presencia es requerida.
3. Se reciben instrucciones del Grupo de Salvamento y su presencia es requerida.
4. **NO** se tiene personal capacitado y entrenado, **NO** se tiene equipo de respuesta adecuado. Se reciben instrucciones del Grupo de Salvamento y su presencia es requerida.
5. **NO** hay certeza de las condiciones o de la emergencia. Se reciben instrucciones del

Grupo de Salvamento y su presencia es requerida. Adicionalmente se adjuntan las figuras 3 y 4, que también corresponden a diagramas de decisión sobre el procedimiento de la emergencia, tanto para el personal que está en superficie, como el personal subterráneo.

Figura 2-2 – Plan de Acción de Rescate Minero para el Empresario.

Plan de Acción de Rescate Minero para el Empresario Minero



Estado	Secuencia
5	A, X, F, G, H, Z
4	A, F, G, H, Z
3	A, B, F, G, H, Z
2	A, B, C, F, G, H, Z
1	A, B, C, D, E, Y, Z

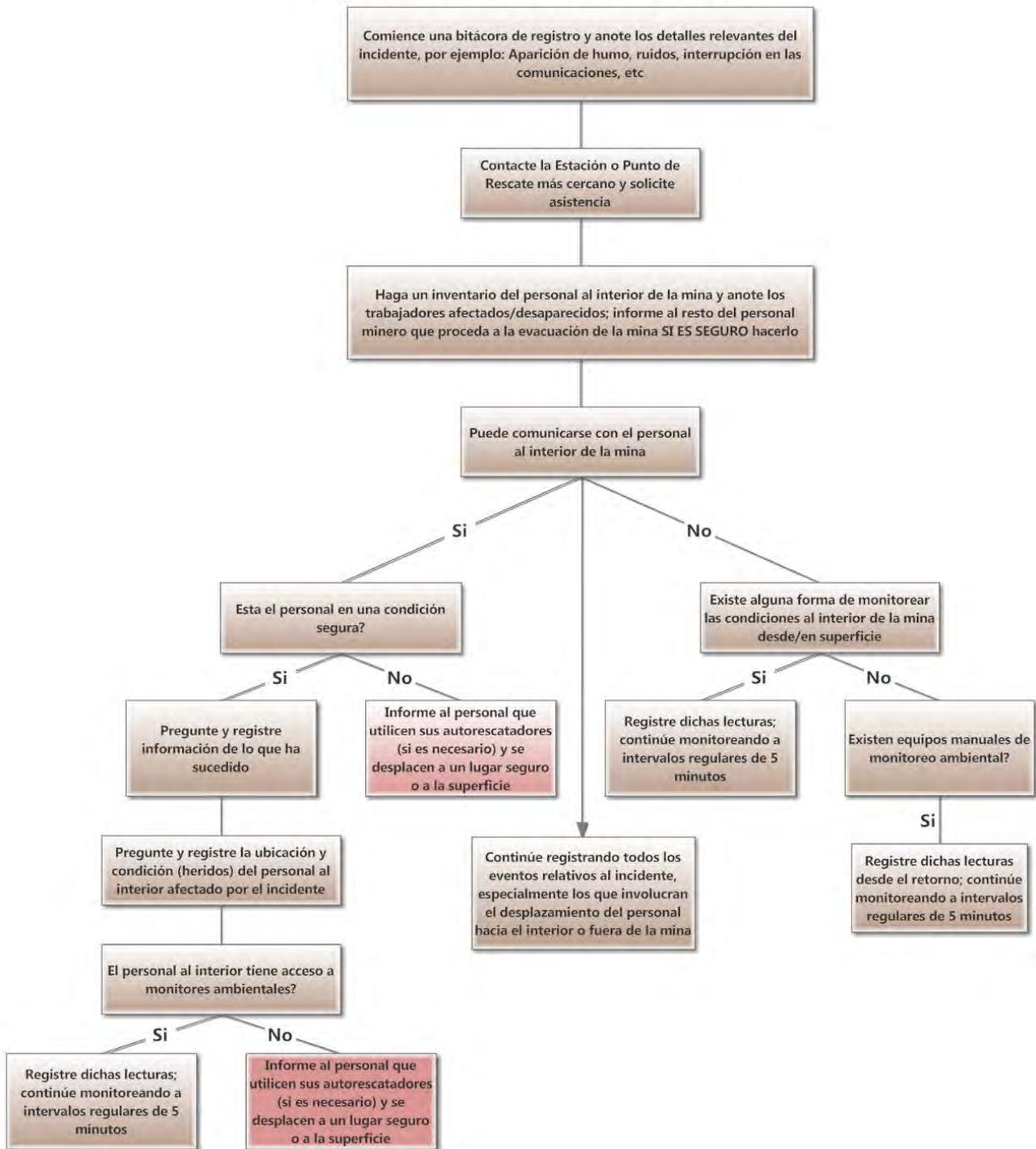
ID	Descripción
A	Se presenta una emergencia
B	Se tiene personal entrenado
C	Se tiene equipo de respuesta adecuado y preparado
D	Se asume el comando de la emergencia
E	No es necesaria la presencia del Grupo de Salvamento por el momento
F	Se reciben instrucciones del Grupo de Salvamento
G	Se requiere presencia del Grupo de Salvamento
H	Activación Sistema Comando de Incidentes - SCI
X	No hay certeza de las condiciones o de la emergencia
Y	Se mantendrá informado al Grupo de Salvamento de cualquier novedad
Z	Emergencia atendida y finalizada

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-3 – Plan de Acción para el personal en Superficie

Plan de Acción para el Personal en Superficie

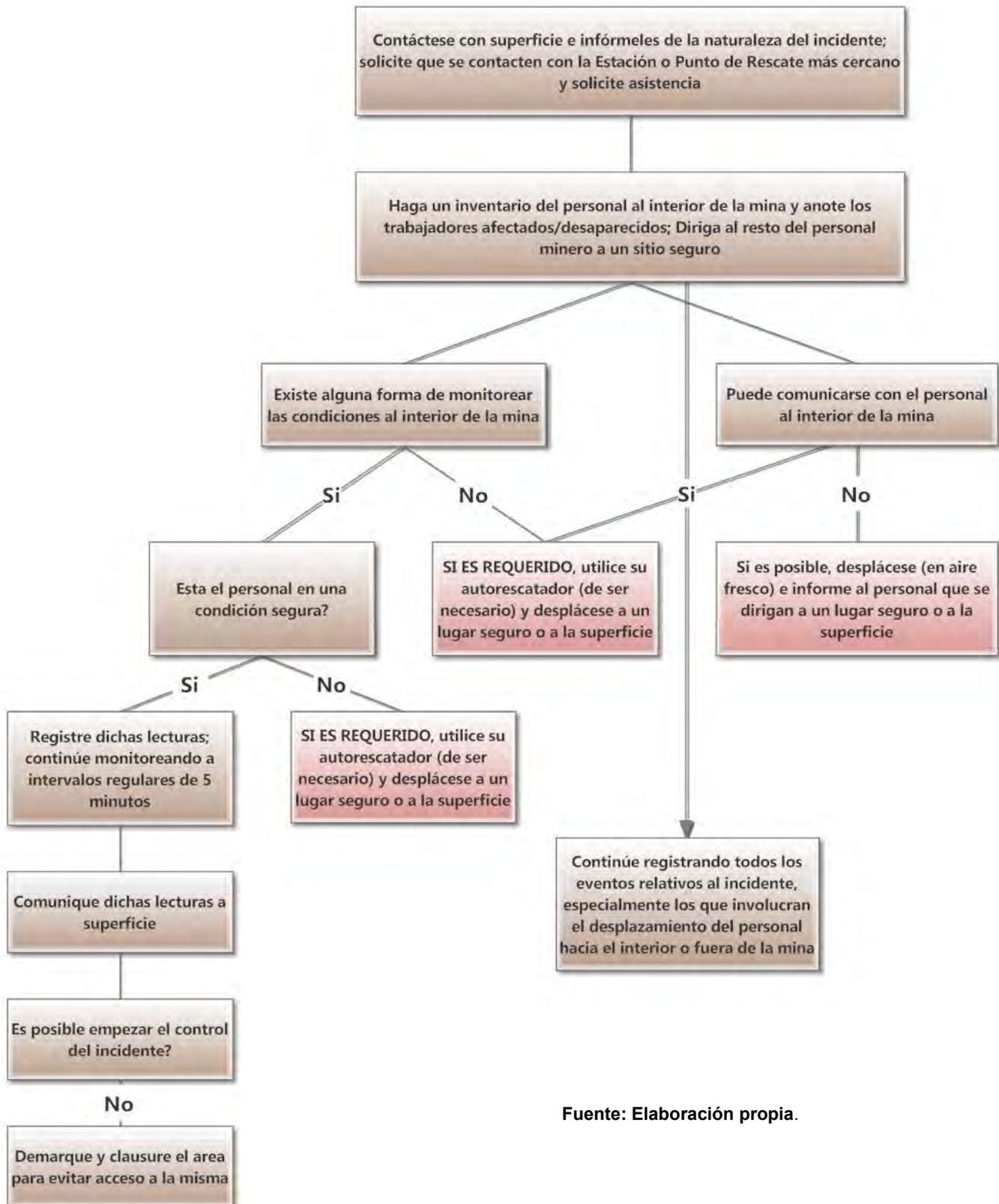


Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-4 – Plan de Acción para el personal al Interior de la Mina.

Plan de Acción para el Personal al Interior de la Mina



Fuente: Elaboración propia.



2.3.2 Por parte del Sistema de Salvamento Minero

Toda vez que en la atención de las emergencias mineras se cuenta con el apoyo de otras entidades, personas y cuerpos de socorro, se tendrán en cuenta los principios y funciones del Sistema Comando de Incidentes (SCI), el cual consiste en la combinación de instalaciones, equipamiento, personal, procedimientos, protocolos y comunicaciones, operado en una estructura organizacional común, con la responsabilidad de administrar los recursos asignados para lograr efectivamente los objetivos pertinentes a un evento, incidente u operativo. Se caracteriza por ser un sistema flexible en su organización y sirve para atender incidentes de cualquier envergadura y complejidad. Está estandarizado para permitir la incorporación rápida de personal y otros recursos de diferentes instituciones y puntos geográficos a una estructura de manejo común efectivo y eficiente.

Aplicaciones del SCI en la atención de las emergencias mineras

El SCI busca que el cuerpo de Salvamento Minero, junto con otros grupos de rescate (bomberos, Cruz Roja, Defensa Civil) e instituciones (fuerzas militares y Policía Nacional), trabajen bajo un mismo sistema, empleando una terminología común, con una organización definida y regida por procedimientos estandarizados.

El SCI se puede aplicar en emergencias mineras, tales como derrumbes bajo tierra, explosiones de metano o polvo de carbón, inundaciones bajo tierra, atrapamientos de personal minero bajo tierra y a cielo abierto, incendios endógenos y exógenos, entre otras

Principios del SCI

El SCI se basa en principios que permiten asegurar el despliegue rápido, coordinado y efectivo de los recursos y minimizar la alteración de las políticas y procedimientos operativos propios de cada una de las instituciones que responden. Esos principios son:

- Terminología común. En el SCI todas las instituciones involucradas utilizan una terminología estándar y coherente.
- Alcance de control. El número de individuos que una persona puede tener a cargo con efectividad es de uno a siete, lo óptimo es cinco.
- Organización modular. La organización modular permite que las posiciones de trabajo puedan agregarse (expansión) o suprimirse (contracción) con facilidad.
- Comunicaciones integradas. En la estructura del SCI las comunicaciones se establecen bajo un plan único, se usa la misma terminología, los canales y frecuencias son comunes o interconectados, las redes de comunicación se establecen dependiendo del tamaño y complejidad del evento o incidente, se evitan los códigos.
- Consolidación de planes en un Plan de Acción del Incidente (PAI). Esto tiene su base y su respaldo en planes de emergencia y contingencia elaborados en conjunto o previamente articulados entre las instituciones actuantes.
- Unidad de comando. En el SCI cada persona responde e informa solamente a la persona designada (Comandante del Incidente, Oficial, Jefe, Encargado, Coordinador, Líder, Supervisor).
- Comando unificado. Basado en el principio administrativo de unidad de mando. Se aplica cuando varias instituciones con competencia técnica y jurisdiccional toman acuerdos conjuntos para manejar un incidente donde cada institución conserva su autoridad, responsabilidad y obligación de rendir cuentas.
- Instalaciones con ubicación determinada y denominación precisa. Algunas de las instalaciones que se establecen en un incidente son: Puesto de Comando del Incidente, Base, Área de Espera, Área de Concentración de Víctimas, Helipunto.
- Manejo integral de los recursos. Se refiere al equipamiento o personal disponibles o potencialmente disponibles para su aplicación táctica en un incidente. Pueden ser recursos simples, equipo de intervención y fuerza de tarea.

Funciones del SCI

El Sistema de Comando de Incidentes es una organización funcional. En el SCI, el comandante del incidente es quien asume inicialmente todas las funciones y va delegándolas y desarrollando gradualmente una estructura modular, sin perder su alcance de control. Las funciones son:

- Funciones de Comando. Comprende el cargo de Comandante de Incidente y las responsabilidades de Staff de Comando y de las Secciones asumiendo todas mientras no las delegue.
- Funciones de Seguridad. Evaluar situaciones peligrosas e inseguras; desarrollar medidas de seguridad para el personal; detener o prevenir acciones inseguras.
- Funciones de Información Pública. Establecer un único centro de información y preparar los comunicados de prensa. Es el punto de contacto y responsable del manejo de la información acerca del incidente que deberá remitirla a la Gerencia de Seguridad y Salvamento Minero, para que sea difundida a través del sitio web de la Agencia Nacional de Minería, a través del hipervínculo Atención de Emergencias.
- Funciones de Enlace. Contactar con representantes de las instituciones de ayuda y cooperación. Mantener un directorio de los representantes de cada una de las instituciones.
- Funciones de Planificación. Prever las necesidades; recolectar, analizar y difundir la información acerca del desarrollo del incidente a lo interno de la estructura; llevar el control de los recursos; elaborar el PAI para el periodo operacional; recopilar toda la información escrita del incidente; planificar la desmovilización de todos los recursos del incidente.
- Funciones de Operaciones. Manejar todas las operaciones de la respuesta; implementar y ejecutar el PAI; determinar las necesidades y solicitar los recursos adicionales que se requieran.
- Funciones de Logística. Proporcionar instalaciones, servicios y materiales para apoyar el Incidente durante el evento, operativo e incidente; asegurar el bienestar de todo el personal.
- Funciones de Administración/Finanzas. Justificar

y administrar todos los gastos que se realicen durante la atención de la emergencia.

Objetivo

Tener una directriz clara de qué hacer y cómo hacerlo en todas las etapas que anteceden, acompañan y preceden a la atención de una emergencia minera. Prestar ayuda eficaz e inmediata al llamado, dando apoyo técnico y logístico tanto al personal que se encuentre afectado, a aquel que haya sobrevivido al riesgo y a las demás personas que pudiesen verse afectadas por la calamidad.

En la figura 2-5 se ha tratado de diagramar la secuencia completa del procedimiento de una emergencia.

La buena gestión en el desarrollo de una emergencia minera se fundamenta en tener una estructura administrativa, operativa y logística adecuada y lo suficientemente versátil que permita adaptarse a las distintas circunstancias a que diere lugar una emergencia. Saber aprovechar las fortalezas de los otros entes de socorro y entidades, así como de empresas que puedan dar apoyo, constituye el primer elemento para el éxito de la operación y es el conocimiento previo de hasta dónde llega el trabajo del Cuerpo de Salvamento y dónde inicia el trabajo de los demás, lo que constituye una herramienta básica que todos los que han de participar en la atención de una emergencia deben conocer anticipadamente.

Por esto consideramos importante conocer de antemano cuáles son los trabajos específicos a desarrollar por parte de las entidades de socorro que intervienen. En las siguientes figuras se relacionan los Planes Operativos Normalizados (PON) según actividad y responsables.

La figura 2-18 muestra el Plan Operativo Normalizado para la ubicación del área de concentración de víctimas – MEC (Por sus siglas en inglés). Se incluye en la figura 2-18 el objetivo, los responsables, recursos y equipos necesarios así

como los riesgos asociados.

La figura 2-19 muestra el Plan Operativo Normalizado para búsqueda y rescate. Se incluye en la figura 2-19 el objetivo, los responsables, recursos y equipos necesarios así como los riesgos asociados.

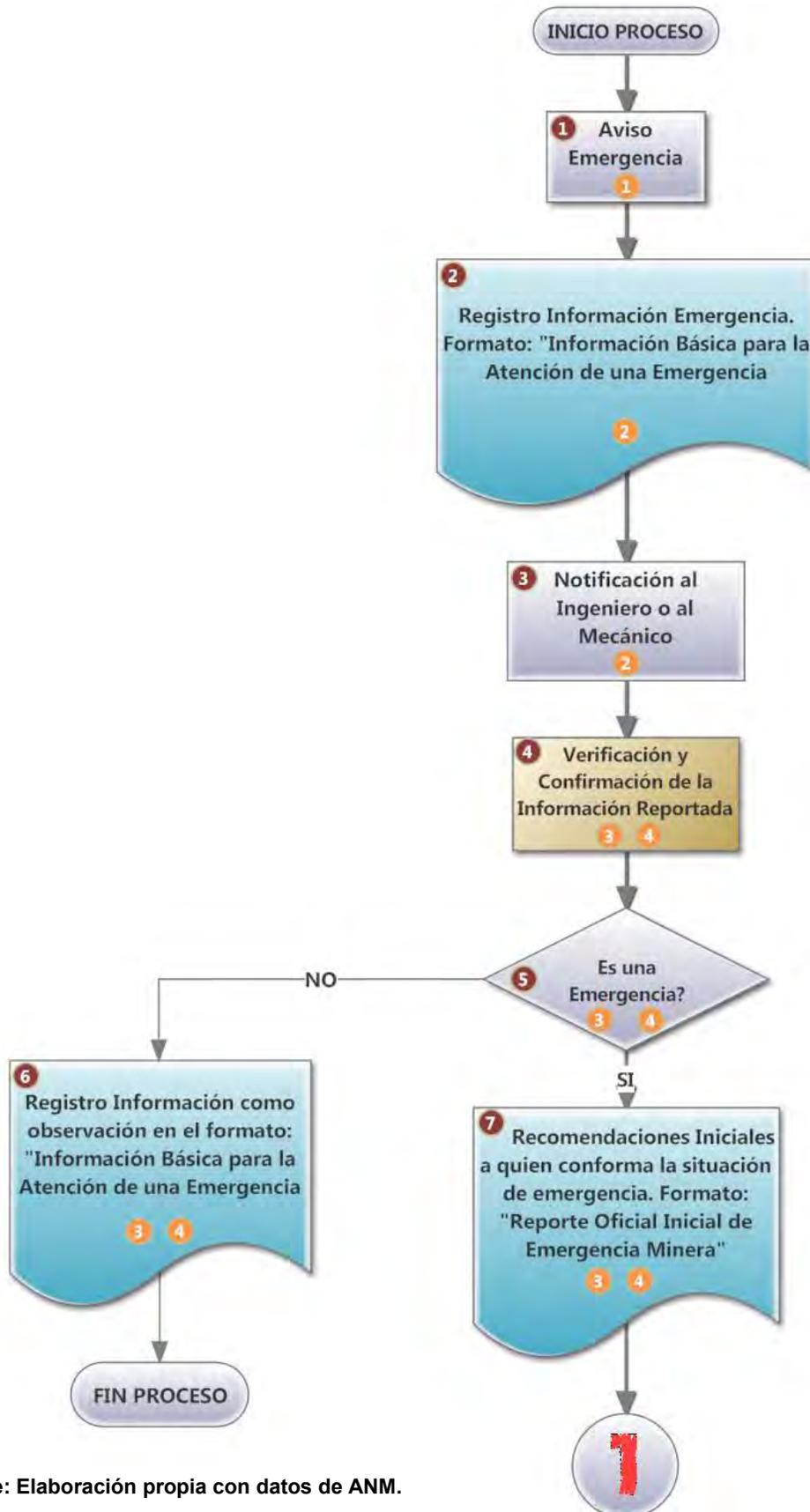
La figura 2-20 muestra el Plan Operativo Normalizado para el manejo del orden público. Se incluye en la figura 2-20 el objetivo, los responsables, recursos y equipos necesarios así como los riesgos asociados.

La figura 2-21 muestra el Plan Operativo Normalizado para la delimitación de zonas. Se incluye en la figura 2-21 el objetivo, los responsables, recursos y equipos necesarios así como los riesgos asociados.

La figura 2-22 muestra el Plan Operativo Normalizado para la coordinación vehicular. Se incluye en la figura 2-22 el objetivo, los responsables, recursos y equipos necesarios así como los riesgos asociados.

La figura 2-23 muestra el Plan Operativo Normalizado para la elaboración de censos. Se incluye en la figura 2-23 el objetivo, los responsables, recursos y equipos necesarios así como los riesgos asociados.

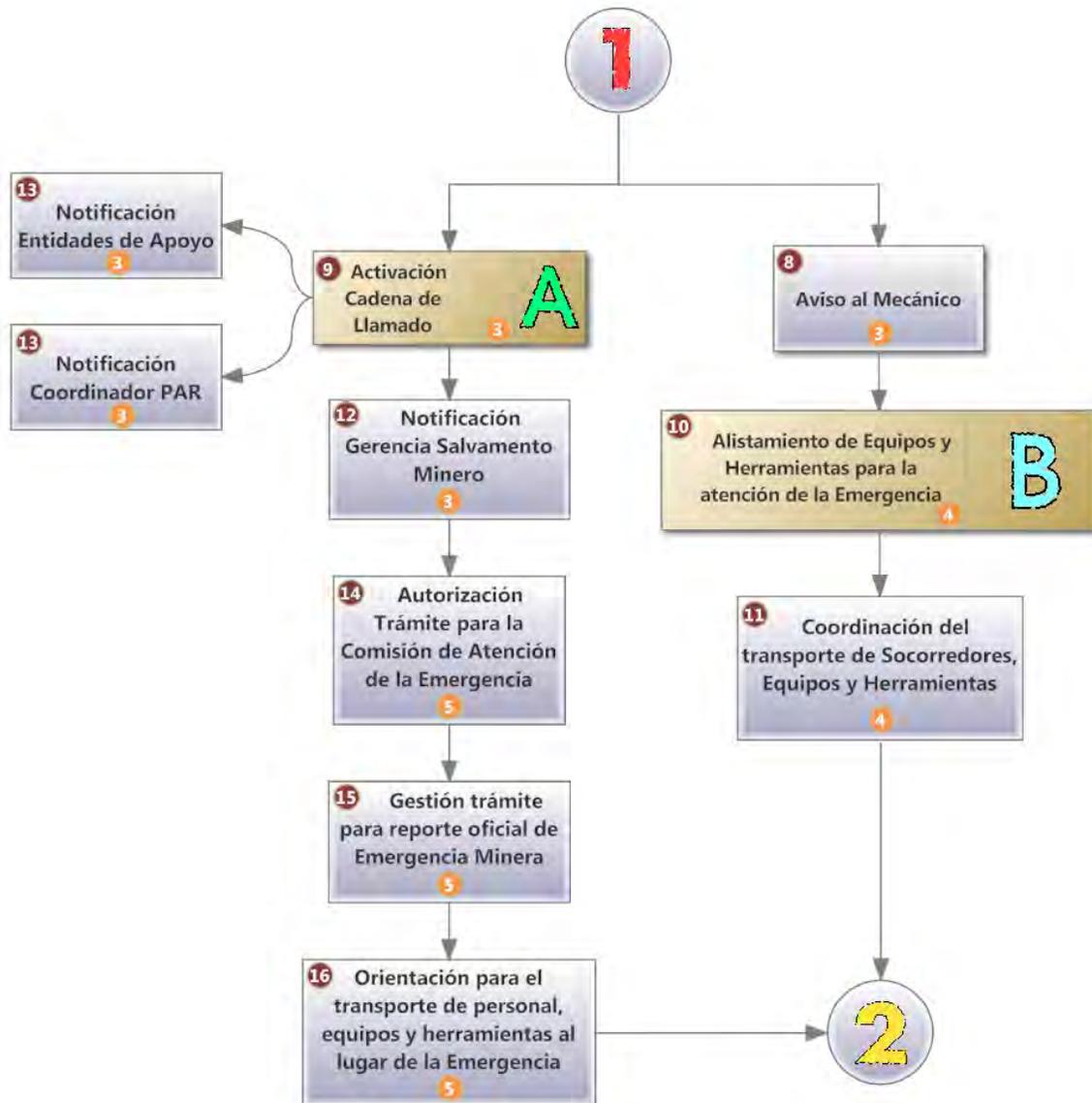
Figura 2-5 – Diagrama de Procedimiento para la atención de emergencia.



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM.



Figura 2-5 – Continuación



CUADRO DE CONVENCIONES

40 Número de Proceso	4 Mecánico de Equipo de la ESSM	1 2 Conectores de Procesos
1 Trabajador Minero / Ciudadano	5 Gerente de Salvamento Minero	ABC SubProcesos con detalles en otra figura
2 Personal de la ESSM o PAR	6 Socorredores Mineros	Proceso con documentación
3 Ingeniero de la ESSM	7 Fiscalía	Proceso con punto de control



Figura 2-5 – Continuación

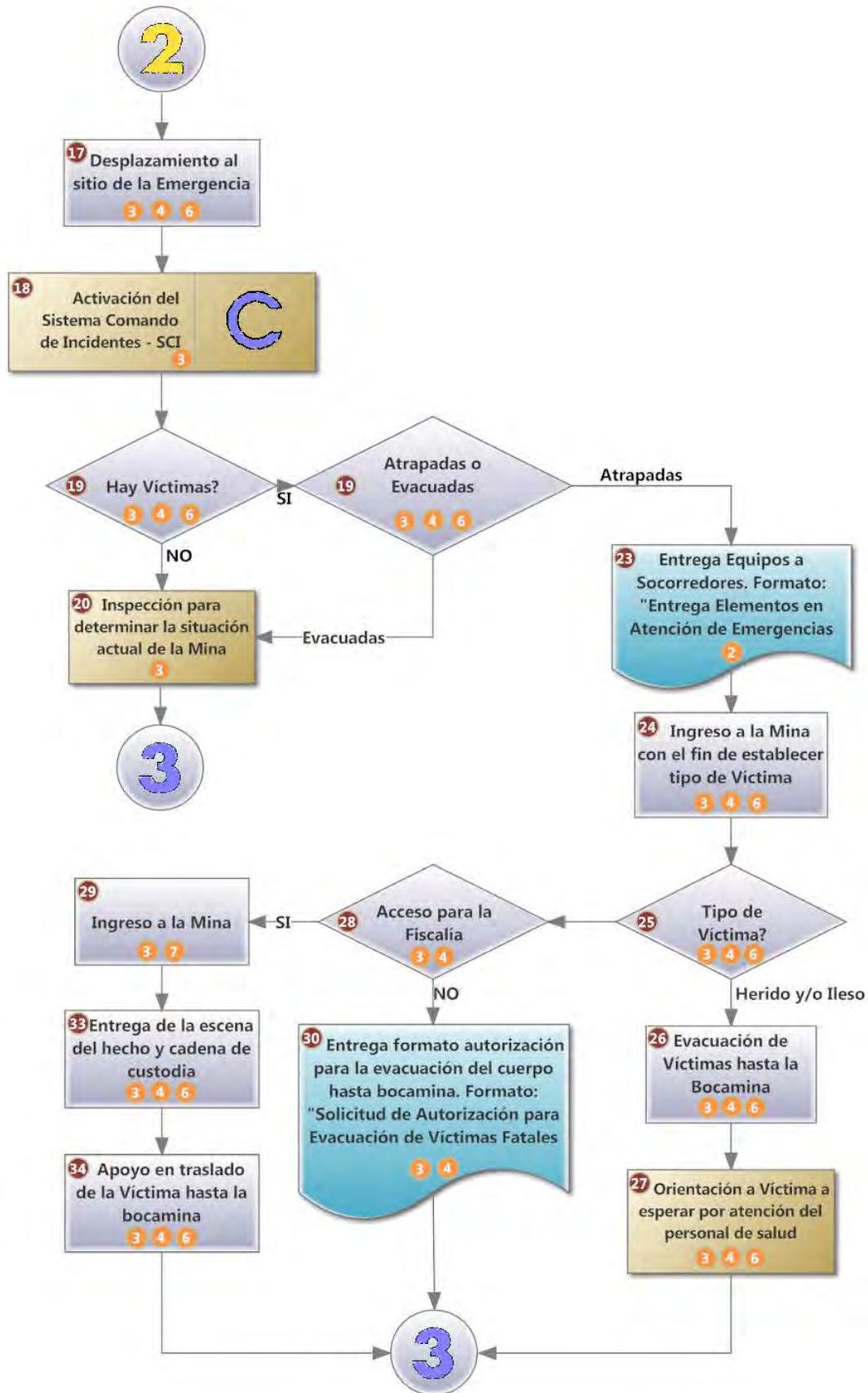


Figura 2-5 – Continuación

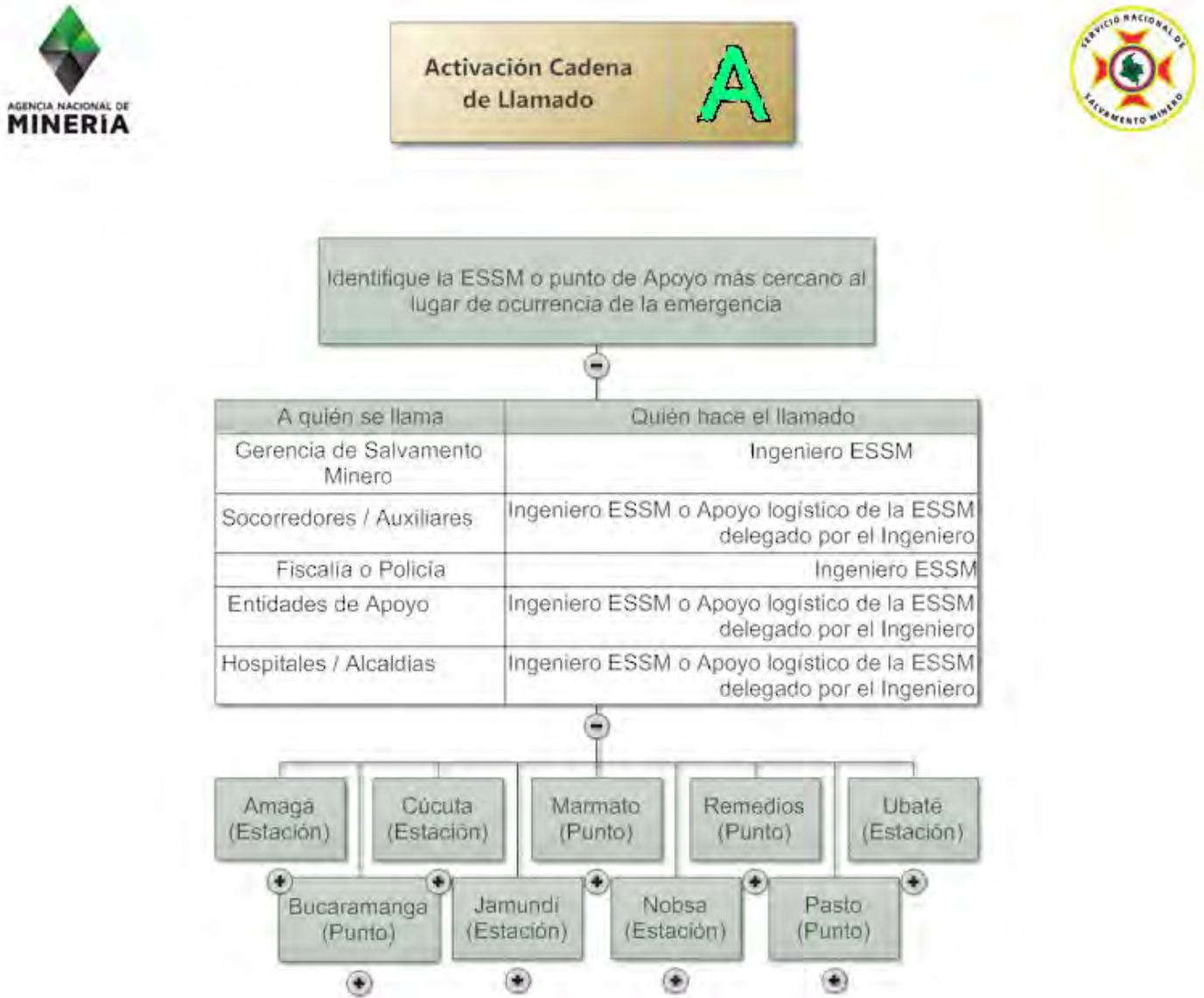


CUADRO DE CONVENCIONES

40 Número de Proceso		
1 Trabajador Minero / Ciudadano	1 2	Conectores de Procesos
2 Personal de la ESSM o PAR	A B C	SubProcesos con detalles en otra figura
3 Ingeniero de la ESSM		Proceso con documentación
4 Mecánico de Equipo de la ESSM		Proceso con punto de control
5 Gerente de Salvamento Minero		
6 Socorredores Mineros		
7 Fiscalía		

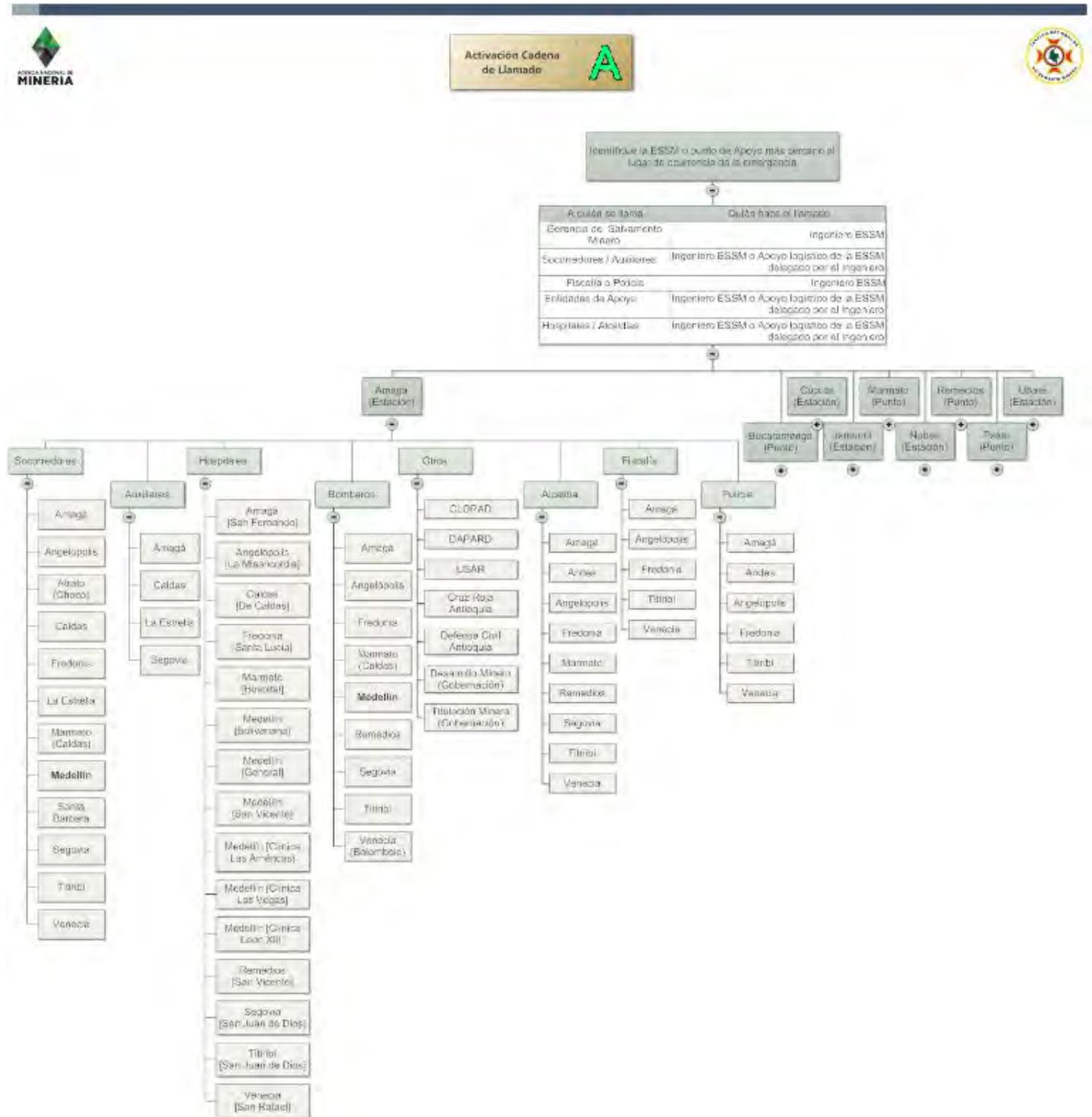
Las figuras 2-6 a 2-15 muestran el subproceso A, correspondiente a la Activación Cadena de Llamado, con las Estaciones de Salvamento y Puntos de Apoyo ordenadas alfabéticamente.

Figura 2-6 – Subproceso A: Activación Cadena de Llamado.



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

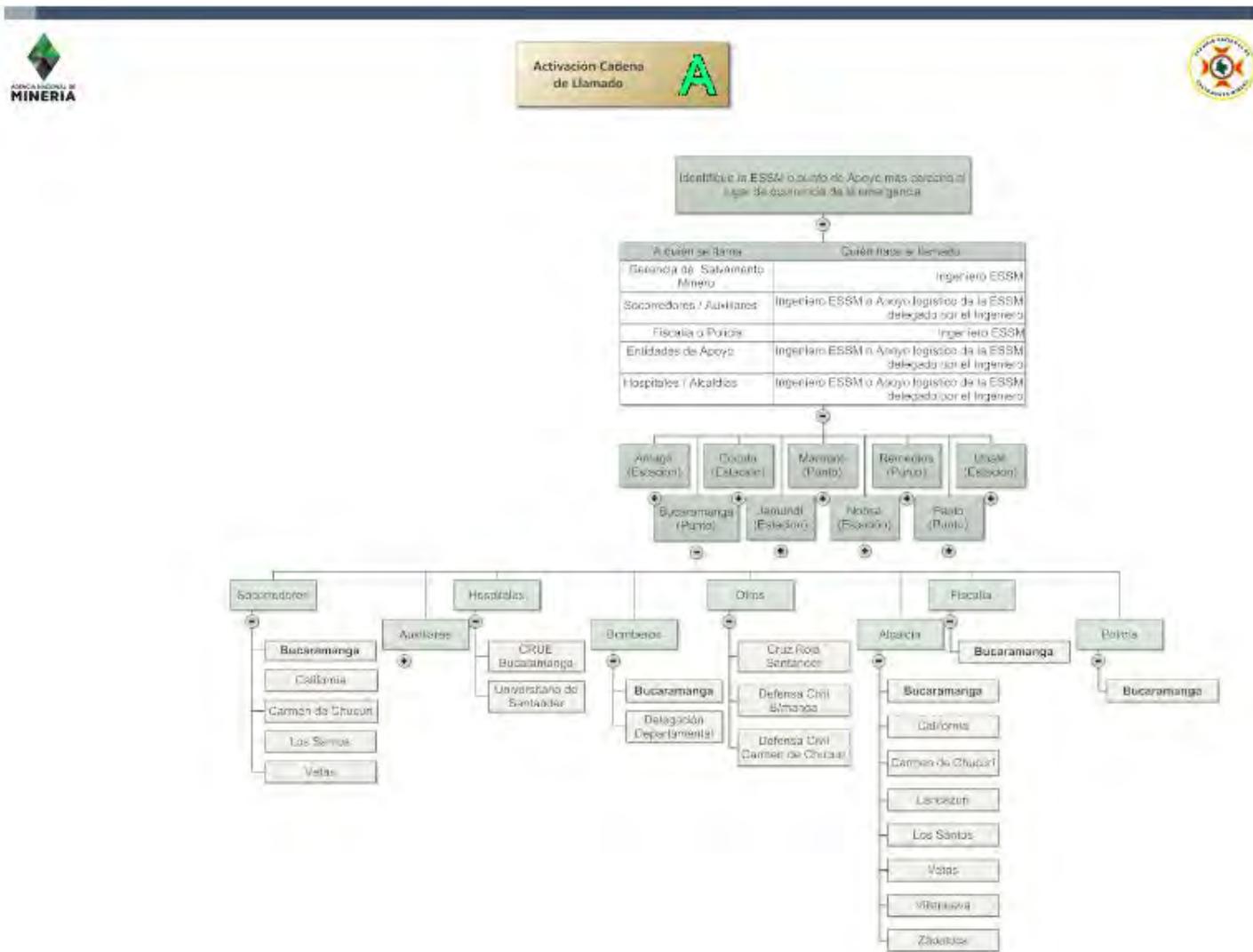
Figura 2-7 – Subproceso A: (ACL) - Amagá



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

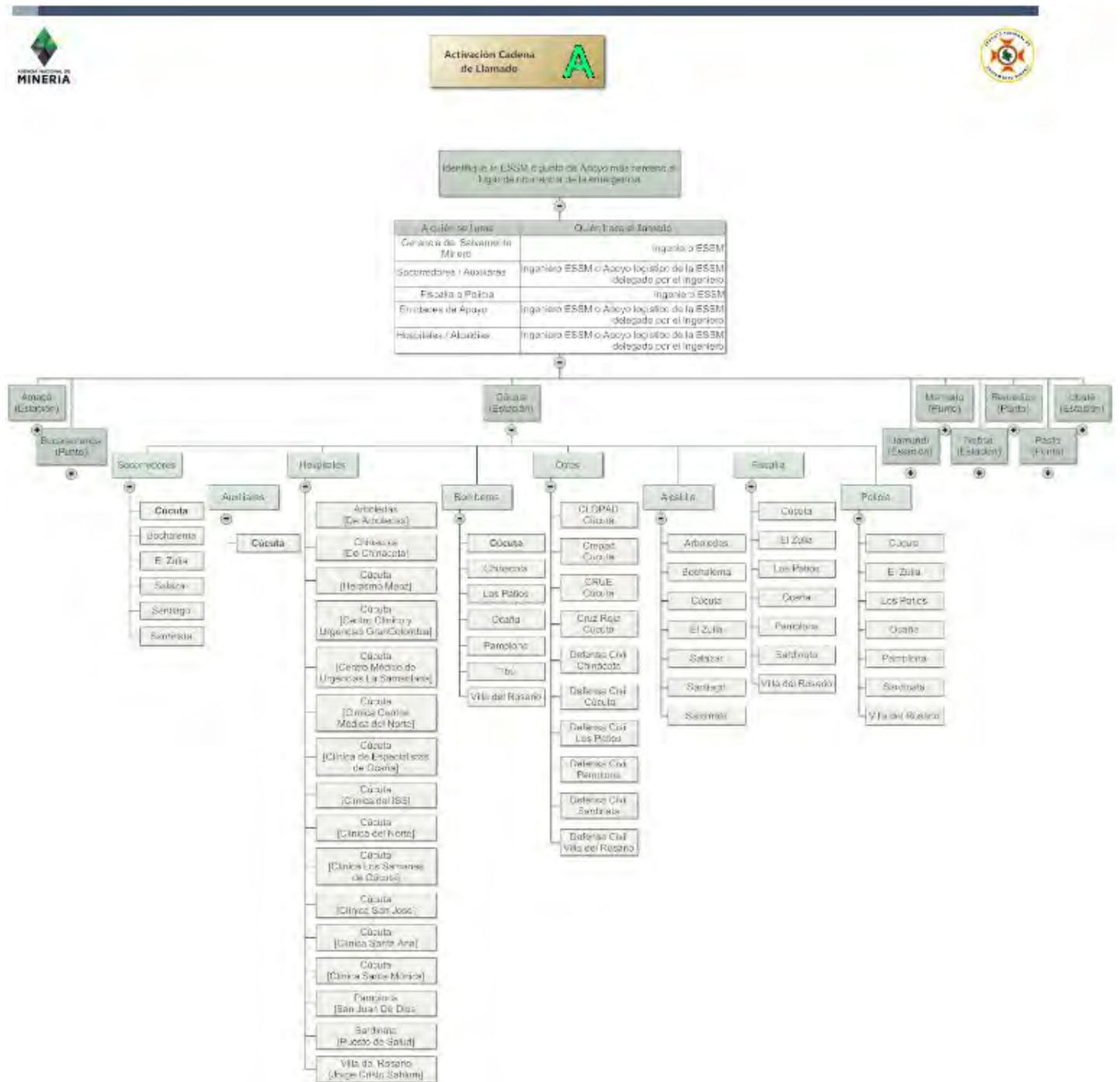


Figura 2-8 – Subproceso A: (ACL) - Bucaramanga



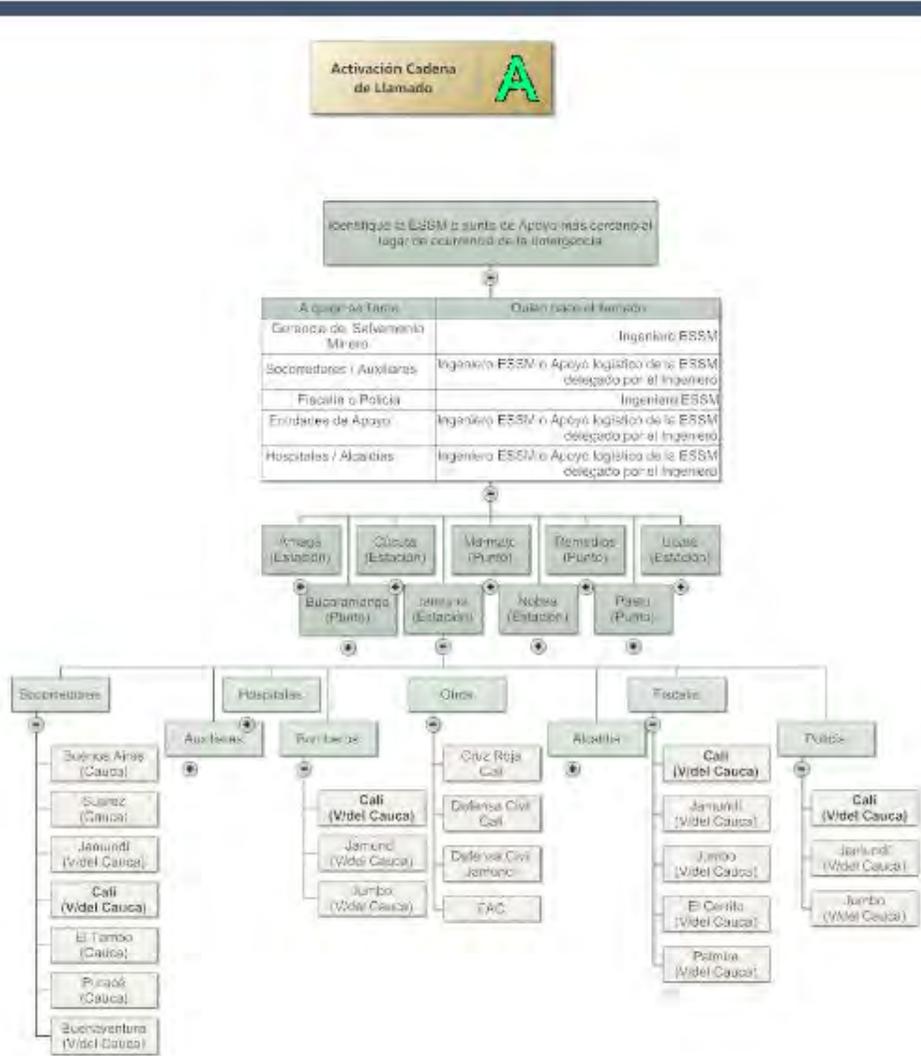
Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Figura 2-9 – Subproceso A: (ACL) - Cúcuta



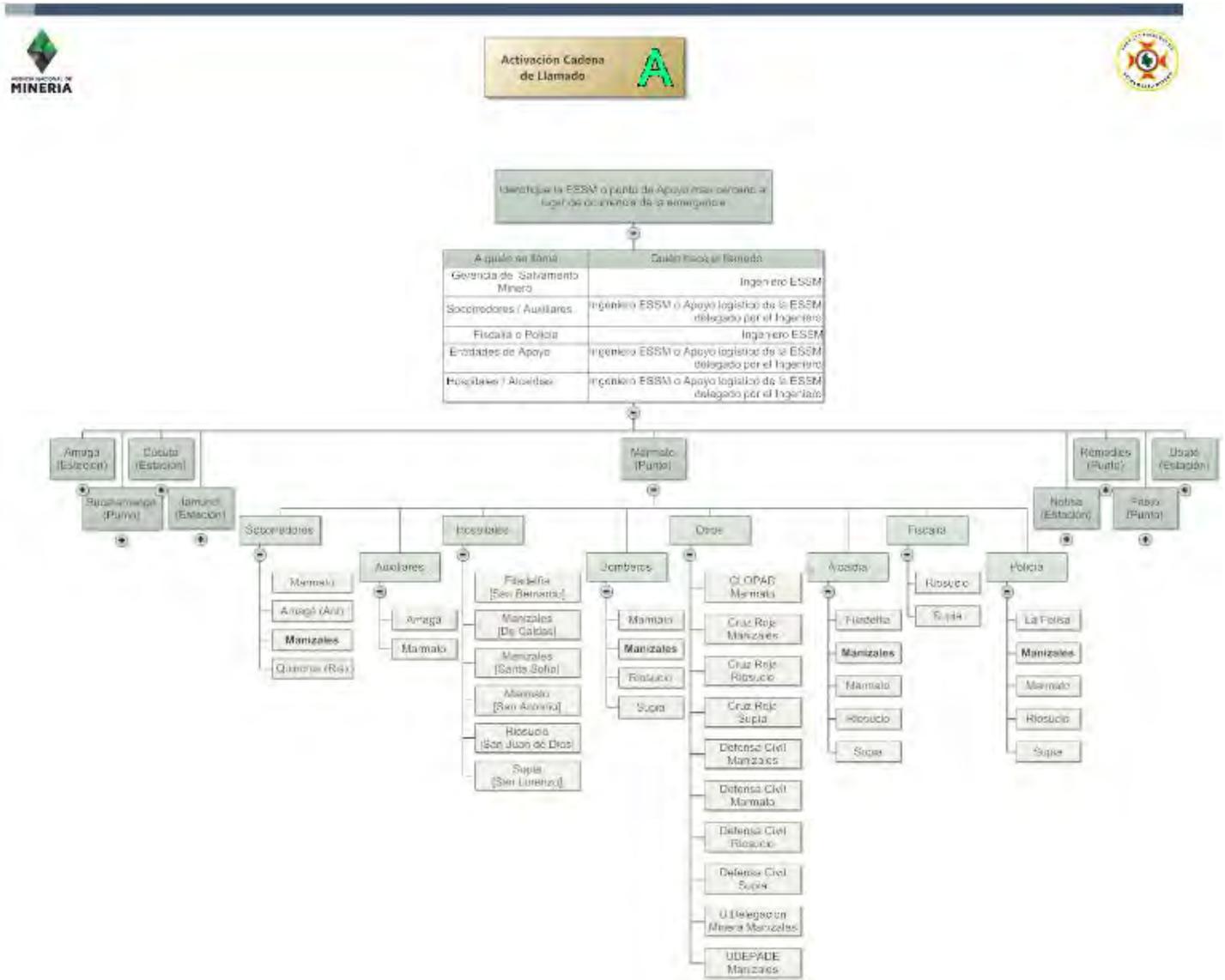
Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Figura 2-10 – Subproceso A: (ACL) - Jamundí



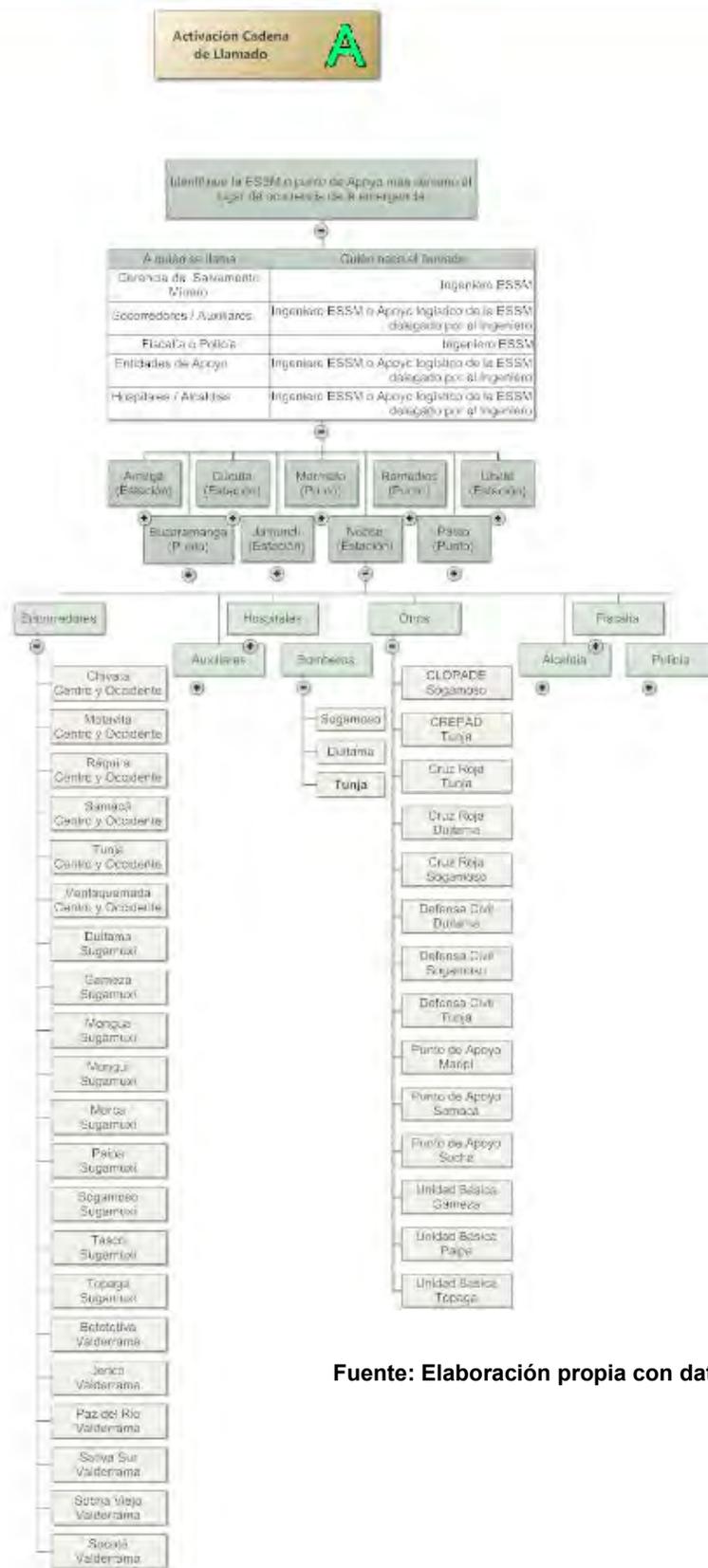
Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Figura 2-11 – Subproceso A: (ACL) - Marmato



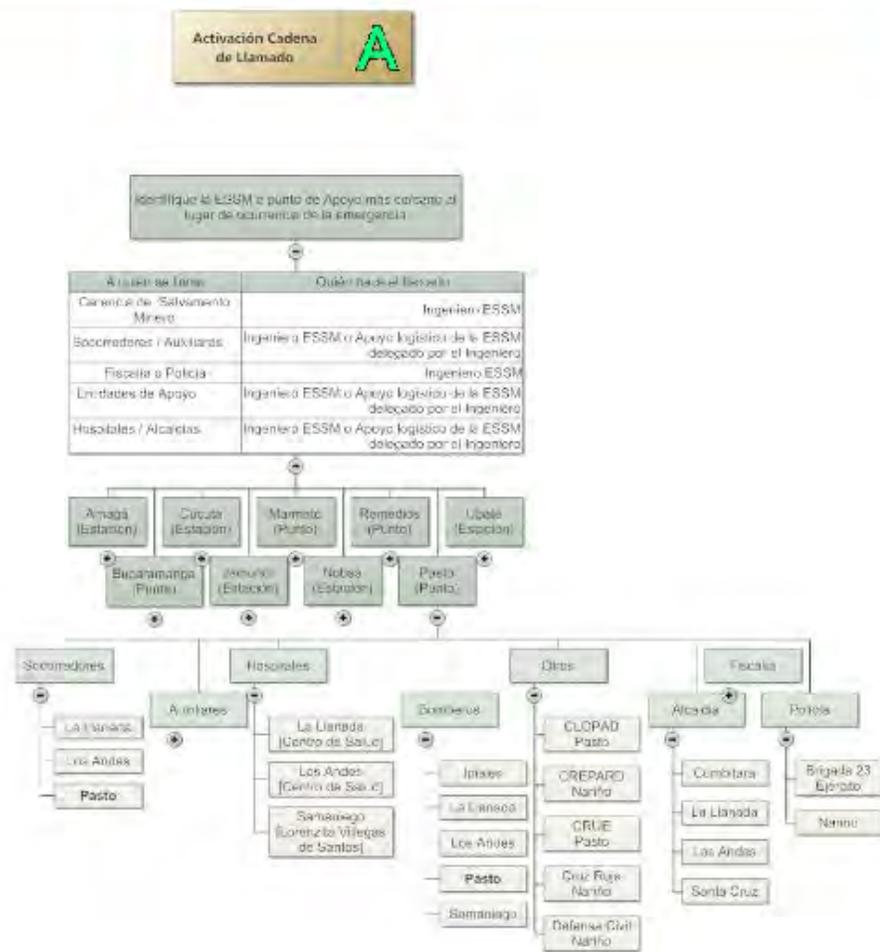
Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Figura 2-12 – Subproceso A: (ACL) - Nobsa



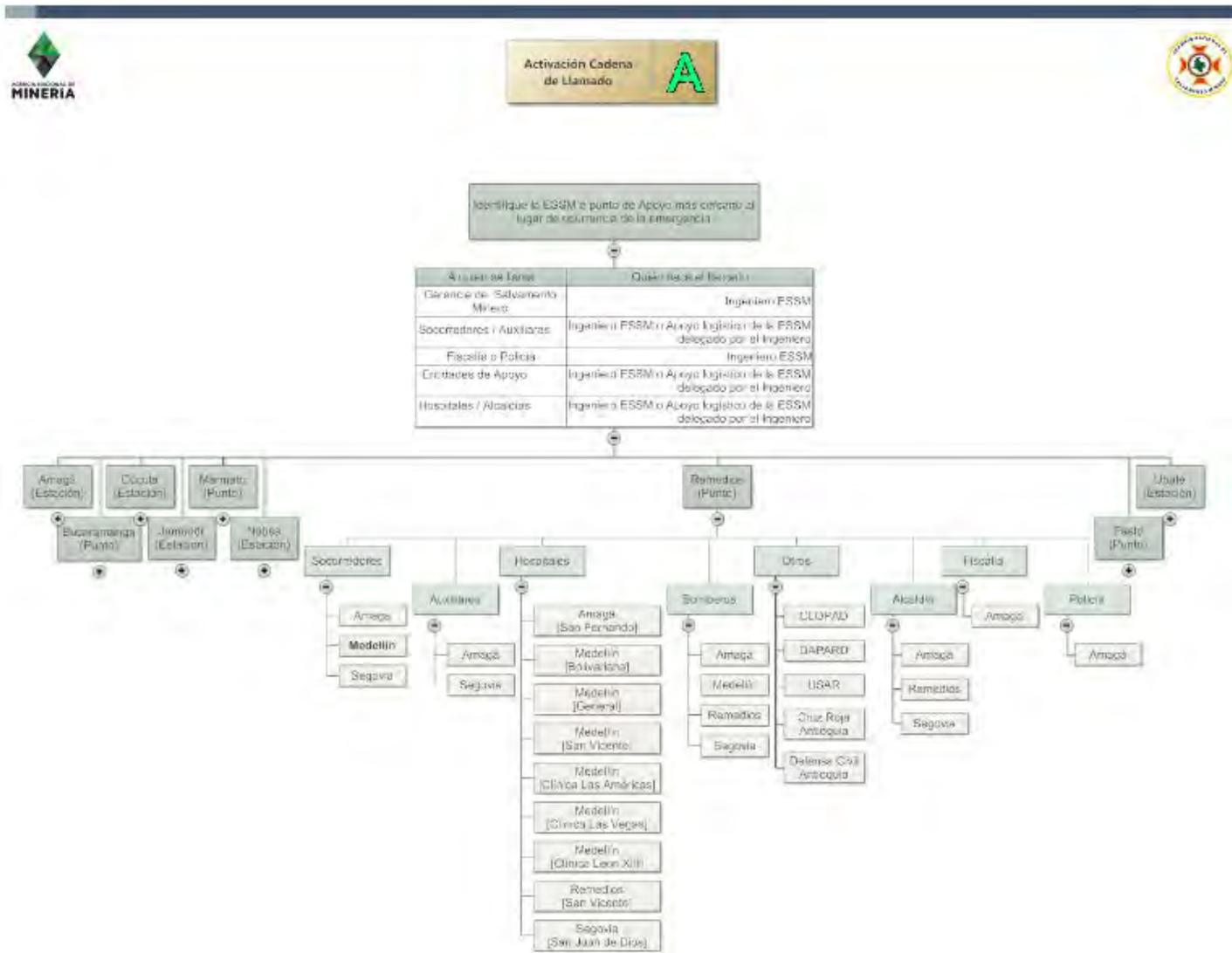
Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Figura 2-13 – Subproceso A: (ACL) - Pasto



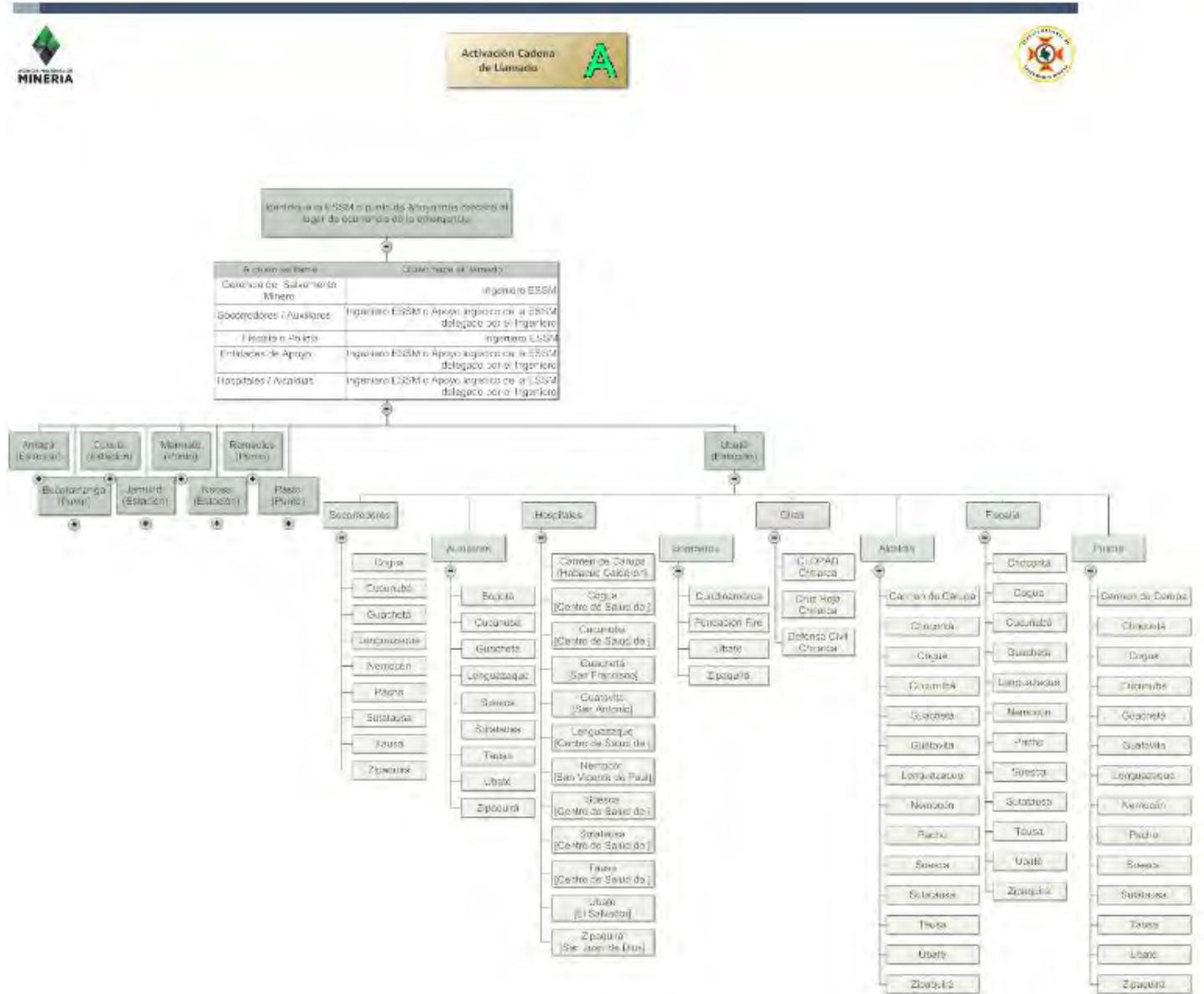
Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Figura 2-14 – Subproceso A: (ACL) - Remedios



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

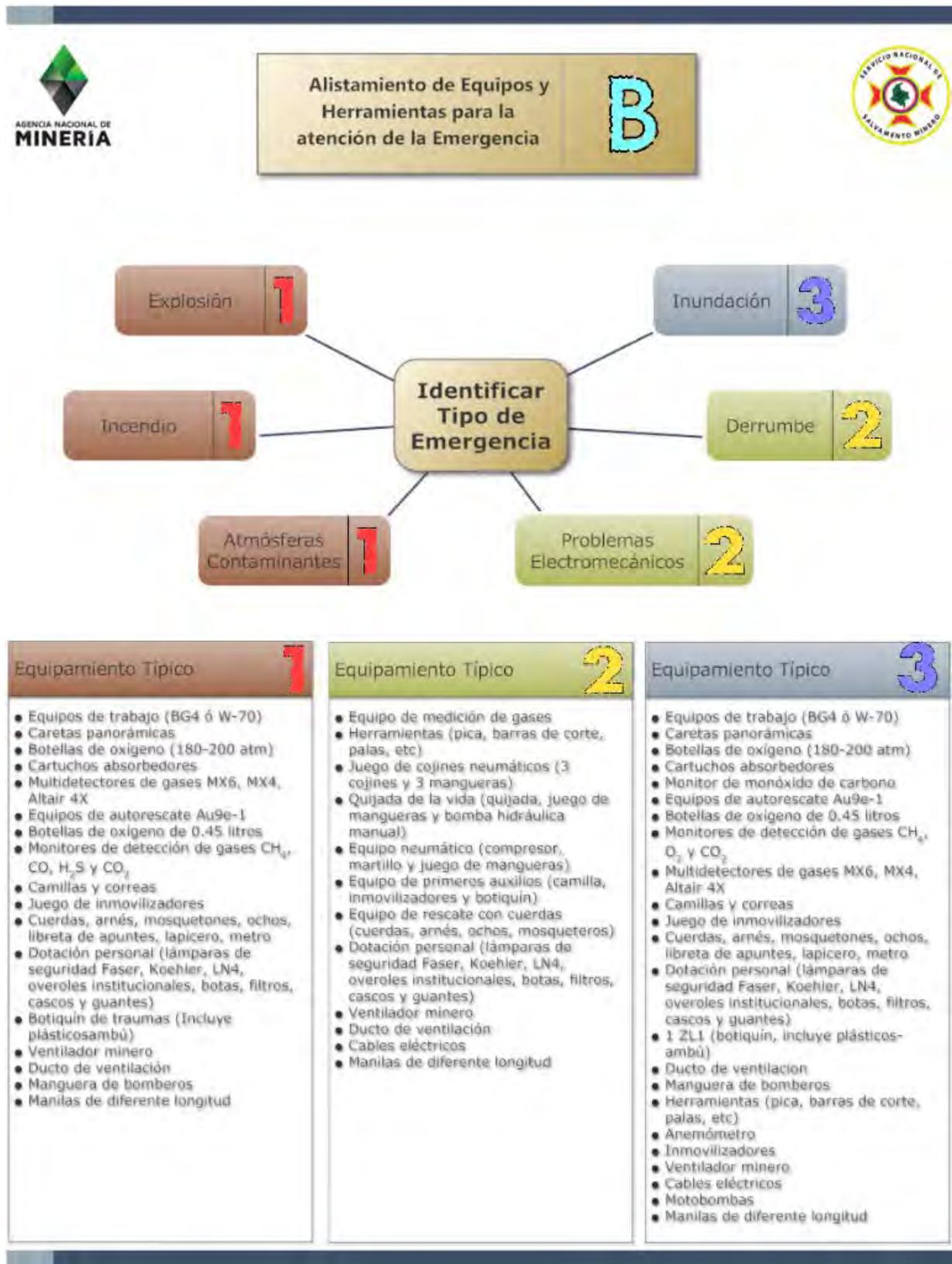
Figura 2-15 – Subproceso A: (ACL) - Ubaté



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

La figura 2-16 muestra el subproceso B, correspondiente al alistamiento de equipos.

Figura 2-16 – Subproceso B: Alistamiento de Equipos



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Las figuras 2-17 a 2-24 muestran el subproceso C, correspondiente al Sistema Comando Incidentes - SCI.

Una vez se arriba al lugar de la emergencia, se informa a la Gerencia de Seguridad y Salvamento Minero y se activa el Sistema Comando de Incidentes

Asumir el comando y establecer el puesto de comando

Se debe informar a las demás entidades que ha asumido el mando. El Puesto de Comando (PC) es el área necesaria para una rápida movilización y acción del personal operativo, también incluye los lugares donde la seguridad de los bienes pueda estar amenazada y lo establece el Comandante del Incidente, que será el Ingeniero de la Estación de Seguridad y Salvamento Minero que atiende la emergencia.

Al establecer el puesto de comando se debe asegurar que tenga:

- Seguridad
- Visibilidad
- Facilidades de acceso y circulación
- Disponibilidad de comunicaciones
- Distanciamiento de la escena, del ruido y la confusión
- Capacidad de expansión física

Evaluar la situación

Las personas que trabajan en una emergencia minera (ingenieros, técnicos, socorredores y auxiliares de salvamento minero) deben tener un completo conocimiento de la situación. Para contar con adecuada información, se requiere que como primeros respondientes evalúen la situación, con el fin de tener una visión integral del problema.

Establecer el perímetro de seguridad

Al establecer un perímetro de seguridad se deben considerar los siguientes aspectos:

- Tipo de incidente
- Tamaño del área afectada
- Topografía

- Localización del incidente con relación a la vía de acceso y áreas disponibles alrededor
- Áreas sujetas a derrumbes, explosiones potenciales, caída de escombros, cables eléctricos
- Condiciones atmosféricas
- Posible ingreso y salida de vehículos
- Coordinar la función de aislamiento perimetral con el organismo de seguridad correspondiente.

Solicitar al organismo de seguridad correspondiente (Fuerzas Militares y Policía Nacional) el retiro de todo el personal que se encuentre en la zona de impacto y que no haga parte del personal de respuesta reconocido por el sistema Nacional de Salvamento Minero.

Determinar las necesidades de recursos y las posibles instalaciones

Se identifica la necesidad de los recursos y se solicita apoyo a la central de comunicaciones. Además, se determinan las posibles instalaciones que se van a requerir y su posible ubicación.

Por otra parte, las instalaciones son espacios físicos designados por el Comandante del Incidente, para cumplir una función prevista en el Sistema Comando de Incidentes, las cuales son, además del puesto de comando, las siguientes:

Área de Espera (AE): corresponde al lugar donde se concentran los recursos mientras son asignados. La señal que identifica al área de espera es un círculo con fondo amarillo y una E de color negro en su interior.

Área de Concentración de Víctimas (MEC): lugar establecido para efectuar clasificación, estabilización y transporte de las víctimas de un incidente. Se identifica con un círculo de fondo amarillo y las letras ACV de color negro.

Base (B): lugar desde donde se coordinan y administran las funciones logísticas. La señal que identifica la base es un círculo de fondo amarillo con una B de color negro en su interior.

Campamento (C): lugar dentro del área general del incidente, equipado y atendido para proporcionar al personal un sitio para alojamiento, alimentación e instalaciones sanitarias. Se identifica con un círculo de fondo amarillo con una C de color negro en su interior.

Helibase (H): lugar de estacionamiento, reabastecimiento, mantenimiento y equipamiento de helicópteros. Se identifica con una H negra dentro de un círculo de fondo amarillo.

Helipunto (H1): lugar preparado para que los helicópteros puedan aterrizar, despegar, cargar y descargar personal, equipo y materiales. Se identifica con H1 de color negro dentro de un círculo de fondo amarillo

Figura 2-17-Subproceso C: Sistema Comando de Incidentes



Activación del sistema de Comando de Incidentes - SCI



Estructura del Sistema Comando de Incidente

<p>Objetivo: Organizar una base estructural de funciones del SCI.</p> <p>Responsables: Primera persona con capacidad operativa de la Agencia Nacional de Minería [De la Estación de Seguridad y Salvamento Minero mas cercana al lugar de ocurrencia de la emergencia.</p>		
<p>Recursos</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Técnicos ● Equipos de seguridad y salvamento. ● Personal experto en salvamento minero 		<p>Riesgos Asociados</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Intervención inapropiada de otras entidades ● Intervención acelerada de personal minero no capacitado.

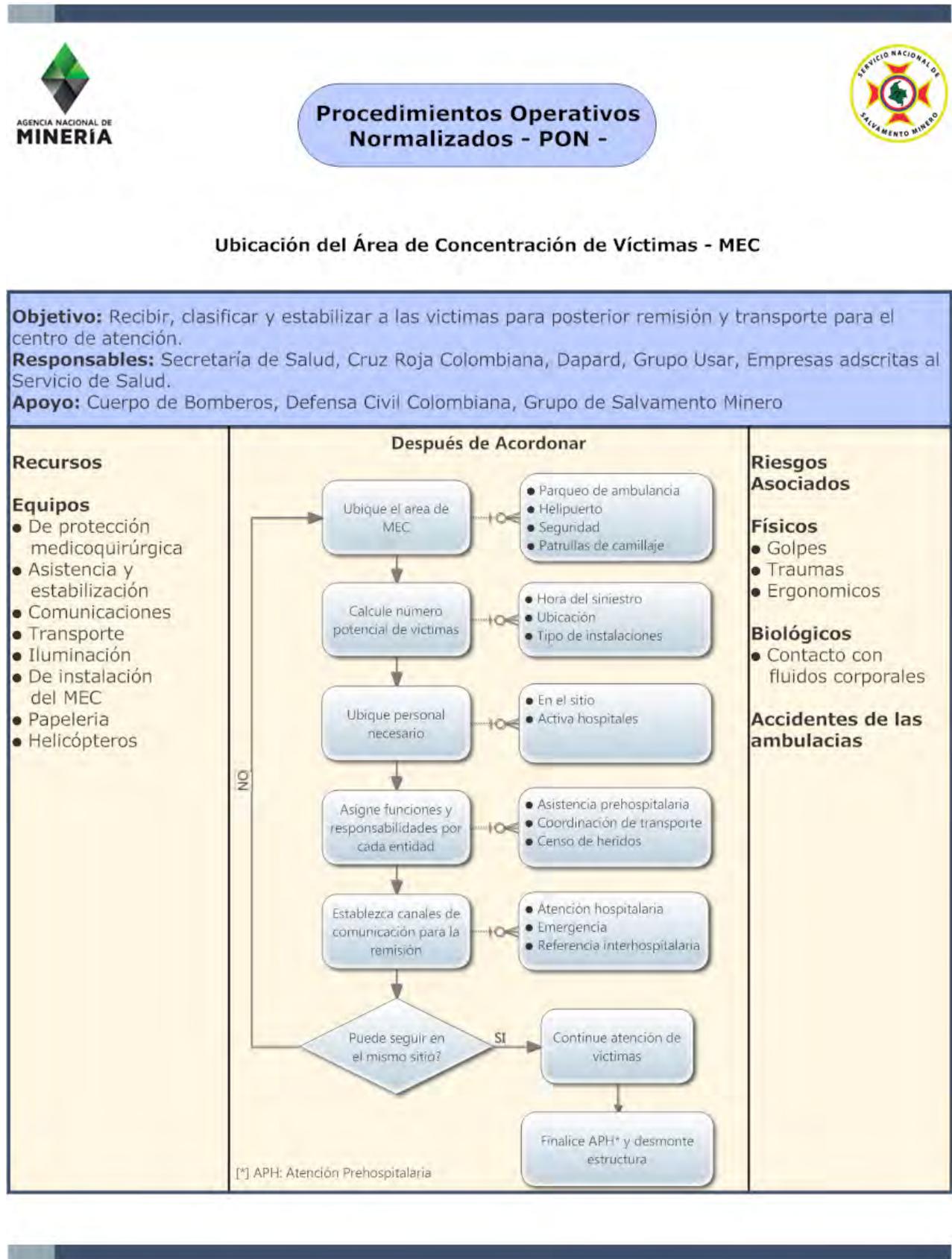
Señalización de áreas

<p>Objetivo: Permitir una rápida y eficaz identificación de las zonas dentro del incidente.</p> <p>Responsables: Primera persona con capacidad operativa de la Agencia Nacional de Minería [De la Estación de Seguridad y Salvamento Minero mas cercana al lugar de ocurrencia de la emergencia.</p> <p>Apoyo: Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil Colombiana, Policía Nacional, Ejército</p>		
<p>Recursos</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Cinta de aislamiento ● Vallas ● Manilas ● Equipo antimotín ● Tanquetas ● Radioteléfonos ● Equipo propio necesario para cada entidad. 		<p>Riesgos Asociados</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Amotinamientos ● Aglomeraciones ● Entrada de personal no autorizado ● Personas dentro del área que obstaculicen las labores de las entidades operando en la zona. ● Insuficiente personal de apoyo en zona acordonada. ● Congestión vehicular

Fuente: Elaboración propia con datos de ANM



Figura 2-18 – Procedimiento Operativo Normalizado



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM



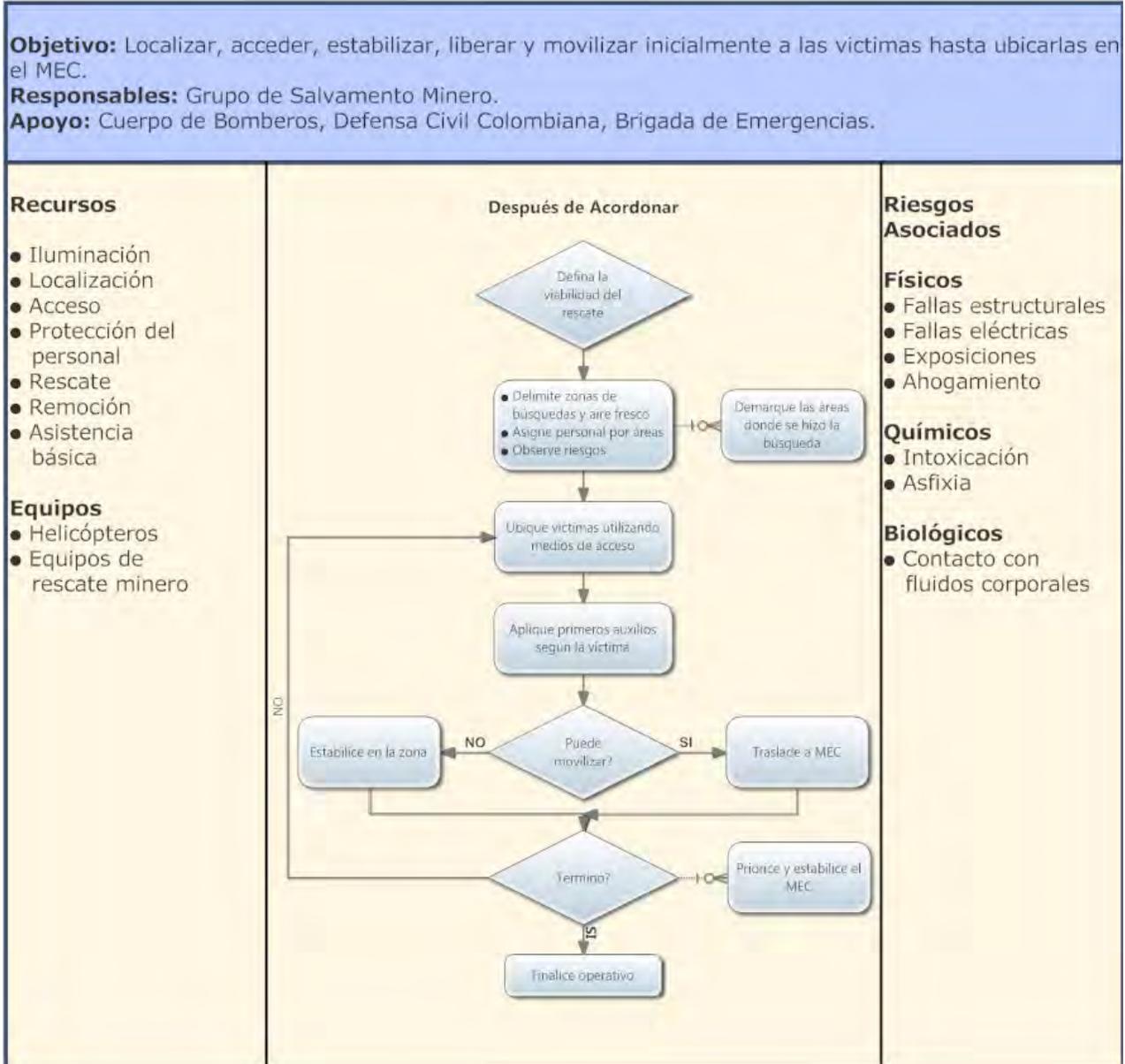
Figura 2-19 – Procedimiento Operativo Normalizado



Procedimientos Operativos Normalizados - PON -



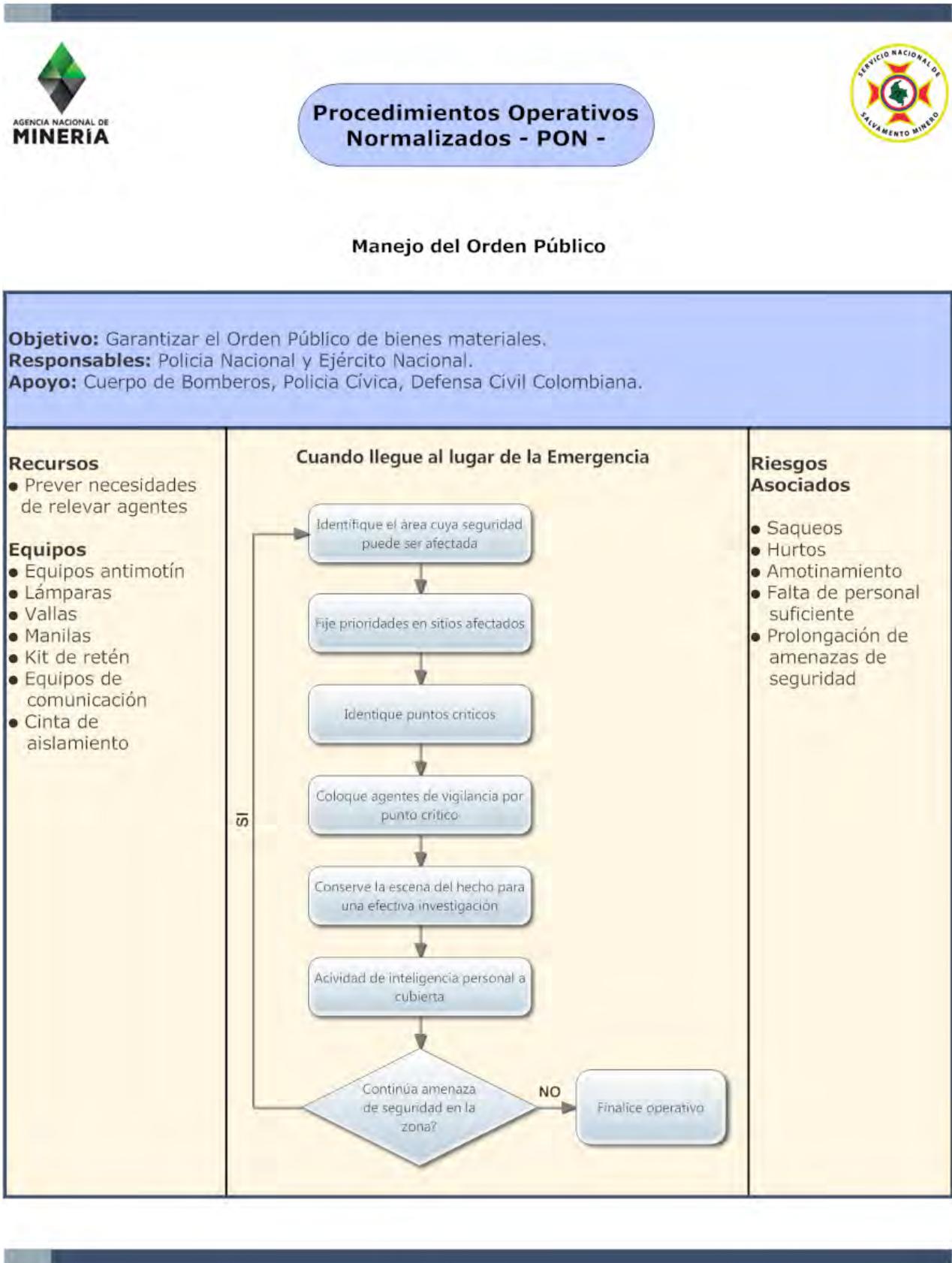
Búsqueda y Rescate



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM



Figura 2-20 – Procedimiento Operativo Normalizado



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Figura 2-21– Procedimiento Operativo Normalizado

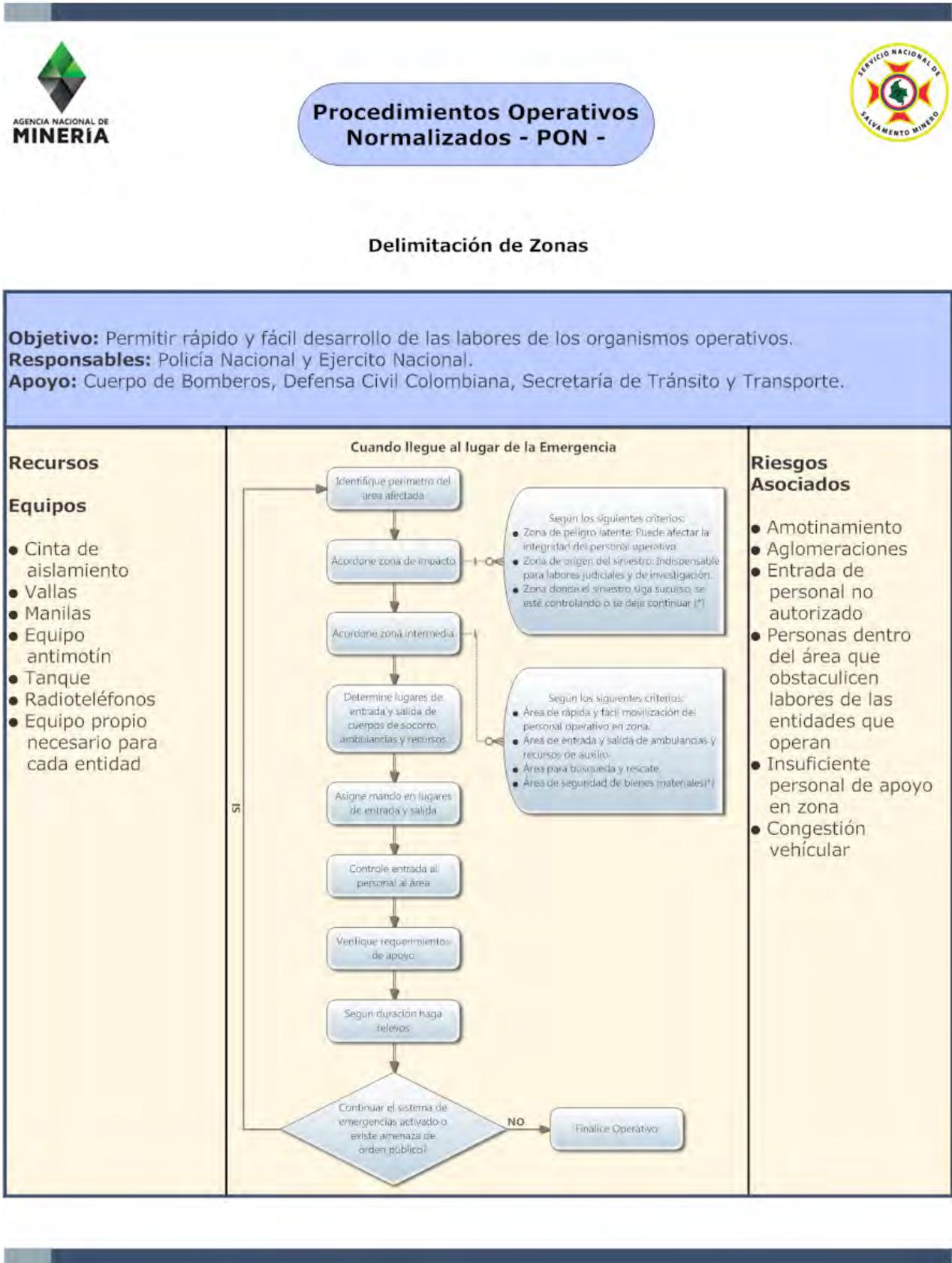
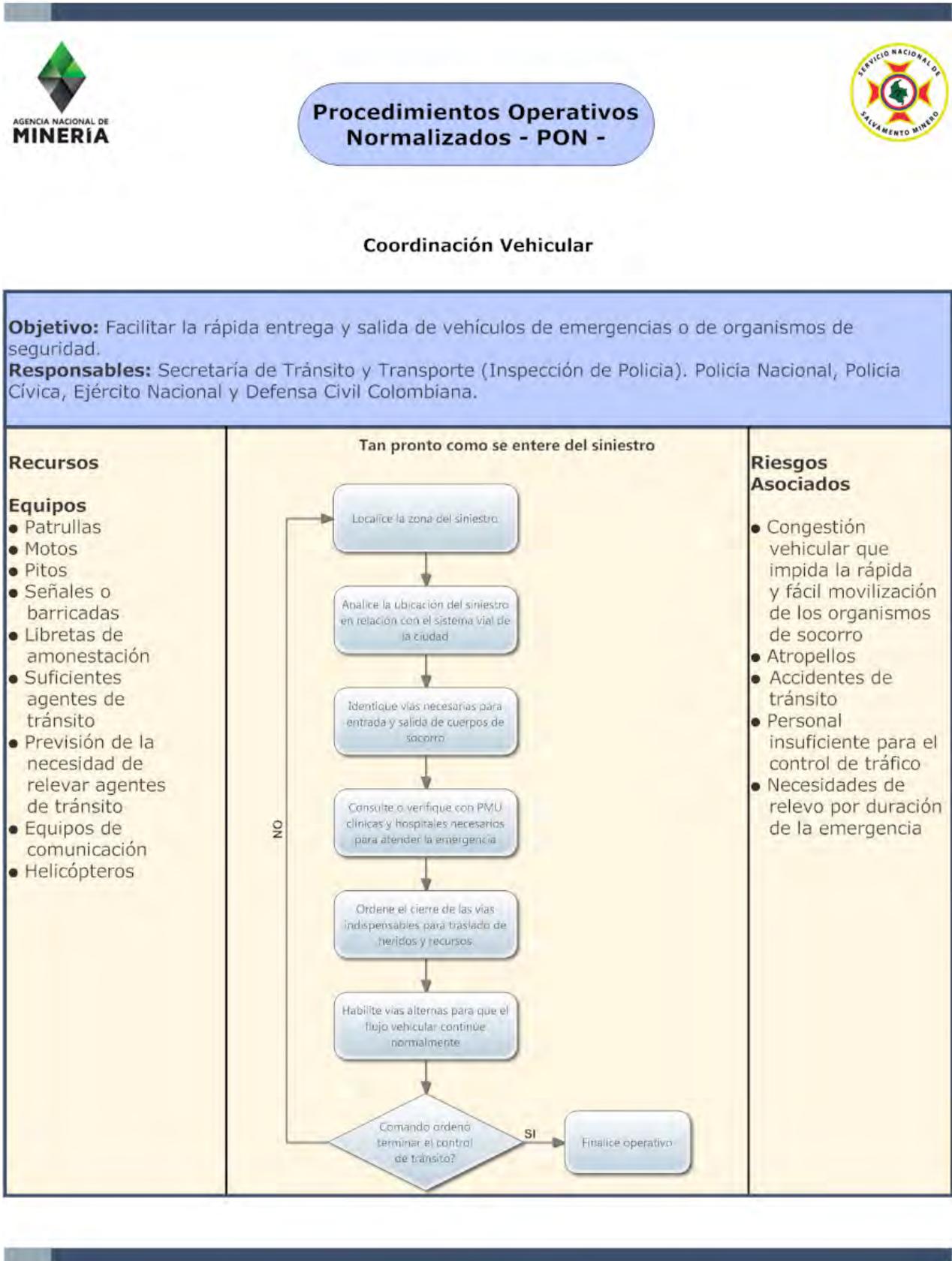
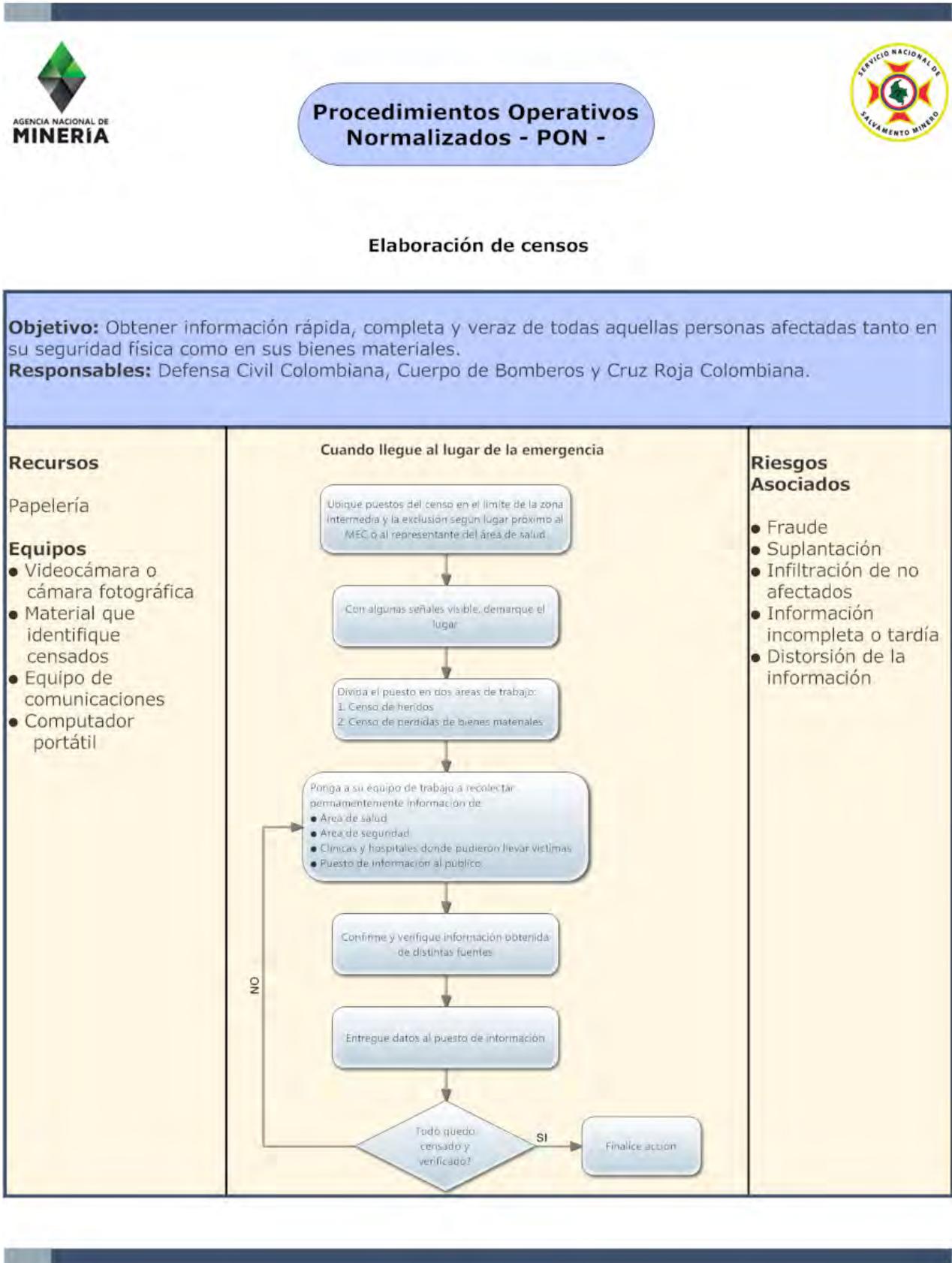


Figura 2-22 – Procedimiento Operativo Normalizado



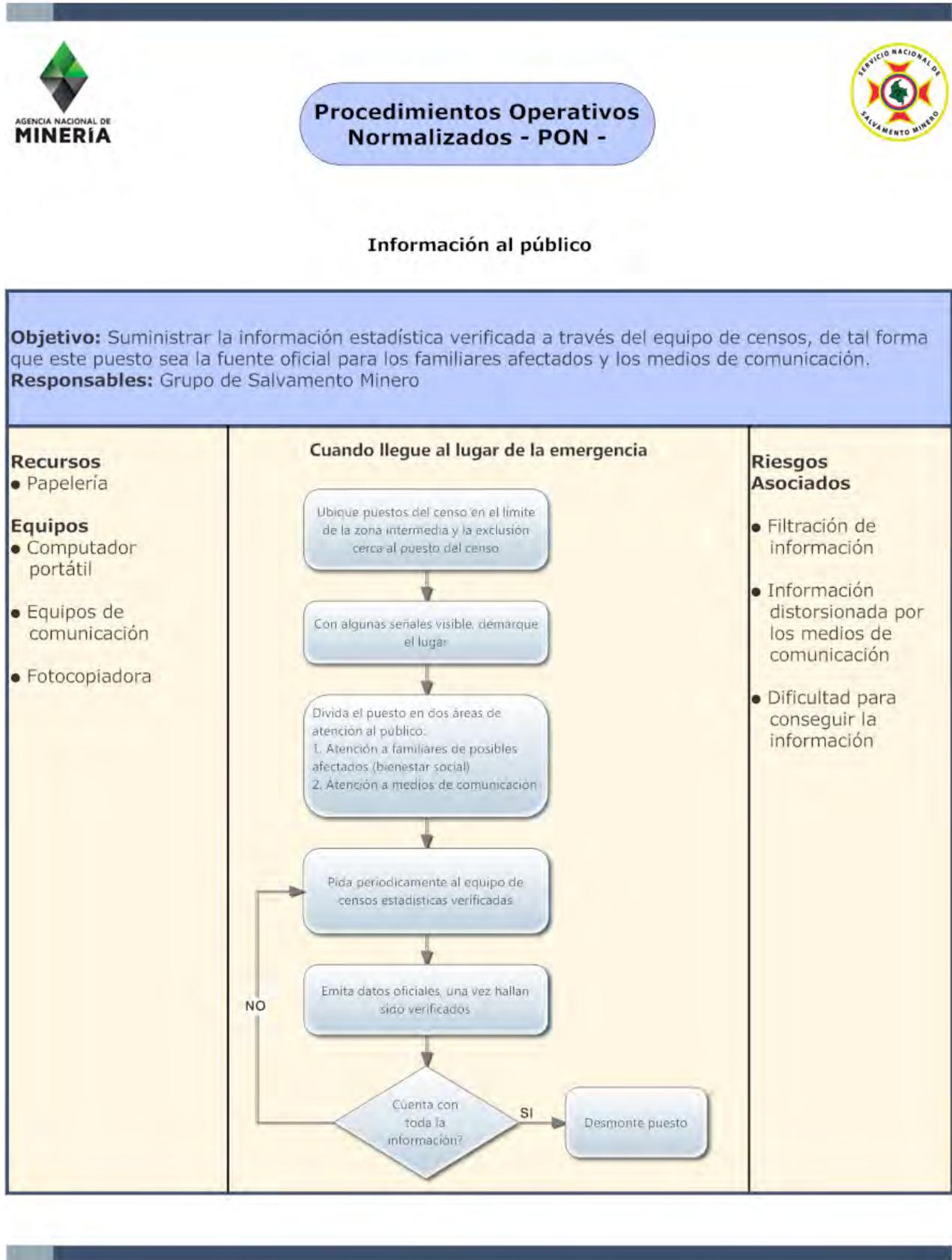
Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Figura 2-23 – Procedimiento Operativo Normalizado



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM

Figura 2-24 – Procedimiento Operativo Normalizado



Fuente: Elaboración propia con datos de ANM



Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.





3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.



3.1

Causadas por incendios.

3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.

3.1. Causadas por incendios.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>		<u>Página</u>
3.1	Incendios subterráneos.....		
	Diagrama de flujo de Salvamento Minero		
	Revisión Posterior a un Incidente		
	Evaluación de Incidentes		
	Entendimiento Inicial para la Respuesta a un Incendio		
3.1.1	Incendio		
3.1.1.1	Definiciones		
3.1.1.2	Combustión		
3.1.1.3	Tipos de incendio		
3.1.1.4	Fuentes de combustible		
3.1.1.5	Fuentes de ignición		
3.1.1.6	Riesgos de incendios subterráneos		
3.1.1.7	Gas producido por la combustión de carbón		
3.1.1.8	Gases producidos por incendios.....		
3.1.1.9	Explosividad de los gases producidos por incendios		
3.1.1.10	Interpretación del estado de un incendio subterráneo		
3.1.1.11	Detección de incendios subterráneos.....		
3.1.2	Extinción de incendios		
3.1.2.1	Incendios abiertos		
3.1.2.2	Combustión espontánea.....		
3.1.2.3	Principios de la extinción de incendios subterráneos.....		
3.1.2.4	Métodos de extinción de incendios		
3.1.3	Procedimientos seguros para la aplicación de los métodos de extinción de incendios en la atención de emergencias mineras		
3.1.4	Análisis detallado de la combustión espontánea (O incendios endógenos).....		
3.1.4.1	Consideraciones preliminares.....		
3.1.4.1.1	Desarrollo químico		
3.1.4.1.2	Condiciones que afectan la incubación y propagación de la combustión espontánea		
3.1.4.1.3	Gradiente geotérmico		
3.1.4.2	Detección de combustión espontánea.....		
3.1.4.2.1	Mediante signos físicos		
3.1.4.2.2	Mediante análisis de gases.....		
3.1.4.2.2.1	Monóxido de carbono		
3.1.4.2.2.2	Hidrógeno.....		
3.1.4.2.3	Medición de gas		
3.1.4.2.3.1	Instrumentos electrónicos		
3.1.4.2.3.2	Sistema de haces de tubos ..		
3.1.4.2.3.3	Análisis de laboratorio		
3.1.4.3	Prevención de la combustión espontánea..		
3.1.4.4	Combatiendo el incendio endógeno.....		
3.1.4.4.1	Excavación y retiro del carbón		
3.1.4.4.2	Agua.....		
3.1.4.4.3	Revestimiento de vías.....		
3.1.4.4.4	Bougeeing (Inyección a alta presión de materiales sellantes).....		
3.1.4.4.5	Inyección de nitrógeno		
3.1.4.4.6	GAG – Motor de reacción.....		
3.1.4.4.7	Aislamiento o sellamiento (Construcción de tabiques, incluyendo tabiques a prueba de explosión)		
3.1.4.4.7.1	Introducción		
3.1.4.4.7.2	Selección del sitio del tabique		
3.1.4.4.7.3	Tipos de tabiques de aislamiento.....		
3.1.4.4.7.4	Construcción.....		
3.1.4.4.7.5	Tubos de acceso y tubería de servicios		
3.1.4.4.7.6	Aislamiento simultáneo		
3.1.4.4.7.7	Equilibrio de presiones.....		
3.1.4.4.7.8	Varios.....		
3.1.5	Equipos de extinción de incendios		
3.1.6	Referencias		
	ANEXO 1		
	Evaluación del riesgo de incendio en minas		
	ANEXO 2		
	Métodos de Reapertura de Áreas Selladas		



.....Página

Lista de Figuras

Diagrama de Flujo de las Acciones de Salvamento	143
Diagrama de Flujo de Evaluación de Incidentes	148
3.1 – 1 Triángulo de fuego	151
3.1 – 2 Tipos de fuego	152
3.1 – 3 Triángulo de Coward.....	159
3.1 – 4 Agentes extintores y tipo de fuego	168
3.1 – 5 Sitios con alta probabilidad de ocurrencia de combustión espontánea.....	179
3.1 – 6 Diagrama de flujo para elegir la curva de presión-tiempo de diseño para tabiques de aislamiento	183
3.1 – 7 Revestimiento lateral retirado	187
3.1 – 8 Revestimiento lateral retirado	187
3.1 – 9 Muro de tabique de aislamiento en madera y lámina ..	187
3.1 – 10 Esquema de un tabique a prueba de explosión	188

Lista de Tablas

3-1 - 1 Entendimiento para respuesta a un incendio	149
3.1 – 2 Características de los gases producto de incendio	158
3-1 – 3 Indicadores de la evolución de un incendio.....	161

3.1 Incendios subterráneos

Los propietarios de las minas, sean personas naturales o jurídicas, deben implementar procedimientos para asegurar que los riesgos de incendio sean evaluados en sus minas.

Desafortunadamente hay muchos materiales utilizados en operaciones mineras que queman fácilmente si se encienden. Por ello se deben identificar siempre las fuentes potenciales de combustibles y de ignición. Esta acción priorizará los riesgos y determinará los aspectos a los que deben destinarse mayores esfuerzos en prevención y control de incendios subterráneos.

Si bien un incendio subterráneo en cualquier tipo de mina es una posible fuente de perjuicios para todos los que trabajan bajo tierra, existe un riesgo adicional significativo para aquellos que trabajan en minas subterráneas de carbón. El carbón constituye un suministro inherente de combustible no solo como carbón en sí mismo, si no en forma de metano, gas que libera la mina al aire. Si el carbón se enciende, el incendio podrá propagarse rápidamente con calor intenso, creando una atmosfera altamente tóxica con humo negro grueso llenando la mina rápidamente.

Es esencial, por lo tanto, que se haga todo esfuerzo por el propietario de la mina para proporcionar algún tipo de capacitación a todos sus empleados dirigida a ayudarles a identificar peligros de incendio, la acción que deben tomar si ocurre un incendio y cualquier medida de evacuación posterior que deben tomar para salir de la mina.

Además, los propietarios de la mina deben identificar, a partir de su evaluación del riesgo de incendio, los preparativos idóneos para el salvamento de sus empleados bajo tierra en el supuesto que no puedan llegar a un lugar seguro por ellos mismos en caso de una emergencia por incendio. Estos preparativos deben incluir una solicitud de apoyo al Sistema Nacional de Salvamento Minero. Es imperativo, por lo tanto, informar a los funcionarios del Sistema Nacional de Salvamento Minero sobre la naturaleza de las actividades mineras realizadas en cada mina y

las prácticas de prevención de incendios allí utilizadas.

Las evaluaciones de riesgo realizadas por el propietario de la mina deben incluir el riesgo de incendio y la identificación de medios idóneos para que las personas combatan la propagación del incendio

Los trabajadores de salvamento de otras minas deben recibir capacitación idónea y deben ser informados de lo que pueden esperar en caso de asistir a cualquier mina con un incendio. Esta capacitación debe incluir portar aparatos de respiración, ya que es probable que la atmosfera normal de la mina se vuelva irrespirable rápidamente

Los socorredores deben practicar el control de incendios en condiciones tan realistas como sea posible en cuanto a humo, calor y estrés en las torres de capacitación de la Agencia Nacional de Minería.

Los instructores que capacitan a los socorredores, a los mecánicos de equipos y a los auxiliares de salvamento, deben estar habilitados para tener acceso a la identificación de peligros y evaluación de riesgos de cada mina en la jurisdicción de la estación de salvamento, para que puedan garantizar que ésta pueda proporcionar el mejor nivel de servicio posible.

La clave para una minería segura y productiva, en cuanto a riesgo de incendio se refiere, es una política integral de prevención de incendios que reduzca a un mínimo absoluto este riesgo. Debido a la naturaleza combustible del carbón y la presencia frecuente de metano, nunca será viable eliminar el riesgo de incendio en las minas de carbón, aunque debería ser posible proceder hacia la disminución significativa del peligro. Disponer en la mina de un medio rápido y efectivo de detección e implementar medidas para “combatir el fuego” en sus primeras etapas debería evitar que un pequeño incendio se convierta en un gran incendio o hasta en una explosión que pueda resultar en una elevada pérdida de vidas y tal vez la pérdida de la mina.

Diagrama de Flujo de Salvamento Minero

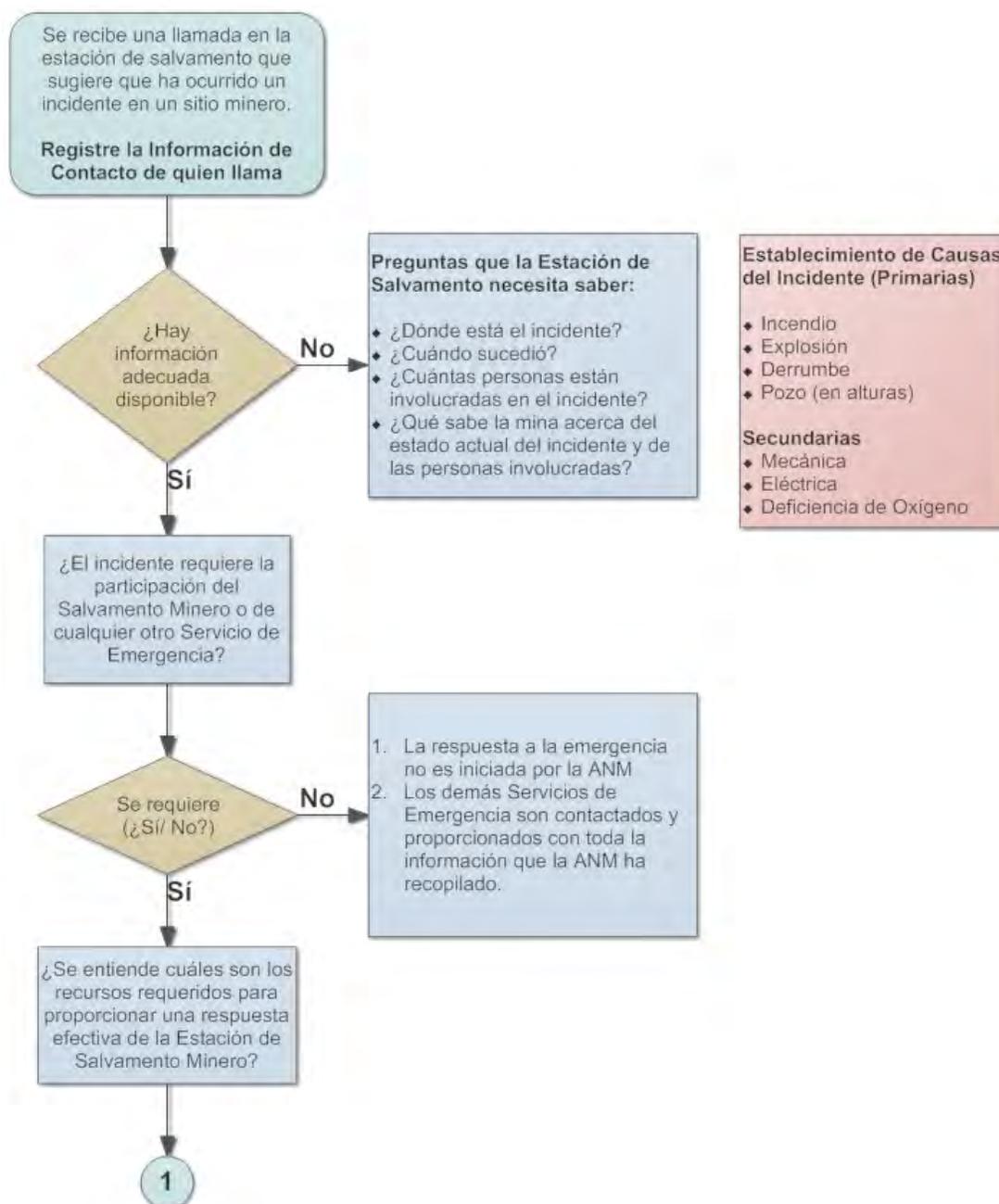
Esta sección proporciona un diagrama de flujo que fue diseñado para ayudar en la toma de decisiones en fases críticas del salvamento, a saber:

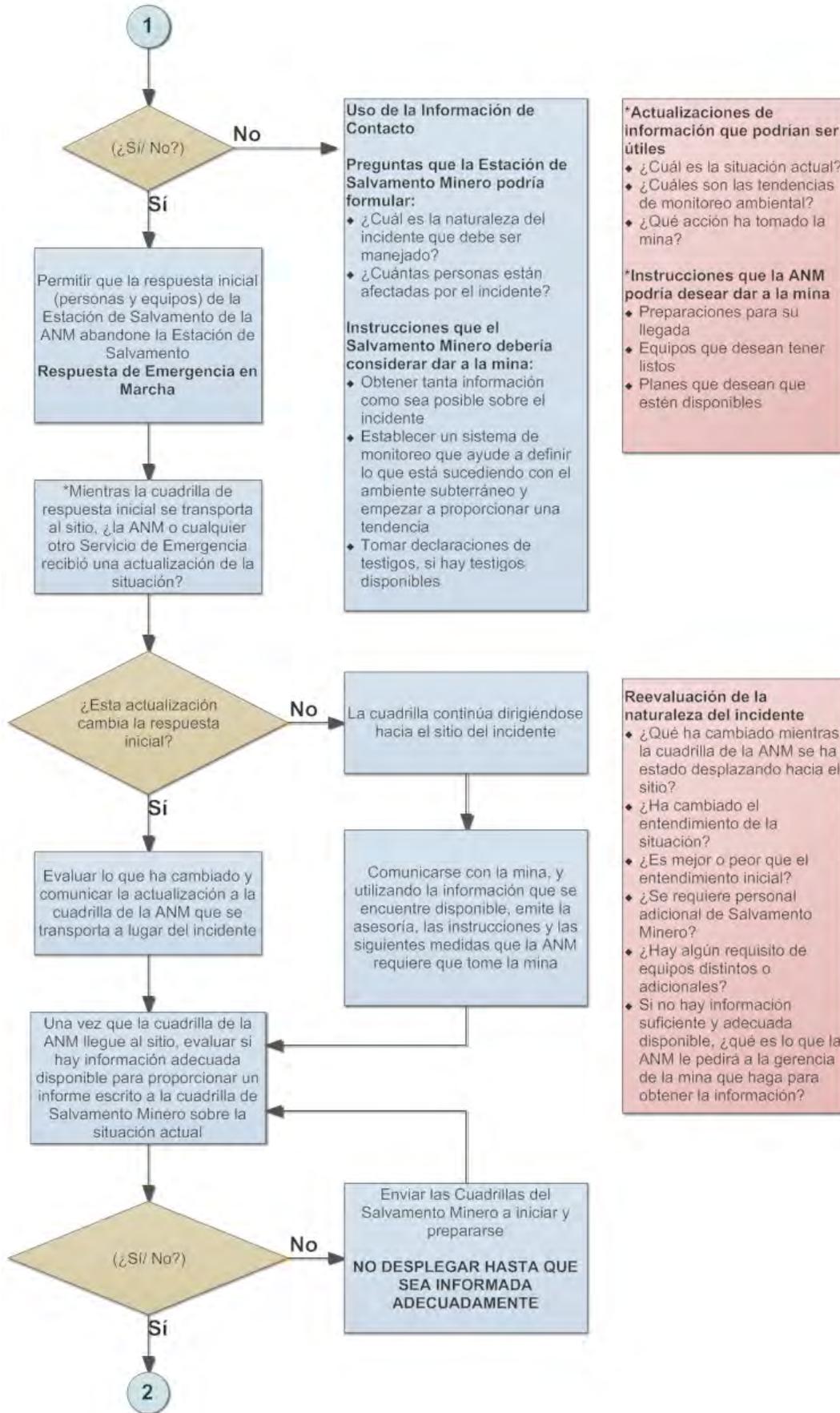
1. En el momento en que se recibe la llamada inicial, y;
2. Antes del despliegue

El diagrama de flujo también plantea una ruta para ofrecer informes efectivos después del despliegue de una cuadrilla de salvamento minero, con el fin de garantizar que:

1. Se identifique y se maneje de forma efectiva cualquier problema que potencialmente pueda afectar la capacidad de un socorredor minero para actuar adecuadamente (por ejemplo, el Estrés Postraumático).

2. Se identifique cualquier problema que haya afectado la efectividad y la eficiencia del esfuerzo de salvamento minero y, según corresponda, se revise la eventual necesidad de introducir ajustes a las directrices, normas y planes de lecciones previstos para el entrenamiento. (Diagrama de Flujo de Acciones de Salvamento, elaboración propia)





***Actualizaciones de información que podrían ser útiles**

- ¿Cuál es la situación actual?
- ¿Cuáles son las tendencias de monitoreo ambiental?
- ¿Qué acción ha tomado la mina?

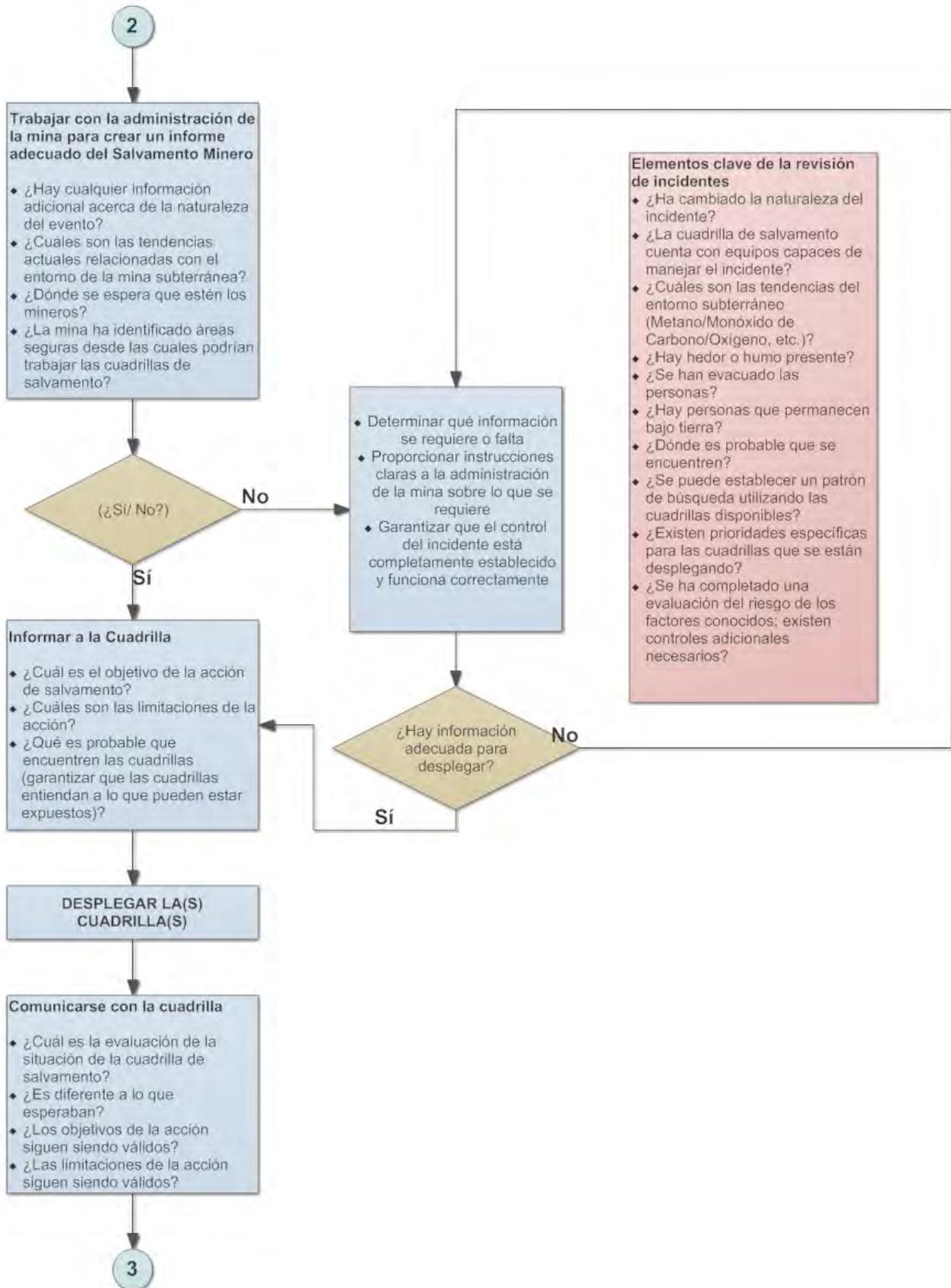
***Instrucciones que la ANM podría desear dar a la mina**

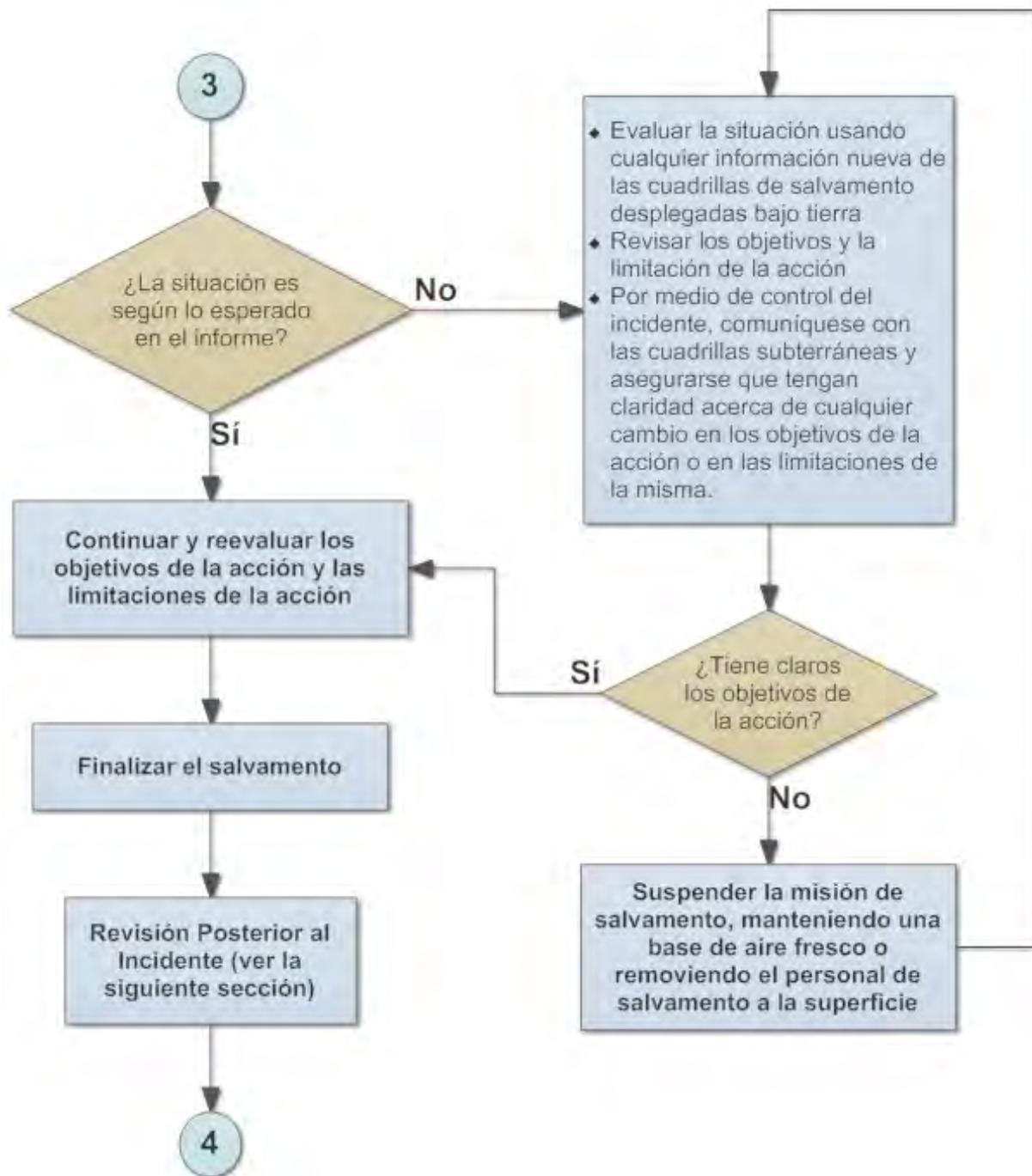
- Preparaciones para su llegada
- Equipos que desean tener listos
- Planes que desean que estén disponibles

Reevaluación de la naturaleza del incidente

- ¿Qué ha cambiado mientras la cuadrilla de la ANM se ha estado desplazando hacia el sitio?
- ¿Ha cambiado el entendimiento de la situación?
- ¿Es mejor o peor que el entendimiento inicial?
- ¿Se requiere personal adicional de Salvamento Minero?
- ¿Hay algún requisito de equipos distintos o adicionales?
- Si no hay información suficiente y adecuada disponible, ¿qué es lo que la ANM le pedirá a la gerencia de la mina que haga para obtener la información?







Revisión Posterior a un Incidente

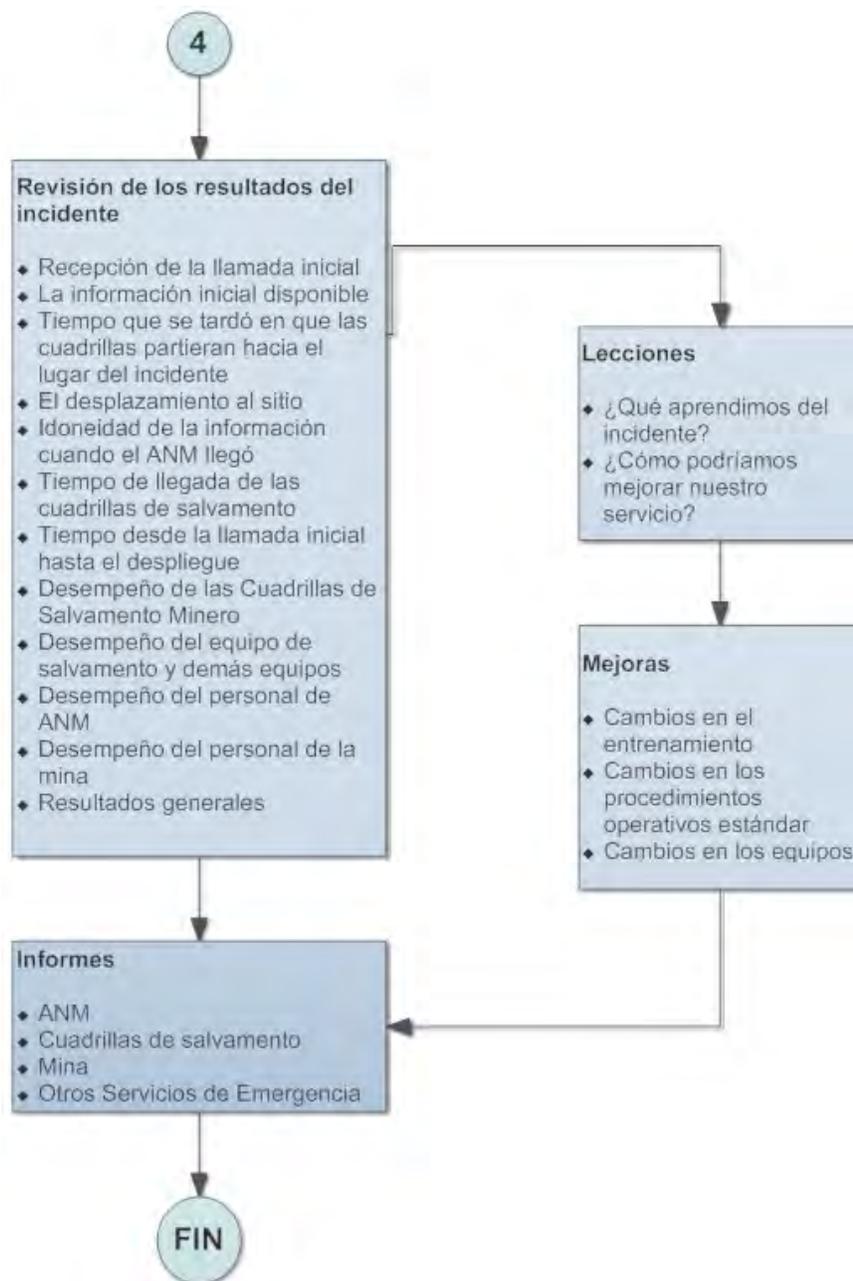
Una vez se haya completado el salvamento o incidente, se deberá realizar una revisión de las acciones ejecutadas y los resultados obtenidos tan pronto como sea posible. La revisión posterior al incidente se realizará con los objetivos clave de:

1. Tratar de establecer el motivo por el cual ocurrió el incidente (esto no hace parte de la mejora en la respuesta de salvamento, pero es importante para que la administración local de la mina y los operadores de la mina puedan tomar mayores medidas preventivas en el sector)

[si se hace alguna referencia a la investigación de incidentes, se puede hacer aquí]

2. Establecer la efectividad de la respuesta de salvamento

3. Documentar cualquier resultado clave del salvamento de manera que los lineamientos, estándares y entrenamiento se puedan mejorar continuamente



Evaluación de Incidentes

La naturaleza de una situación de emergencia puede significar que cada una es levemente diferente, y por lo tanto es casi imposible desarrollar un enfoque estándar para manejar una emergencia. Sin embargo, es posible desarrollar un enfoque común para el desarrollo de la comprensión inicial y la reacción inicial frente a la mayoría de los principales peligros mineros.

Esta sección considera que los principales peligros mineros son:

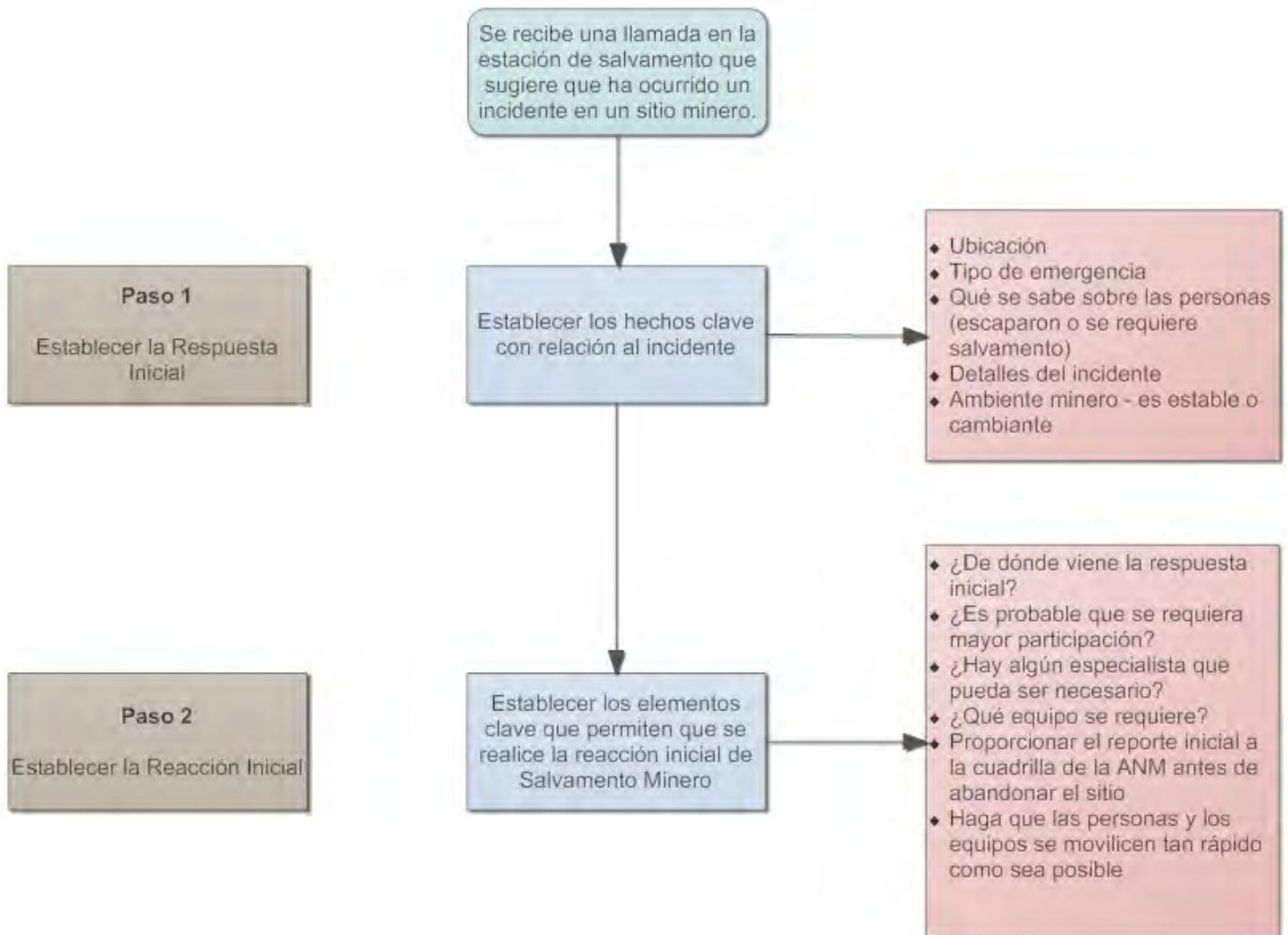
- Incendios subterráneos
- Explosiones subterráneas

- Control de suelo/deslizamiento
- Derrumbes
- Caídas de altura

Esta sección no tiene en cuenta los elementos que contribuyen a las principales amenazas mineras (especialmente incendios y explosiones subterráneas). Las áreas, por lo tanto, no cubiertas incluyen:

- Problemas mecánicos
- Problemas eléctricos

(Diagrama de Flujo de Evaluación de Incidentes, elaboración propia)



Entendimiento Inicial para la respuesta a un Incendio

Tabla 3.1 – 1 Tabla que muestra en mayor detalle el entendimiento inicial/respuesta inicial a un Incendio Subterráneo

La Estación de Salvamento Minero recibe una llamada que sugiere que se ha iniciado un incendio subterráneo en una de las minas		
Desarrollo del Entendimiento Inicial		
Ubicación	Personas	Evento
<ul style="list-style-type: none"> • ¿En dónde está la mina? • ¿Hay algún problema para entrar a la mina? • ¿En qué parte está el incidente subterráneo? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Los mineros han podido escapar por sí mismos? • ¿Hay alguna posibilidad de que los mineros puedan escapar por sí mismos? • ¿La mina ha podido dar cuenta de todos los mineros? • En los casos en que no se ha podido dar cuenta de todos los mineros, ¿sabemos quiénes son y en dónde habrían sido enviados a trabajar (o su última ubicación conocida)? • ¿Ha habido algún reporte subterráneo sobre las condiciones dentro de la mina? • ¿La gerencia de la mina ha podido interrogar a algunas de las personas que lograron escapar? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuándo comenzó el evento? • ¿Qué se incendió? • ¿Hay alguna posibilidad de que el incendio se consuma por sí mismo o es probable que siga ardiendo si no hay una intervención? • ¿La mina está haciendo algún esfuerzo para luchar contra el incendio? • ¿Cuáles son las lecturas ambientales subterráneas actuales? • ¿Cuál es la tendencia de las lecturas ambientales? (¿Está mejorando o empeorando?) • ¿Es probable que impacte a alguna otra mina con la que comparta un circuito de ventilación? • ¿La mina ha sido informada sobre el evento?
Desarrollo de la Reacción Inicial		
Personas	Equipos	Informe
<ul style="list-style-type: none"> • ¿A qué estaciones de la ANM se les pidió que respondieran? • ¿A qué personas de la ANM se les ha solicitado que respondan? • ¿La evaluación inicial indica que se puedan requerir personas adicionales? ¿Es probable que se extienda durante un periodo considerable? • ¿Qué tipo de salvamento minero tiene disponible la mina para el despliegue? • ¿Es probable que se pueda requerir mano de obra adicional de las minas vecinas? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tipo de equipo es más probable que se necesite? • ¿Hay equipo adecuado disponible con base en el entendimiento inicial del evento? • ¿Hay necesidad de hacer acuerdos alternativos para otros equipos? • ¿Hay necesidad de hacer una revisión a los equipos en el sitio de la mina? • ¿Qué se necesita para completar el mantenimiento de los equipos en el sitio de la mina? 	<ul style="list-style-type: none"> • Deje que la cuadrilla ANM sepa a lo que se pueden enfrentar cuando lleguen al sitio • Asegúrese que cualquier otro Servicio de Emergencia que pueda ser requerido esté informado y reportado • Solicite asistencia de otros sitios o de otros Servicios de Emergencia si se cree que pueden ser útiles o necesarios • Despliegue las cuadrillas de la ANM en el sitio de la mina tan rápido como sea posible

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

3.1.1 Incendio

Esta sección describe y revisa la información relacionada con los incendios. El personal de Salvamento Minero debe entender y considerar:

- cómo un incendio puede comenzar bajo tierra.
- los diferentes tipos de incendios y sus etapas de desarrollo.
- cómo se puede propagar.
- acciones que se pueden tomar con el equipo adecuado para extinguir el incendio.
- los efectos sobre la mina en caso que ocurra un incendio.

3.1.1.1 Definiciones

A continuación, algunas definiciones que permitirán un mejor entendimiento del contenido de esta sección.

Combustión	reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable, que va acompañada de desprendimiento de energía y habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.
Fuego	el estado o proceso de combustión en el cual sustancias se combinan químicamente con oxígeno en el aire y emiten luz brillante y calor
Punto de ignición	la temperatura más baja a la que hay suficiente vaporización de la sustancia (fuente de combustible) para que el vapor producido se encienda momentáneamente cuando está presente una llama
Gas de agua	gas potencialmente explosivo, que consiste típicamente de 45% monóxido de carbono, 45% hidrógeno más pequeñas cantidades de otros gases, incluyendo metano, dióxido de carbono y nitrógeno. Se forma cuando el agua se encuentra con o se rocía sobre un fuego de carbón muy caliente

Temperatura de ignición: la temperatura más baja a la cual el calor de la combustión del vapor ardiente es capaz de producir, a su vez, suficiente vapor para permitir que la combustión continúe. La temperatura de ignición debe ser lo suficientemente alta como para producir suficiente vapor para mantener la reacción de tal forma que la sustancia se siga quemando, independientemente de la fuente de ignición

Incendio Endógeno se genera como resultado de la tendencia a la combustión espontánea del carbón. Suele presentarse en mantos afectados por la presión tectónica que los ha fracturado, en las labores abandonadas o explotadas de manera incompleta

Humo se forma cuando, en ausencia de oxígeno dentro de ciertas zonas de la llama, los materiales que contienen carbono se descomponen por el calor y emiten productos de composición con apariencia de alquitrán y hollín que son transportadas por el aire. También se crea monóxido de carbono debido a combustión incompleta.

Gas pobre gas tóxico; típicamente consiste de una mezcla de 10% de dióxido de carbono, 74% nitrógeno y 15% monóxido de carbono, además de hasta 1% de otros gases, incluyendo metano. Formado por aire que pasa sobre carbones incandescentes.

Emergencia Minera situación que hace necesaria la evacuación o salvamento de personas de una mina y/o pone en riesgo las actividades mineras.

Auto-rescatador Es un aparato o equipo personal, de protección respiratoria, diseñado para escapar de atmósferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno (Art. 7 D. 1886, 2015)



3.1.1.2 Combustión

Para que ocurra un fuego, se requiere que estén presentes tres componentes principales:

- Oxígeno.
- Calor.
- Combustible.

Estos tres factores a menudo se refieren como el “Triángulo de Combustión” y se muestra en la siguiente Figura.

Figura 3.1 – 1 Triángulo de fuego



Fuente: BlogScout Gloria Eugenia Echavarría Consuegra

Si se elimina uno de los factores, el triángulo colapsa. Por lo tanto, no puede haber fuego, o un fuego existente se extinguirá.

El Oxígeno representa una quinta parte de la atmósfera a nuestro alrededor y por lo tanto se encuentra fácilmente disponible para mantener un fuego.

El Calor se requiere para aumentar la temperatura del combustible lo suficiente para que emita vapores inflamables que, al mezclarse con el aire, pueden iniciar un fuego.

El Combustible (una sustancia que se quema) puede estar en forma de sólidos, líquidos o gases. Tanto los sólidos como los líquidos, cuando se calientan de manera suficiente, emiten vapor o gas. Es este gas el que, al encenderse, emite la llama. Los gases, sin embargo, dado su estado natural, se pueden

encender sin necesidad de calentarse primero. También hay algunos líquidos, por ejemplo, gasolina, que se encienden, con una fuente de ignición, a bajas temperaturas porque se vaporizan muy fácilmente.

3.1.1.3 Tipos de incendio

Los incendios subterráneos se clasifican fundamentalmente en dos tipos, a saber, Incendios Endógenos e Incendios Exógenos.

Los Incendios Endógenos reciben su nombre por la manera como se inician y desarrollan, ya que el combustible y la fuente de calor están constituidos por el mismo elemento, esto es, el carbón propenso a presentar combustión espontánea, cuya génesis se describió en las definiciones de la sección 3.1.1.1.

Este documento describe las características de su inicio, su desarrollo, su detección, sus efectos en el ambiente de la mina y la forma de prevenirlo, combatirlo y controlarlo refiriéndolo también como combustión espontánea.

Toda mención, alusión, o referencia a combustión espontánea corresponde a incendios endógenos.

Con todo, se ha dedicado una subsección (3.1.4) a tratar de manera exclusiva la prevención, detección y control de los incendios endógenos. Algunos aspectos relacionados con el incendio endógeno tratados en las primeras subsecciones se reiterarán en la subsección especializada con el fin de que el lector cuente con toda la información pertinente en un texto continuo.

Por su parte, en los Incendios Exógenos la fuente de calor que inicia la combustión es externa al combustible. Suele iniciarse por la combustión de sustancias llevadas a la mina para usarse en la extracción del mineral, aunque, en el caso de las minas de carbón, puede presentarse la combustión del carbón mismo, iniciada por un agente externo y éste será también, un incendio exógeno. Los propietarios y operadores de minas deben considerar qué materiales son introducidos a la mina a fin de prevenir un incendio o inclusive una explosión.

3.1 Causadas por Incendios

Los Incendios Exógenos pueden, a su vez, clasificarse con base en el material en combustión. La materia hace ignición de forma diferente según el estado, sólido, líquido o gaseoso, de la sustancia combustible.

Figura 3.1 – 2 Tipos de fuego

TIPOS DE FUEGO		
		Madera, papel, cartón, tela, plástico etc.
		Pintura, gasolina, petróleo, etc.
		Equipos o instalaciones eléctricas.
		Sodio, potasio, magnesio, aluminio, titanio, etc.
		Grasas y aceites de cocina.

Fuente: Grupo RPVA Pablo Esteban Vargas Rios

Los sólidos cuando son pesados y densos, tales como vigas de madera, se queman más despacio que los sólidos finamente divididos como la viruta, por ejemplo, porque el área total de superficie expuesta es notablemente mayor, facilitando el inicio de la combustión. Hay casos de sólidos, en los cuales ocurre la combustión en la superficie con una película de líquido o de vapor en poca cantidad o no visible; en estos casos, el sólido se destruye por medio de un proceso lento de carbonización o fuego lento.

Los líquidos pueden calentarse lo suficiente con la temperatura del ambiente para producir vapores sin una fuente de calor adicional. Los líquidos a base de petróleo pueden vaporizarse a temperaturas muy bajas, pero en todo caso requerirán una fuente de ignición para quemarse y deben alcanzar su temperatura de ignición para hacerlo. Aceites pesados y grasas requieren calor adicional para iniciar la vaporización.

Los gases solo necesitan una chispa o pequeña llama que alcance la temperatura de ignición del gas para encenderse. Esto puede resultar en una explosión o incendio, cuya intensidad depende del volumen de gas y oxígeno disponible.

La clasificación de incendio por tipo de combustible, que es universalmente aceptada, establece las siguientes clases de incendio.

3.1.1.4 Fuentes de combustible

Como ya se mencionó, los combustibles se pueden dividir en tres tipos principales – sólidos, líquidos y gases. Más adelante describiremos los diferentes métodos para tratar según el tipo de combustible que se quema.

Los combustibles que pueden encontrarse bajo tierra, o bien son nativos (ocurren naturalmente), o son importados a la mina para ayudar con la extracción del carbón o mineral.

Ejemplos:

Nativos	Importados
Carbón (Incluido la Combustión espontánea)	Madera/madera cortada
Metano	Papel
Polvo de carbón	Grasas/aceites
Aceites/Alquitrán	PVC y productos plásticos
Minerales de sulfuro	Bandas transportadoras
Hidrocarburos volátiles	Diésel
	Pintura/solventes
	Neumáticos
	Baterías
	Gases comprimidos para quema/soldadura
	Explosivos

Idealmente, los materiales que se llevan a la mina deben ser seleccionados cuidadosamente, teniendo en cuenta sus propiedades físicas. Algunos de los materiales usados pueden ser resistentes al fuego por especificación de su fabricante, para minimizar el riesgo de incendio o su propagación. Se debe evitar el uso bajo tierra de materiales inflamables innecesarios, tales como empaques de alimentos y papel periódico o se deben almacenar de manera segura hasta que puedan ser removidos de la mina.

Según se indicó anteriormente, ningún combustible arderá sin oxígeno, del que usualmente existe un abundante suministro disponible en el aire que respiramos. Sin embargo, la minería subterránea proporciona oportunidades ideales para que el contenido de oxígeno sea distinto en la atmosfera de diferentes partes de la mina,

Por ejemplo, en las zonas ya explotadas de la mina y abandonadas o selladas donde no hay ventilación, habrá un contenido de oxígeno reducido. La oxidación remueve el oxígeno del aire y deja una proporción mayor de otros gases, principalmente nitrógeno y dióxido de carbono, aunque se pueden encontrar otros gases tóxicos, tales como monóxido de carbono

También se sabe que las concentraciones mínimas de oxígeno que se requieren para que la combustión de un material se mantenga en el tiempo son diferentes para cada material combustible. La combustión puede continuar con niveles extremadamente bajos de oxígeno. Esto es particularmente cierto con la combustión espontánea del carbón. En general, los combustibles dejarán de quemar como llama abierta a medida que se reduce el contenido de oxígeno, los líquidos lo harán relativamente pronto y más tardíamente los sólidos. Estos hechos, como se describe a lo largo de esta sección, se pueden utilizar para extinguir los incendios subterráneos.

3.1.1.5 Fuentes de ignición

Las fuentes potenciales de ignición de incendios subterráneos se pueden dividir en varias categorías:

- conversión de energía mecánica en calor
 - a) calor generado por la fricción de los rodillos de las bandas transportadoras, por el equipo mecánico o por motores de combustión interna.
 - b) ignición del metano por fricción entre rocas que se golpean y producen chispas incendiarias (también incluye rocas duras que golpean acero oxidado como rocas que caen o ruedan por un inclinado).
- conversión de energía eléctrica en calor
 - a) corto circuito y sobrecarga.
 - b) descarga o arco eléctrico.
 - c) baterías - ver (a) y (b).
- calor generado por reacción química
 - a) combustión espontánea
 - b) explosivos o detonadores
 - c) fumar o materiales combustibles ingresados subrepticamente
 - d) uso de aleaciones de aluminio/magnesio
 - e) uso de oxiacetileno para corte y soldadura bajo tierra
 - f) reacción catalítica de plásticos de componente múltiple para refuerzo de suelo o soporte
- Incendios forestales en las áreas aledañas a la mina.

Los sistemas de bandas transportadoras son particularmente propensos a incidentes de fuego y se deben inspeccionar y someter a mantenimiento regularmente. Esos incendios se pueden evitar o por lo menos reducirse bastante, dado que las fuentes de ignición deben mantenerse por bastante tiempo para dar inicio a un fuego. Las bandas utilizadas bajo tierra deben estar conformadas por materiales resistentes y retardantes del fuego. Se pueden colocar dispositivos protectores que corten el suministro de energía eléctrica o de monitoreo que generen una alerta temprana de presencia de calor o productos de la combustión en todo el equipo mecánico y eléctrico. Los sistemas de monitoreo de monóxido de carbono



3.1 Causadas por Incendios

se utilizan usualmente en bandas transportadoras para advertir sobre calor por fricción.

El uso bajo tierra de equipo de oxiacetileno en cualquier forma de minería subterránea se debe controlar y solo se permite bajo supervisión.

3.1.1.6 Riesgos de incendios subterráneos

Las características particulares de la minería hacen que las operaciones de lucha contra el fuego subterráneo difieran de las operaciones normales en superficie, a pesar que los medios disponibles para combatir los incendios subterráneos, con algunas excepciones, son los mismos que para fuegos superficiales. Los incendios subterráneos tienen el potencial de causar muchas víctimas mortales, incluyendo a aquellos que intentan apagarlo. Las características de minería subterránea incluyen:

- la mina es una serie de vías y túneles por los cuales circula el aire, aumentando el riesgo en la medida en que las vías actúa como chimeneas.
- el riesgo de gases tóxicos y asfixiantes que invaden la mina a través del circuito de ventilación durante un incendio poniendo en peligro a trabajadores y personal en general que no se encuentran cerca al incendio.
- riesgo de alteraciones en el sistema de ventilación por flotación o constricción.
- riesgos por disminución de la visibilidad ante la presencia de humo.
- riesgo por aumento de la temperatura en las áreas cercanas al foco principal del incendio.
- el riesgo de explosión por gas o polvo de carbón que puede causar gran pérdida de vidas.
- riesgo de combustión espontánea del carbón.
- difícil acceso desde la superficie por medio de túneles de baja altura o muy empinados para los socorredores y equipo contra incendios.

Las consecuencias de un incendio subterráneo pueden ser catastróficas para aquellos que trabajan más allá del sitio del fuego siguiendo la dirección de la ventilación. El fuego se debe detener rápida (pocos minutos después de su inicio) y adecuadamente en

sus primeras etapas. Sin embargo, los propietarios y los operadores de minas deben mantener políticas integrales de prevención de incendios para reducir a un mínimo absoluto el riesgo de que se inicie un incendio. También deben proporcionar medios rápidos y efectivos de detección y contramedidas en las primeras etapas en caso que un incendio comience.

Un pequeño incendio también se puede convertir en un incendio severo que evita la evacuación de aquellos que trabajan bajo tierra generando gran cantidad de víctimas mortales. Esta situación puede surgir algunas veces antes que los Equipos de Rescate lleguen a la mina, lo cual puede hacer que su papel para salvar vidas no pueda llevarse a cabo. Por lo tanto, los primeros en responder a menudo suelen ser los mineros mismos, quienes deben estar capacitados en la lucha contra incendios para ser más efectivos y mantener su seguridad.

3.1.1.7 Gases producidos por la combustión de carbón

La combustión espontánea es una fuente particular de incendios subterráneos, donde el calor es generado por una reacción química entre el carbón y el oxígeno en el aire. Algunos materiales y sustancias, incluyendo la mayoría de tipos de carbón, comenzarán a oxidarse cuando sean expuestos al aire. Cuando hay una cantidad suficiente de oxígeno para hacer que la sustancia se oxide y emita calor, pero hay un flujo de aire insuficiente para alejar el calor, la temperatura aumentará, lo que, a su vez, producirá un aumento en la velocidad de oxidación, en la velocidad de producción de calor y en la velocidad del aumento de la temperatura. Si esto no se corrige podría dar lugar a una combustión espontánea. Las sustancias con mayor superficie expuesta al medio ambiente, como las partículas finas de carbón, se calentarán más rápido que aquellas divididas en grandes fragmentos. Los cambios estacionales de humedad en la mina también pueden representar otra fuente de calor al igual que el calor de condensación.

En este caso, la sustancia es a la vez el combustible y la fuente de ignición. Mientras que las minas de carbón con mantos que tienen una tendencia a la



combustión espontánea deben aplicar principios de control de riesgos, dicha combustión espontánea puede producirse en cualquier mina donde haya una acumulación de aserrín, trapos impregnados de solventes y sustancias orgánicas apiladas. Una buena limpieza puede prevenir esta situación.

Cuando se produce una combustión espontánea de carbón o cuando el manto de carbón se calienta por un incendio, los productos de la oxidación varían entre monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), vapor de agua e hidrógeno. Hay otros gases que solo pueden ser medidos mediante el análisis de muestras de aire en el laboratorio. También es posible observar efectos físicos a medida que la reacción química continúa. Los administradores de las minas de carbón que son propensas a la combustión espontánea y los trabajadores de salvamento minero deben contar con capacitación suficiente para poder reconocer los cambios físicos que se mencionan a continuación y medir las concentraciones de los gases mencionados antes en este párrafo y establecer su tendencia a través del tiempo.

Cambios físicos asociados con la presencia de combustión de carbón en la mina:

Sudor	El proceso de oxidación emite vapor de agua que puede condensarse en forma de gotas sobre superficies metálicas o rocosas.
Olor	la detección humana se basa en el reconocimiento de los olores asociados con las fases de combustión - olor a humedad - olor a parafina - olor a gasolina, a medida que el calor aumenta.
Niebla	cuando el aire húmedo entra en contacto con aire más frío puede formar una niebla visible.
Humo	se hace visible en las inmediaciones del fuego.

Superficies calientes se presentan en zonas aledañas al área afectada por un fuego que puede estar presente, incluso al interior del macizo en el que se detecte la superficie caliente.

Es necesario implementar un sistema de vigilancia eficaz en una etapa temprana. El mejor y más fácil indicador es el cambio (aumento) en la concentración de monóxido de carbono con el tiempo (tendencia). Estas mediciones pueden ser tomadas por monitores permanentes, mediante multidetectores de gases o tomando muestras de aire para su posterior análisis detallado en el cromatógrafo de gases. Este último método proporcionará información más detallada de los gases presentes.

A excepción del metano, todos los demás gases producidos son el resultado de la combustión espontánea que se desarrolla. Los análisis continuos de muestras de aire les proporcionarán información importante que puede ser utilizada en la mina, por los encargados de la seguridad. Todos los gases producidos por el calentamiento de carbón son tóxicos o inflamables o asfixiantes, por lo tanto, de manera invariable producen en algún momento una atmósfera irrespirable y potencialmente explosiva.

Los primeros investigadores que realizaron análisis de los gases producidos en las minas por la combustión de carbón hicieron hincapié en la importancia del monóxido de carbono. Se estableció que los cambios en la concentración de monóxido de carbono son el mejor indicador de la situación de una combustión de carbón y esto conllevó a la utilización de un número de índices y tasas que son calculadas a partir del análisis de los gases de la mina. Tales índices y tasas resultan útiles en la determinación del progreso de la combustión espontánea y de su magnitud.

La relación entre la proporción de monóxido de carbono y la deficiencia de oxígeno medidos en el aire de la mina proporciona información adicional y, con frecuencia, más específica sobre los procesos de oxidación que se presentan durante las primeras etapas de la combustión espontánea del carbón que puede convertirse en un incendio activo. Puesto que se compara la tasa de producción de monóxido de



carbono con la tasa de consumo de oxígeno por el material en combustión, la relación resultante es independiente de la cantidad de material. Proporciona una guía de la intensidad media (fundamentalmente la temperatura) del proceso y por lo tanto directamente del peligro incipiente. Pero es mejor usar estos índices como un factor de evaluación adicional y no como un sustituto del registro directo de la producción de monóxido de carbono y de la evolución de la concentración de este gas con el paso del tiempo.

Un punto importante que respalda el valor de la relación de CO/deficiencia de oxígeno es que, debido a su naturaleza, es independiente de la dilución de la muestra por aire o metano. Sin embargo, no es independiente de la dilución por *blackdamp* o nitrógeno (aire sin oxígeno). La relación de CO/deficiencia oxígeno tiene una limitación en algunos casos que radica en la dificultad de determinar la deficiencia de oxígeno con una precisión suficiente. La manera de hacer el cálculo se muestra a continuación.

Cálculo de la deficiencia de oxígeno y de la relación de monóxido de carbono/deficiencia de oxígeno

Considere una muestra que contiene 19,20% de oxígeno, 78,80% de nitrógeno y 0,0090% de monóxido de carbono. En 100 partes de aire fresco, 79,03 partes de nitrógeno se encuentran asociadas con 20,93 partes de oxígeno. Por lo tanto, las 78,80 partes de nitrógeno en la muestra deben estar asociadas con

$$\frac{20,93}{79,03} \times 78,80 = 20,87 \text{ partes de oxígeno.}$$

La deficiencia de oxígeno en 100 partes de la muestra es por tanto igual a $20,87 - 19,20 = 1,67\%$ y la relación de monóxido de carbono/deficiencia de oxígeno es

$$\frac{0,0090}{1,67} \times 100 = 0,54\%$$

Se trata de un análisis completo de la muestra de aire de la mina; a partir de este, el contenido de nitrógeno se determina por diferencia. Luego se calcula el oxígeno que estaría asociado con el nitrógeno en el aire fresco. La diferencia entre este valor y el contenido de oxígeno determinado a partir de la muestra, arroja la deficiencia de oxígeno. Este procedimiento implica un error analítico del orden de 0,5% o superior. Cuando el contenido de metano en

la muestra es alto, como puede ser el caso en un recinto sellado, puede derivarse un pequeño error adicional de la presencia de nitrógeno asociado con metano en el gas que se encuentra en los estratos geológicos. De ello se deduce que con una insuficiencia de oxígeno del 0,2% o menos puede haber un error indeterminado en el cálculo de la relación. Se recomienda por lo tanto que la relación sea utilizada únicamente con una gran precaución cuando se trata de niveles bajos de deficiencia de oxígeno.

Cuando el nitrógeno ha sido utilizado para el control de la combustión espontánea por inertización de la atmósfera en la zona del incendio, procedimiento que se describirá más adelante, la relación de monóxido de carbono/deficiencia de oxígeno se invalida. Bajo estas circunstancias puede hacerse uso de la relación de monóxido de carbono/metano para supervisar el proceso de oxidación (Ver la tabla en sección de 3.1.1.10 de Mackenzie-Wood).

3.1.1.8 Gases producidos por incendios

Los incendios subterráneos producen daños, humo, gases tóxicos y cambios en la ventilación.

El humo varía en cantidad y densidad de acuerdo con los materiales quemados. Sin embargo, se necesita muy poco humo para impedir la visión en una vía de la mina y puede resultar atemorizante, lo que contribuye a un efecto psicológico adverso. Las personas deben ser retiradas muy rápidamente cuando se ha detectado humo.

Los gases tóxicos que se producen varían con la intensidad del incendio y los materiales involucrados, pero el gas tóxico principal es el monóxido de carbono (CO); otros gases como el dióxido de carbono (CO₂), el hidrógeno (H₂) y el metano (CH₄), siendo asfixiante el primero y explosivos los dos siguientes, también pueden estar presentes con algunas pequeñas cantidades de hidrocarburos. Los equipos de aut-rescate suministrados a todas las personas ofrecen protección para escapar.

La ventilación se ve afectada por el calor generado. Un incendio abierto severo, esto es, con llama abierta y de alta intensidad, puede tener un profundo efecto

en la ventilación por el aumento en el volumen de los gases y el efecto de flotabilidad dado por el menor peso de los gases calientes en comparación con el aire normal de la mina.

La composición de los gases producidos por un incendio variará a medida que el fuego avanza y dependerá del flujo de la ventilación.

La presencia de humo indicará un contenido de oxígeno inferior al normal y generalmente conllevará a un aumento en el contenido de dióxido de carbono junto con monóxido de carbono que es muy tóxico. En muy poco tiempo el humo y los gases tóxicos de un incendio pueden contaminar tramos largos de las vías subterráneas y hacer que el único medio de escapar sin protección respiratoria sea por medio de las vías de ingreso de la ventilación. Escapar por las vías de retorno de la ventilación puede presentar el caso de que la velocidad del flujo de aire sea mayor que la velocidad a la que los hombres pueden viajar, entonces existe el riesgo de que los gases alcancen a las personas que están siendo evacuadas y se vean afectadas por el gas tóxico.

El monóxido de carbono es el resultado de una combustión incompleta y se encuentra en la mina debido no solo a los incendios sino también por la oxidación del carbón u otros materiales carbonosos, la combustión espontánea, emisiones de escape de motores y uso de motores diésel o después de un incendio o explosión. A medida que el gas se produce naturalmente mediante la oxidación, se pueden encontrar pequeñas cantidades en la atmósfera de la mina (generalmente de 5 a 10 ppm). Esto se conoce como la "norma de CO" para el sector o para la mina. Bajo circunstancias normales, este nivel permanecerá constante. No obstante, si la norma empieza a aumentar, entonces puede indicar el inicio de una combustión espontánea o un incendio potencial, y se debe iniciar una investigación inmediata para determinar la causa de este aumento.

El monóxido de carbono se produce en cantidades considerables por incendios subterráneos y explosiones de metano y polvo de carbón, cuando en algunos casos se le llama "gas posterior" o "gas blanco". En el caso de incendios, la producción de CO

será relativamente pequeña en un comienzo, pero puede alcanzar proporciones letales si el incendio se establece. Por el contrario, una explosión de metano y/o polvo de carbón puede producir niveles de monóxido de carbono de entre el 6 % y el 7 % instantáneamente. Siempre estará presente si se puede ver humo. Es un peligro para la vida que nunca se resalta lo suficiente, y es particularmente peligroso para los trabajadores de salvamento, quienes siempre deben monitorear su presencia y proporción. El monóxido de carbono es extremadamente tóxico y es letal para la vida cuando se respira, incluso en pequeñas cantidades, durante un lapso suficiente de tiempo. La naturaleza tóxica del monóxido de carbono se debe a su disposición para combinarse con la hemoglobina, con la cual entra en contacto al inhalarse: la hemoglobina de la sangre tiene una mayor afinidad con el monóxido de carbono que con el oxígeno, el cual se combina con la hemoglobina creando un compuesto inestable (oxihemoglobina) y, a medida que la sangre pasa por el cuerpo, la sustancia se descompone, dando a los tejidos el oxígeno que necesitan, y generando la oxidación de las impurezas de los tejidos que pasan a la sangre en la forma de dióxido de carbono y humedad. El efecto de respirar monóxido de carbono es convertir la hemoglobina de la sangre en carboxihemoglobina (compuesto rosado claro) la cual no es capaz de suministrar oxígeno a los tejidos del cuerpo, un efecto que genera incapacidad física e incluso, la muerte, según el nivel de saturación de la sangre por este gas. Los experimentos muestran que la intensidad de la intoxicación por monóxido de carbono depende de la cantidad de gas presente, el tiempo durante el cual la persona esté expuesta al gas y la condición física de la persona

Durante muchos años se han llevado a cabo diversas investigaciones con respecto a los gases producidos por los incendios de minas, su variabilidad con respecto al tipo de combustible y la disponibilidad o no de un suministro continuo de oxígeno durante el proceso de combustión. A excepción del metano que, con gran probabilidad, se encuentra siempre presente en las minas de carbón, todos los demás gases son productos del incendio. En algunos casos habrá hidrógeno, metano, dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno presente junto con cantidades



3.1 Causadas por Incendios

considerables de monóxido de carbono. Ha habido muchos incidentes en todo el mundo donde las personas han muerto sin haber podido escapar a tiempo de tales atmósferas en el recorrido de retorno de un incendio subterráneo.

Un ejemplo muy representativo de esta situación ocurrió en el año 1959 en Auchengeich Colliery, Escocia, 47 hombres murieron por asfixia en un tramo de ventilación de retorno, debido a la intoxicación por el monóxido de carbono contenido en el humo de un incendio que se originó en la correa de transmisión de un ventilador de refuerzo subterráneo, el cual se extendió a los soportes de madera y el revestimiento utilizado como soporte del techo. Los trabajadores hicieron uso del mecanismo de transporte de personal consistente en coches y malacate para escapar del humo del incendio, pero murieron durante

Tabla 3-1 – 2 Características de los gases producto de un incendio

Gas	Gravedad Específica	LTEL	STEL	Limites. Explosividad	Riesgos
Metano	0,55			5 – 15	Asfixia Explosivo
Monóxido de Carbono	0,97	30 ppm	200 ppm	12 - 74	Tóxico Explosivo
Sulfuro de Hidrógeno	1,17	5 ppm	10 ppm	4,3 - 43	Tóxico Explosivo
Hidrógeno	0,07			4 - 74	Explosivo

Fuente Mines Rescue Service Ltd

el trayecto de 8 minutos hasta la terminal donde habrían podido escapar al aire fresco. Es posible que hubieran sobrevivido si hubieran llevado equipos de auto-rescate.

Las siguientes referencias resultan útiles si se requiere de conocimiento científico detallado de los gases producidos por incendios subterráneos:

Sealing-off Fires Underground – The Institution of Mining Engineers, 1985.

A Manual on Mines Rescue, Safety and Gas Detection - Strang J + Mackenzie-Wood P, 1990.

Review of Practices for the Prevention, Detection and Control of Underground Fires – SIMRAC.

Mine Fires: Prevention, Detection, Fighting 3rd ed. – Donald W. Mitchell, Chicago, IL: Intertec Pub., 1996.

3.1.1.9 Explosividad de los gases producidos por incendios

Cuando cualquier sustancia que contiene carbono se quema y hay una gran cantidad de oxígeno disponible, el carbono reaccionará completamente para formar dióxido de carbono, un gas inerte. Sin embargo, si no hay suficiente oxígeno disponible, se producirá una combustión incompleta que formará monóxido de carbono, un gas extremadamente tóxico. Este gas es un poco más ligero que el aire y puede ser explosivo en sí; su punto más explosivo corresponde a una concentración del 29% en volumen. Se quemará a altas temperaturas y en presencia de oxígeno para formar dióxido de carbono.

Los incendios producen gases tóxicos e inflamables que forman mezclas con otros gases inflamables como el metano. El metano y otros hidrocarburos presentes en algunas minas, representan el mayor riesgo durante el desarrollo de incendios por lo que es necesario controlar sus concentraciones a fin de prevenir explosiones mientras se intenta controlar un fuego.

Sin embargo, las medidas adoptadas para luchar contra el incendio pueden contribuir a producir un cambio en la composición de los gases. La aplicación de agua sobre una sustancia incandescente puede producir la descomposición de la misma y causar la formación de gas de agua, especialmente rico en hidrógeno, un gas explosivo.

Límites de inflamabilidad



Los gases inflamables y el aire reaccionarán juntos solo cuando la proporción de gas con respecto al aire se encuentre dentro de un determinado rango; esto es, dentro de los límites de inflamabilidad “superior” e “inferior”. Los límites de inflamabilidad superior e inferior de una mezcla gas - aire varían de acuerdo con el tipo de gas en cuestión:

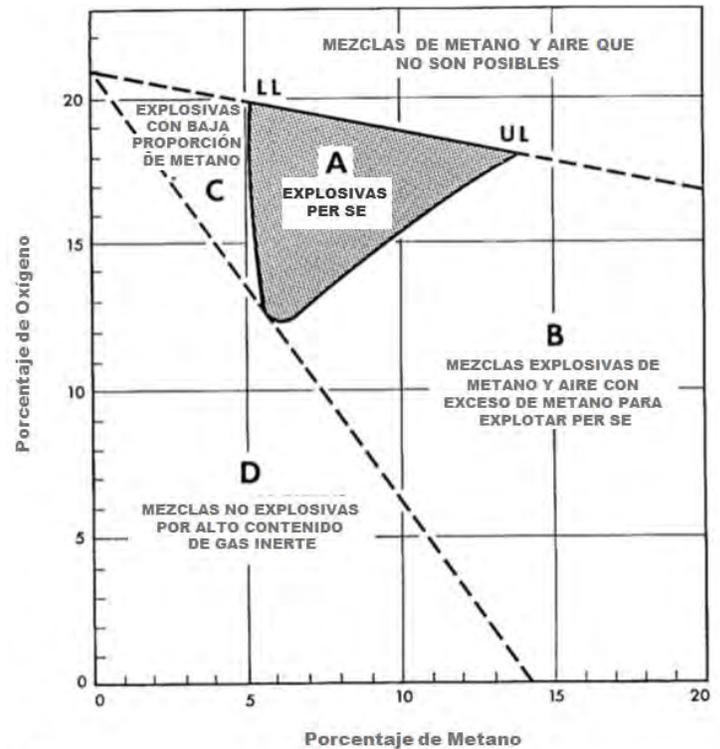
- para mezclas de metano - aire, el límite superior es 15% y el inferior 5%,
- para mezclas de hidrógeno - aire, el límite superior es 74% y el inferior 4%, y
- para mezclas de monóxido de carbono - aire, el límite superior es 74% y el inferior 12%.

Es posible estimar si la atmósfera de la mina es inflamable o puede llegar a serlo observando la evolución de la proporción de los gases inflamables en el aire.

Metano

La siguiente figura muestra de manera simple y fácil la variación de la inflamabilidad de la atmósfera en función de los cambios de concentración de los gases metano y oxígeno, cuando el único gas combustible presente es el metano. Esta figura se conoce como “Triángulo de Coward”.

Figura 3.1 – 3 Triángulo de Coward



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Este diagrama, el cual expresa la composición de la atmósfera en cuanto a su contenido de metano y oxígeno (correspondiendo el porcentaje faltante a monóxido de carbono y a gases inertes como el nitrógeno), muestra la constancia del límite inferior de inflamabilidad en contraste con la fuerte reducción en el límite superior de inflamabilidad a medida que el contenido de oxígeno disminuye. La curva mostrada corresponde a nitrógeno como el principal gas inerte presente, pero no sería muy diferente si en dicho gas inerte principal el dióxido de carbono conformara una proporción significativa. Las atmósferas con una composición explosiva se encuentran dentro de un triángulo invertido cuya base es la línea entre los puntos LL y UL que representan los límites de inflamabilidad inferior y superior del metano en el aire, y cuyo vértice o “nariz” se encuentra fijado por el acercamiento del límite superior al límite inferior a medida que el porcentaje de oxígeno disminuye. El diagrama muestra claramente las composiciones que:

- son explosivas de por sí, representadas por el área identificada con la letra A

3.1 Causadas por Incendios

- b) pueden volverse explosivas en dilución con el aire, representadas por el área identificada con la letra B.
- c) en una dilución reducida con el aire, representadas por el área identificada con la letra C y,
- d) que no pueden formar una mezcla explosiva con el aire debido al alto contenido de nitrógeno o al bajo contenido de metano, representadas por el área identificada con la letra D.

Cuando el principal gas inflamable presente en la atmósfera es el metano, como sucede a menudo en áreas selladas o aisladas de la mina, el diagrama es útil para ubicar en él las concentraciones de los gases que se midan sucesivamente y así, establecer la inflamabilidad probable de la atmósfera, la tendencia de su evolución y los posibles cambios que ello pueda generar en las condiciones generales de la mina.

Uso de los límites de inflamabilidad

Conociendo los límites de inflamabilidad de los gases es posible, no solo estimar la inflamabilidad de la atmósfera y hacer seguimiento a sus cambios con el tiempo sino también pronosticar su tendencia futura. Sin embargo, para hacer esto con seguridad, es necesario comprender la naturaleza de los cambios en la atmósfera que sean revelados por muestras sucesivas o que puedan preverse como resultado de las operaciones que se desarrollan.

Es posible que estos cambios sean debidos a:

- a) dilución con el aire,
- b) la absorción de oxígeno,
- c) la emisión de metano,
- d) la generación de "gases de incendio" que se producen por separado o en conjunto, y
- e) la condensación de vapor de agua.

La interpretación de estos factores y la valoración de sus posibles efectos en la tendencia de inflamabilidad son tareas complejas y difíciles que requieren conocimientos y experiencia científica especializada. Una vez se han adquirido dichos conocimientos y experiencia o se han utilizado especialistas de otros

lugares, estos cálculos pueden ser utilizados para ofrecer:

- i. una indicación de la naturaleza y la duración probable del peligro inmediato;
- ii. una estimación de la magnitud y duración de los períodos de peligro;
- iii. una advertencia de la proximidad de una atmósfera inflamable a un incendio u otra potencial fuente de ignición brindando por lo tanto orientación sobre la conveniencia de mantener el flujo de ventilación existente; y
- iv. orientación acerca de los mejores métodos para evitar condiciones peligrosas.

La experiencia en la lucha contra los incendios subterráneos varía, pero los dos mayores peligros para la vida que surgen de los gases producidos inmediatamente después de un incendio o una explosión en una mina, corresponden a la intoxicación con monóxido de carbono y a la asfixia en una atmósfera pobre en oxígeno.

3.1.1.10 Interpretación del estado de un incendio subterráneo

En las secciones anteriores se han indicado las distintas etapas del desarrollo de los incendios de minas y los diferentes gases que pueden ser producidos de acuerdo con la etapa en particular de desarrollo del incendio.

Con pocas excepciones, el riesgo de explosión derivado de los incendios en minas es el resultado de una acumulación de metano, al que se adicionan en algunos casos, el monóxido de carbono y el hidrógeno producidos por el fuego mismo. Los gases del incendio rara vez se forman en grandes cantidades debido a un fuego abierto en presencia de un exceso de aire, ya que estos gases se queman en el fuego. Sin embargo, cuando el fuego se encuentra bien desarrollado y hay una abundancia de materiales calientes, estos gases son transportados por la ventilación y se acumulan en cantidades suficientes como para representar un peligro grave, por lo general en las áreas hacia donde fluye la ventilación después del sitio del incendio. En esta etapa resulta



conveniente evitar cambios bruscos en los flujos de tiempo transcurrido para que los gases viajen a través

Indicadores de la evolución de un incendio o calentamiento (Mackenzie-Wood, 1985)	
Relación de Graham (CO/deficiencia de O ₂)	<p>< 0,4: normal</p> <p>0,5: sospechoso</p> <p>1,0: calentamiento probable</p> <p>2,0: calentamiento serio</p> <p>3,0: incendio activo</p>
Producción de CO ₂ y relación CO ₂ /deficiencia de O ₂	Si la producción de CO ₂ es insignificante, la relación de CO ₂ /deficiencia de O ₂ indica que la combustión espontánea alcanzó su punto máximo y que disminuye hacia su extinción.
Producción de CO y relación de CO ₂ /CH ₄	Si la producción de metano es razonablemente constante, esta relación es útil cuando se emplea la inyección de nitrógeno.
Relación de CO/CO ₂	Este es un buen indicador de temperatura hasta 12°C, excepto cuando el CO ₂ es un gas normal en el manto.
N ₂ /(CO + CO ₂)	Este es un buen indicador de la temperatura, pero no es posible utilizar la función diatómica cuando se inyecta nitrógeno.

ventilación o la reversión de la ventilación en sí.

El muestreo o la vigilancia de la composición del aire de la mina permiten a las personas que están manejando una emergencia, que involucre un incendio subterráneo, evaluar el área de la mina que ha sido afectada por el incendio y desplegar equipos de rescate a lugares seguros.

El empleo de ayudas de monitoreo – haces tubulares, puntos de monitoreo remotos de gases o muestras de aire tomadas por los socorredores – pueden permitir que ellos, con la ayuda de expertos, determinen el tipo de combustibles que se está quemando y su etapa de combustión.

El estado real de un incendio subterráneo abierto, o incluso de combustión espontánea, puede ser determinado por medio de un análisis de los gases producidos por la combustión.

En caso de que no exista la posibilidad de tomar muestras o mediciones de concentración de gases del incendio cerca del sitio en que se desarrolla, las muestras tomadas del aire de retorno que sale a la superficie, pueden ser utilizadas para determinar tales concentraciones. Debe tenerse en cuenta el

del circuito de ventilación o a través del haz de tubos de muestreo que más adelante se describirá, hasta alcanzar la superficie.

El objetivo de esta vigilancia es determinar:

- el estado del incendio o combustión espontánea,
- la posibilidad de una explosión,
- las medidas que pueden ser tomadas por los equipos de rescate para salvar vidas o intentar controlar el fuego, y
- cuándo es posible volver a entrar con seguridad a un área de la mina.

Tabla 3.1 – 3 Indicadores de la evolución de un incendio

Fuente: Mackenzie – Wood 1985

Hay un número de métodos y técnicas que son utilizadas para determinar la explosividad de una atmósfera subterránea utilizando muestras de gas. Un método común es que con base en el diagrama de Coward para metano, se traza el equivalente para gases combustibles totales. En todo el mundo se han desarrollado modificaciones al diagrama de Coward, en su mayoría variantes más complejas, con el fin de determinar un índice de explosividad – lo que permite



entender si la atmósfera subterránea se encuentra en el rango de explosividad. Se requiere de experiencia considerable para analizar e interpretar la información correctamente.

Hay una serie de relaciones de los diversos gases que también pueden ser utilizadas. La cantidad considerable de investigación durante muchos años por parte de científicos ha producido numerosos indicadores y técnicas que permiten abordar las cuestiones más importantes de un incendio subterráneo. Se recomienda el trabajo desarrollado en Nueva Gales del Sur, Australia por Mackenzie-Wood (Servicio de Rescate en Minas NSW) como referencia.

Evaluación del progreso de un incendio y de la combustión espontánea

Los métodos disponibles para la evaluación del desarrollo y extinción de la combustión espontánea y de los incendios son similares a los utilizados para hacer seguimiento de sus primeras etapas de desarrollo, pero con un alcance más amplio debido a la mayor magnitud de los cambios que se producen. Así, mientras que el monóxido de carbono sigue proporcionando el criterio que resulta generalmente más útil en la evaluación del estado del incendio, es posible obtener información adicional a partir de los cambios en la cantidad de dióxido de carbono presente – a medida que estos se hacen más grandes en relación con las cantidades generadas por otras causas. Asimismo, los incendios activos pueden generar productos de destilación reconocibles, principalmente “gases de incendio” inflamables o incluso, en ocasiones, gas pobre o gas de agua que contiene proporciones considerables de hidrógeno.

Los métodos generales para comparar y evaluar las muestras de aire de minas, los cuales se describieron anteriormente con respecto al monóxido de carbono durante las primeras etapas de desarrollo de la combustión espontánea y de los incendios, resultan igualmente aplicables a otros gases en las etapas de desarrollo y no es necesario repetirlos. Solo los procedimientos adicionales que pueden llegar a ser

aplicables durante el desarrollo posterior de la combustión espontánea o el fuego serán tratados aquí. Salvo que se indique lo contrario, estos serán aplicados a las muestras tanto del cuerpo principal de la ventilación como del aire de las áreas selladas o aisladas con tabiques.

Monóxido de carbono

La tasa de producción de monóxido de carbono, y en particular su proporción con respecto a la tasa de absorción de oxígeno, proporciona la guía más específica sobre el estado de un incendio. Una orientación sobre cómo interpretar los resultados de la relación entre la concentración de monóxido de carbono y la deficiencia de oxígeno, esto es, dividir la concentración de CO entre el valor de la deficiencia de O₂ (CO/Deficiencia de O₂) en el curso de una combustión espontánea o de un incendio es la siguiente. Un pequeño aumento sostenido en el valor normal de la relación (que puede estar entre 0,1 y 0,5%) debe ser considerado como una advertencia de una fase inicial de combustión espontánea. Los aumentos del orden de 0,5 a 1% indican la certeza de la presencia de combustión espontánea o incendio serio. Se debe recordar que las relaciones observadas no reflejan las peores condiciones presentes porque los gases son medidos a cierta distancia de la zona del incendio o de la combustión espontánea.

A medida que la intensidad del incendio aumenta, la proporción puede elevarse a un valor tan alto como un 10% o más. Las relaciones más altas pueden indicar la presencia de gas pobre o, cuando se asocia con hidrógeno, gas de agua, que se forma por el paso de aire o agua, respectivamente, sobre el material altamente incandescente. También debe tenerse en cuenta la posibilidad de formación de monóxido de carbono e hidrógeno por explosión.

Dióxido de carbono y relación de dióxido de carbono/deficiencia de oxígeno

La cantidad normal de dióxido de carbono en el aire de la mina antes de un evento de combustión espontánea o incendio debe ser conocida con cierto detalle antes de que pueda ser utilizada para proporcionar evidencia de la evolución de una combustión espontánea. Si se dispone de los valores

históricos o si son tan pequeños que pueden no ser tenidos en cuenta, es posible graficar la producción de dióxido de carbono y la relación de dióxido de carbono/deficiencia de oxígeno en la sección de la mina afectada o muestreada y por lo tanto conocer la magnitud e intensidad del calentamiento a medida que avanza a su máximo y entonces disminuye hacia su extinción.

Monóxido de carbono o relación de dióxido de carbono/metano

Un método general de estimación de la tasa de generación de un gas específico consiste en determinar la relación que tiene con otro gas componente también del medio donde se mezclan. En la aplicación de este concepto al aire de una mina, si fuese posible suponer que la composición de metano es casi constante para una sección en particular, la tasa de producción de monóxido de carbono y dióxido de carbono puede conocerse mediante el estudio de las relaciones de las concentraciones de estos gases con respecto a la concentración de metano. Estas relaciones, y en particular la del monóxido de carbono con respecto al metano, han resultado útiles en el seguimiento del proceso de oxidación durante la inertización de nitrógeno. Hay que subrayar que ninguno de los parámetros discutidos anteriormente proporciona una medida precisa o segura del progreso de la combustión espontánea o incendio. Toda la evidencia disponible debe ser examinada antes de llegar a una conclusión.

En la Tabla 3.1 - B se indican estas relaciones y sus respectivos índices (producidos por Mackenzie-Wood, N.S.W. Australia).

Ausencia de llama

La llama de la combustión normalmente cesa cuando el oxígeno en la atmósfera circundante se reduce por debajo del 12%, pero esta disminución en la llama abierta es tan solo la primera etapa en la extinción del incendio. Una atmósfera con un contenido de oxígeno mucho más bajo puede ser suficiente para mantener la incandescencia de materiales combustibles sólidos, mientras que puede persistir un fuego lento, latente, con porcentajes muy bajos de oxígeno. Mason y Tideswell establecen lo siguiente:

“Si el contenido de oxígeno de la atmósfera detrás de un tabique de aislamiento o sellamiento de un área clausurada de la mina se mantiene o se eleva más del 5%, es posible que se mantenga un fuego moribundo o, incluso, puede desarrollarse mayor actividad. Bajo las condiciones habituales de aislamiento térmico que se producen bajo tierra, la presencia continua de tan solo un 1 o 2% de oxígeno en la atmósfera de una excavación sellada o aislada podría mantener la combustión espontánea de manera indefinida”.

Estas observaciones resultan más importantes en cuanto a que la magnitud final de un incendio inaccesible no se conoce con certeza. Incluso los incendios en vías en funcionamiento pueden extenderse a los respaldos adyacentes o pueden iniciar combustiones espontáneas en los inertes acumulados en sitios cercanos con algún contenido de material combustible o carbón. Es muy difícil determinar si un incendio de mina se ha extinguido o no, ya que para los incendios que implican grandes masas de materiales sólidos puede pensarse que se encuentre en una condición en la que es muy poco probable que el fuego se reactive cuando en realidad se tiene una condición de fuego activo. Para efectos prácticos, un incendio de mina se define como extinto cuando al presentarse admisión de aire, no se reactiva de inmediato, ni se reactiva dentro del tiempo necesario para permitir un examen de la zona afectada, el retiro o enfriamiento del material calentado y la recuperación del área. Obviamente se debe otorgar un muy buen margen de seguridad. Los principales peligros se derivan de lo siguiente:

- 1) de la presencia de grandes masas de material calentado que se enfrían lentamente;
- 2) de la posibilidad de una reactivación mayor de lo normal que pueda volver a generar calor rápidamente cuando se expone al aire; y
- 3) que el fuego se vuelva a activar a partir de la presencia probable de núcleos locales de material caliente y posiblemente incandescente. Incluso un núcleo pequeño puede reiniciar el incendio mientras que la llama o incandescencia más pequeña puede encender el metano.

Ante estos hechos, hay que reconocer que, si bien existen maneras para monitorear el progreso de un



incendio hasta su extinción, no existe un criterio positivo disponible o previsible que permite llegar a una conclusión segura de que el incendio se ha extinguido.

De ello se desprende que se debe tener el mayor cuidado al decidir si una zona de incendio debe ser abierta nuevamente y, de ser así, cuándo y cómo debe hacerse. En muchos casos es posible llegar a concluir una alta probabilidad de extinción, cercana a la certeza, a partir del estudio de las tendencias descritas anteriormente, siempre y cuando este estudio sea lo suficientemente largo como para asegurar que el aparente avance hacia la normalidad es real y sostenido.

Sin embargo, antes de aceptar esta conclusión se deben examinar las condiciones reales en la zona del incendio. Los puntos principales que deben considerarse son la naturaleza, cantidad y facilidad de enfriamiento del material calentado con respecto al tiempo transcurrido desde que el incendio se encontraba activo y su posible exposición a corrientes locales de aire que podrían mantener la combustión lenta latente. La experiencia indica que en los incendios o en la combustión espontánea en que involucren grandes masas de material que no se encuentren abiertos libremente a la atmósfera de la mina, es posible que el periodo de enfriamiento deba ser medido en años en lugar de meses. En algunos incendios en vías en funcionamiento es posible determinar un periodo más breve, especialmente si se ha aplicado un sellante rápidamente después de la aparición del incendio.

Suponiendo que las indicaciones sean favorables, la planificación de las operaciones de re-apertura debe tener en cuenta la posibilidad de reactivación del incendio debido a una exposición prolongada al aire, junto con cualquier dificultad que pueda presentarse con la ventilación, con la rápida recuperación del área y con la posible presencia y movimiento de gases durante las operaciones. En estas operaciones, los métodos de muestreo, análisis e interpretación de las atmósferas de la mina que se han descrito, resultarán igualmente valiosos. A menos de que se tomen medidas concretas para enfriar la zona afectada, la refrigeración será generada por la conducción natural

de calor a través de los estratos y será muy lenta. La cuestión del calor residual debe, por lo tanto, ser tenida en cuenta cuando se discuta la reapertura. Igual consideración merece la evaluación del posible deterioro del equipo y de las vías de la mina.

3.1.1.11 Detección de incendios subterráneos

En todo el mundo las minas modernas emplean una gama de dispositivos de medición para controlar el ambiente de la mina que transmiten información a la superficie. Estos sistemas son capaces de generar alarmas, señalar indicadores sobre las medidas que deben adoptarse e incluso iniciar medidas de control como operar los extintores en caso necesario. La información es transmitida desde los detectores o unidades de muestreo que pueden ser:

- transductores subterráneos acoplados a sistemas de transmisión electrónica o de fibra óptica, o
- sistemas de haces de tubos – tubos plásticos de pequeño diámetro que utilizan bombas de vacío en superficie para extraer periódicamente muestras de aire de puntos determinados de la mina, o
- sensores de fibra óptica y sistemas de transmisión (solo disponibles para un número limitado de gases).

El sistema de transmisión electrónica puede ser costoso, pero proporciona información en tiempo real y por periodos prolongados. El sistema de haces de tubos es relativamente barato, fácil de usar y mantener (siempre que se mantengan trampas de agua) y permite analizar una gama más amplia de gases por medio de un cromatógrafo. Su desventaja es el tiempo que transcurre entre la absorción de la muestra en el extremo del tubo, su arribo a superficie y la elaboración de la prueba de análisis. El sistema es muy bueno en el seguimiento de tendencias de gases y permite interpretar fácilmente la influencia de los gases producidos por motores diésel o por detonaciones explosivas.

Hay tres métodos de detección de incendios en los cuales es posible utilizar transductores subterráneos con transmisión electrónica o de fibra óptica. Estos son los siguientes:

- detección de productos de la combustión
- detección de humo
- detección de temperatura

Estos detectores deben ser adecuados para los niveles de riesgo y deben ser instalados en lugares cuidadosamente escogidos. Pueden funcionar eléctricamente o por medio de baterías que pueden seguir funcionando (por un tiempo) si se desconecta la energía por cualquier motivo. El sistema de fibra óptica puede continuar funcionando mientras que el sensor y el cable no sufran ningún daño.

La elección del sistema depende del tipo de incendio ante el cual se espera que responda. La toma de muestras de la atmósfera de la mina, ya sea por haz de tubos o un sistema electrónico, se dirige principalmente a la combustión espontánea, que es un proceso relativamente lento. La variable que es monitoreada principalmente, es la concentración de monóxido de carbono, aunque a veces se usen también los análisis de relaciones entre concentraciones de gases. Cuando la velocidad de detección del incendio es lo más importante, puede ser necesario elegir un detector que inicie las alarmas y otras acciones, cuando se alcancen niveles predeterminados de humo, calor o gas. Cuando el riesgo es mayor, debe considerarse la posibilidad de utilizar dos sistemas diferentes para brindar protección en contra de falsas alarmas. También es necesario implementar algún tipo de registro y recuperación de datos para poder hacer su seguimiento e investigar las tendencias a lo largo de días o meses, dependiendo de la situación.

Todos los sistemas, una vez instalados, requieren de altos niveles de mantenimiento regular y de revisiones in situ para garantizar su fiabilidad. Por otra parte, la inspección periódica de la mina por parte de personas expertas y competentes puede contribuir en gran medida a la detección de incendios. Aunque los sentidos humanos no son tan sensibles a los productos de la combustión como los sensores electrónicos, no deben ser ignorados en caso de que se hayan levantado sospechas.

Un incendio abierto, o de llama abierta en una mina puede ser pequeño o grande, puede ser claramente localizado o estar ubicado en un lugar indeterminado o de difícil acceso. Por ejemplo, puede desarrollarse en una vía principal consumiendo la madera de sostenimiento como combustible principal.

Cuando el combustible es metano (grisú), el tamaño del incendio depende de la cantidad de grisú en cuestión. La combustión de grisú en un frente de trabajo, después de una ignición por fricción en una máquina de corte de carbón, normalmente dará lugar a una deflagración, esto es, una combustión rápida sin explosión que podría causar lesiones a quienes se encuentren en el sitio donde se causa; normalmente constituye un incendio pequeño, accesible y rápidamente extinguido. Esto también implica una ignición localizada. Si se enciende una acumulación de grisú en una zona ya explotada se producirá un incendio mucho más grande y usualmente toda el área debe ser sellada. Las áreas explotadas o de acumulación de inertes bajo tierra pueden no ser accesibles y ello limita las acciones de extinción que puedan llevarse a cabo en ellas.

3.1.2.2 Combustión espontánea

Con la combustión espontánea, la zona de incendio normalmente avanza en dirección hacia la fuente de oxígeno que la alimenta, mientras que los gases producidos viajan en la dirección opuesta, hacia el retorno. La combustión espontánea puede, si no es controlada, dar lugar a un incendio abierto y una combinación de estos dos constituye una situación de incendio potencialmente grave.

3.1.2.3 Principios de la extinción de incendios subterráneos

Los incendios subterráneos producen daños, gases tóxicos y cambios en la ventilación. El humo producido por el incendio varía en cantidad y densidad de acuerdo con el tipo de materiales que están siendo quemados. Un denso humo negro, por ejemplo, puede provenir de un incendio que involucra aceite mineral, mientras que la madera produce un humo grisáceo. Se necesita de muy poco humo para impedir la visión en una vía de la mina y causar incluso pánico. Los vapores orgánicos que se producen a partir de un incendio de madera hacen



que los ojos y la garganta se irriten. Normalmente, esto tiene un efecto psicológico adverso aún antes de que la toxicidad del humo suponga algún peligro. Sin embargo, a menudo el humo se encuentra acompañado de monóxido de carbono, el cual es tóxico en pequeñas cantidades y requiere de protección personal inmediata.

La primera acción a seguir es retirar los mineros a zonas seguras lo más rápido posible, lo que a su vez significa comprobar en qué lugar de la mina se encuentran. Estas primeras acciones deberán responder al Plan de Emergencia de la mina establecido en concordancia con el Capítulo VII del Decreto 1886 de 2015.

Los gases tóxicos encontrados en los incendios de minas dependen de la intensidad del incendio y del tipo de material involucrado, pero el principal gas tóxico encontrado es el monóxido de carbono. El auto-rescatador que lleva cada persona para escapar proporcionará protección durante un corto período de tiempo. Por lo tanto, una vez que el auto-rescatador es colocado, el minero debe buscar un lugar seguro tan pronto como sea posible.

La ventilación se ve afectada debido al calor generado por el fuego, cuya cantidad depende de la magnitud del incendio y de los materiales involucrados. Un incendio abierto pequeño no afectará de manera general la estabilidad de la ventilación principal. Un incendio abierto grave puede, en contraste, tener una profunda influencia debido al efecto de constricción y al efecto de flotación.

Nota: Los socorredores mineros deben ser conscientes de la posibilidad de que los productos de la combustión y el humo se devuelvan en contra del flujo de ventilación. Se ha observado que este retorno puede ocurrir a través de largas distancias. Los equipos de rescate deben ser conscientes de esto y contar con un aparato de respiración disponible incluso en el lado de entrada del aire de la ventilación hacia el lugar del incendio para que puedan tomar contramedidas frente a este fenómeno. Estas contramedidas pueden incluir la construcción de cortinas que desvíen la ventilación y produzcan

turbulencia despejando las vías de la mina del humo y de los productos de la combustión. Una medida de control adicional consiste en rociar de agua y avanzar hacia el lugar del incendio despejando la ventilación a medida que se avanza.

Efecto de constricción

El efecto de constricción es provocado por el aumento del volumen del aire de la ventilación a medida que pasa a través del incendio, causado, fundamentalmente, por su calentamiento. Este aumento en el volumen se presenta hacia adelante del incendio en el sentido de circulación del aire de ventilación y hace que se requiera presión adicional para mantener el flujo. Este efecto, que se presenta en la proximidad del incendio, es siempre opuesto a la corriente de ventilación. Es probable que la magnitud del efecto de constricción sea pequeña en relación con la presión normal de ventilación y también pequeña en comparación con el efecto de flotación en túneles inclinados.

Efecto de flotación

El efecto de flotación en una vía inclinada es causado por el calor del incendio que aumenta la temperatura y por tanto reduce la densidad de la atmósfera hacia adelante del incendio en el sentido de circulación del aire de ventilación. Esta columna de atmósfera de baja densidad crea una fuerza motriz (el efecto de flotabilidad) que ayudará a la ventilación en los caminos ascendentes y se opondrá a la misma en caminos descendentes. La acumulación de la presión de flotación disminuye después del incendio a medida que los gases se enfrían.

Daños físicos

El exceso de daños, como techos debilitados o techos colapsados, puede ser el resultado de un incendio severo de mina. Techos en mal estado o colapsados pueden perjudicar gravemente las acciones de lucha contra el incendio a pesar de haber hecho progresos en contra del fuego. Los equipos de rescate deben estar preparados para construir soportes de techo cerca de los incendios.

Cómo se propaga el fuego

Se produce combustión cuando los tres elementos - combustible, calor y oxígeno - están presentes. El

calor siempre viajará de regiones de alta temperatura a regiones con una temperatura más baja, sin importar cuán pequeño sea el diferencial de temperatura. Esto se realiza por convección y radiación. La conducción se produce más frecuentemente con los sólidos, pero puede también ocurrir con líquidos y gases. El calor pasa a través del material.

La convección solo se produce en líquidos y gases. Cuando se calienta un líquido o gas este se expande y se vuelve menos denso. Los fluidos o gases más ligeros son desplazados por líquidos o gases más fríos y por lo tanto más densos. Este a su vez se calienta y empieza a circular.

La radiación es un método mediante el cual el calor se transmite sin que los cuerpos estén en contacto independientemente de cualquier material que se encuentre en el espacio intermedio. Por ejemplo, el calor del sol pasa a través del espacio vacío para calentar la tierra o el calor de un incendio calienta los objetos en la línea de visión del fuego.

El combustible, el calor y el oxígeno son los tres factores en el triángulo de la combustión y por lo menos uno de estos factores debe ser eliminado con el fin de detener la combustión. Cada factor es abordado de una manera diferente:

- el **combustible** está limitado por agotamiento
- el **calor** está limitado por el enfriamiento
- el **oxígeno** se limita por ahogamiento

El combustible puede agotarse mediante:

- la eliminación de material combustible de la vecindad del incendio,
- la separación del fuego del material combustible separando una pila de material en llamas
- la subdivisión del material en combustión y la extinción de incendios más pequeños por separado, o permitir que las partes se quemen hasta extinguirse.

El enfriamiento o extinción del incendio mediante la limitación de la temperatura depende del principio de

que si la velocidad a la cual el calor es generado por la combustión es menor que la velocidad a la cual se disipa, entonces la combustión no puede continuar. El agua, cuando es aplicada a un incendio, acelera la velocidad a la que se elimina el calor reduciendo por tanto la temperatura de la masa que se quema y, en consecuencia, la velocidad a la que se produce calor. El fuego se extingue cuando la tasa de producción de calor es superada por la tasa de pérdida de calor.

Por lo general la asfixia es llevada a cabo mediante la reducción o detención del flujo de aire fresco al foco del incendio, de modo que la combustión reduce el contenido de oxígeno en la atmósfera confinada y el fuego se extingue.

El polvo inerte de roca se encuentra disponible normalmente en minas de carbón y es utilizado para apagar o enfriar un fuego de manera muy efectiva, según se describe más adelante.

Clasificación de los extinguidores portátiles para el control de fuego abierto

Desafortunadamente, no hay un único material o agente que pueda ser utilizado con éxito en todos los tipos de incendios. Por ejemplo, si se utiliza agua para apagar aceites, el aceite ardiente flotará sobre el agua y se dispersará extendiendo el incendio de este modo. Esto puede empeorar el incendio y puede exponer a quienes lo combaten a un mayor riesgo.

Hay una gama de diferentes tipos de extintores portátiles disponibles para ser utilizados en incendios y es importante que los administradores de las minas seleccionen los extintores correctos para ser instalados en sus sitios de trabajo y que el personal pueda identificar y seleccionar el extintor de incendios correcto con el fin de combatir el incendio con eficacia.

Para que la selección adecuada de los extinguidores sea más fácil, en las normas técnicas vigentes en cada país se ha establecido un esquema de clasificación simple de acuerdo con el tipo de material combustible (ver sección 3.1.1.3 Tipos de incendios). Si las personas pueden recordar esta clasificación entonces podrán seleccionar el extintor de incendios



portátil correcto en caso de producirse un incendio, dado que en el cuerpo del extintor se indican las clases de fuego para las cuales puede ser usado de forma segura.

Por su parte, no se considera que los incendios eléctricos constituyen una clase de incendio en sí mismos, ya que usualmente el papel de la electricidad es actuar como fuente de ignición por sobrecalentamiento de los conductores en situaciones de corto circuito o sobrecarga, y hasta que sea aislado (desconectado) el circuito en problemas, puede continuar proporcionando la fuente de ignición.

En caso de que se presente un incendio que involucre electricidad, es importante aislar el suministro eléctrico mediante la desconexión, determinar qué tipo de material o sustancia combustible se está quemando y con base en ello seleccionar el extinguidor para controlar el fuego.

Si no es posible aislar el suministro de energía eléctrica, entonces es importante utilizar equipos de extinción de incendios que contengan un agente de extinción que no conduzca electricidad (como dióxido de carbono o polvo seco).

También debe recordarse que algunos componentes eléctricos tienen la capacidad de almacenar energía eléctrica (como condensadores o baterías) y puede retener una cantidad letal de electricidad por un período de tiempo en caso de que la energía principal se encuentre aislada. Los componentes electrónicos son sensibles a los extintores y normalmente requieren de un agente especial como gas halón.

El código de color en el cuerpo de un extintor de incendios portátil depende de su contenido y el tipo de incendio a extinguir.

Extintores portátiles deben ser marcados incluyendo la siguiente información:

- El nombre del producto contenido como aparece en la Hoja de Información de Seguridad del Material del Fabricante (MSDS).
- El listado de identificación de materiales peligrosos de acuerdo con el Hazardous Materials Identification System (HMIS), Implementational Manual [en Canadá, sistemas de identificación de materiales peligrosos en el lugar de trabajo (WHMIS)] desarrollado por la National Paint & Coating Association.
- Lista de todos los materiales peligrosos por encima del 1,0 % del contenido.
- Lista de cada producto químico en más de 5,0 % del contenido.
- Información de lo que es peligroso en el agente de acuerdo con el MSDS.
- Nombre del fabricante o agente de servicio, dirección de correo y número telefónico.

Para facilidad de referencia, los incendios se encuentran clasificados por tipo de combustible que los causa, como fue citado en la sección 3.1.1.3. Una descripción más detallada se presenta a continuación, incluyendo la mención de los agentes extintores apropiados.

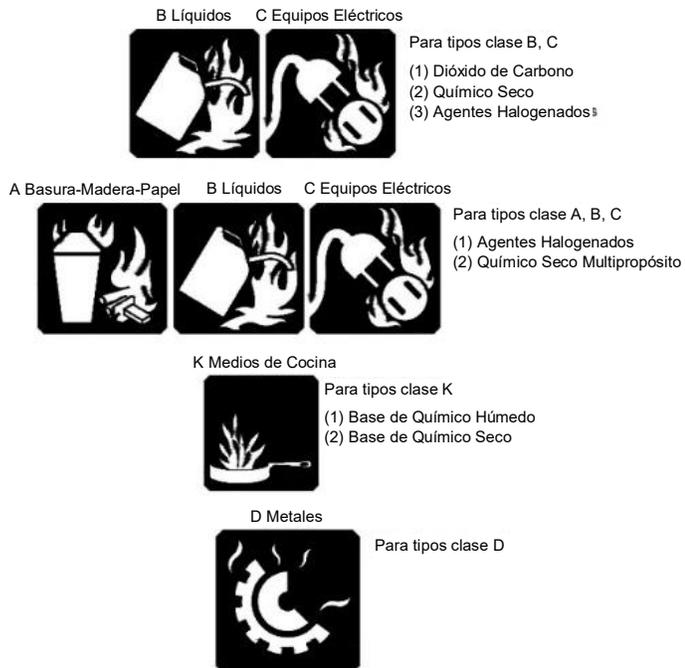
Clase A

Combustibles sólidos comunes como caucho, tela, papel madera, etc.

Se extingue normalmente usando agua

Figura 3.1 – 4 Agentes extintores y clase de fuego

NORMA - TÉCNICA – COLOMBIANA - NTC 2885 (Segunda actualización)



Fuente: Icontec; Norma Técnica Colombiana 2885

Clase B

Incendios que involucran líquidos inflamables o sólidos licuables, gases inflamables, grasas y materiales similares cuya extinción resulta más fácil mediante la eliminación de aire (oxígeno) para inhibir la emisión de vapores de combustible.

Los líquidos inflamables se pueden dividir en:

- aquellos que se mezclan con agua.
- aquellos que no pueden mezclarse con agua.

Los agentes de extinción son elegidos de acuerdo con esta división y pueden incluir agua pulverizada, líquidos vaporizadores, dióxido de carbono, polvo químico seco y espuma.

Es posible utilizar espuma o polvo químico seco para controlar fuegos que involucran gases, mientras que el agua en forma de aerosol se utiliza generalmente para enfriar los recipientes de gases licuados.

Clase C

En los incendios que involucran equipos eléctricos energizados, como máquinas, circuitos y

transformadores, la seguridad de la persona que maneja el extintor de incendios requiere el uso de un agente de extinción que no conduzca la electricidad. La electricidad debe ser aislada antes del inicio de la lucha contra el incendio.

Debe recordarse que la electricidad puede iniciar cualquier clase de incendio. En tales casos, la alimentación eléctrica debe ser aislada y el método de extinción adecuado según el material en combustión debe ser utilizado. Cuando no sea posible aislar la energía eléctrica, se deben utilizar agentes de extinción especiales que sean materiales no conductores de la electricidad. Estos incluyen dióxido de carbono y polvos. El CO₂ y el polvo no deben ser utilizados en equipos electrónicos. Los componentes electrónicos son sensibles a los extintores y normalmente requieren de un agente especial como los halones.

Debe tenerse en cuenta que algunos equipos eléctricos pueden tener la capacidad de almacenar energía eléctrica (condensadores o baterías) y pueden conservar una cantidad letal por un período de tiempo después de que se ha desconectado el suministro eléctrico.

Clase D

Incendios que implican metales combustibles como magnesio, uranio, titanio, etc.

Los agentes extintores que contienen agua no son efectivos y resultan incluso peligrosos. Los de dióxido de carbono y de polvo químico como el bicarbonato también pueden resultar peligrosos si son aplicados a la mayoría de incendios de metales. El grafito en polvo, polvo de talco, carbonato de sodio y piedra caliza normalmente son agentes adecuados. Se han desarrollado polvos de fusión especiales para incendios que involucran algunos metales, especialmente metales radiactivos.

Clase K

Incendios que involucran grasas y aceites de cocina.

Es posible utilizar un extintor especializado (Aplicador de Baja Velocidad) o una manta para extinguir el incendio aplicando una capa sobre el aceite, lo que



produce una acción de sofocación. Es muy importante que los extintores que utilizan un chorro de agua corriente como agente extintor no sean utilizados en incendios de aceites o grasas.

Control de combustión espontánea

Estos son controlados normalmente mediante el aislamiento de la zona de combustión espontánea para limitar o impedir totalmente el suministro de oxígeno. Tal resultado se alcanza con la construcción de tabiques de aislamiento en las vías de la ventilación que alimenta el área del fuego. Para lograr hermeticidad en estos tabiques se emplean productos a base de yeso o cemento.

Estos tipos de incendios también pueden ser controlados mediante la utilización de gases inertes que se bombean o insuflan en la zona de combustión espontánea para sustituir la atmósfera que usualmente tiene algún contenido de oxígeno. El gas inerte se produce normalmente con un evaporador de nitrógeno situado en la superficie de la mina y se lleva al sitio por medio de las tuberías existentes. También los gases de escape de un motor de turbina pueden usarse con este propósito de inertización, colocando simplemente la turbina en una de las vías de la mina, alejada al sitio del incendio. La sección 3.4 contiene información más precisa y detallada sobre las causas, formas de detección y control de la combustión espontánea o incendio endógeno.

3.1.2.4 Métodos de extinción de incendios

En las secciones anteriores se mostró que se producen cambios importantes en la composición de la atmósfera de las vías de una mina a medida que el aire pasa cerca o sobre los materiales en combustión. En general, estos cambios son los siguientes:

- el contenido de oxígeno se reduce por debajo del nivel atmosférico normal;
- se añade dióxido de carbono y monóxido de carbono junto con vapores “alquitranados” y partículas sólidas de carbón no quemado, cenizas y humo;
- es probable que haya hidrógeno, metano, dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno presente.

Estos gases y sustancias contaminan la atmósfera, principalmente en el retorno de la ventilación del área del incendio, hasta niveles que pueden resultar tóxicos o asfixiantes, y que puede posiblemente extenderse a toda la mina. No es posible estimar el grado de peligro simplemente mirando la densidad del humo ya que el gas realmente tóxico, el monóxido de carbono, es invisible. Una cantidad tan pequeña como 0,1% en volumen (1.000 ppm) representa un peligro considerable para la vida. Además, una atmósfera deficiente en oxígeno puede producir una pérdida repentina de la conciencia sin advertencia alguna. Existe un margen muy estrecho de seguridad entre el nivel de oxígeno para mantener la vida y un nivel que hace que una persona caiga inconsciente. Es muy importante que cualquier persona que sea desplegada para combatir un incendio o llevar a cabo cualquier otro trabajo preparatorio en el lado de retorno del incendio cuente con un aparato de respiración.

El método más seguro para luchar contra incendios subterráneos es acercarse al fuego desde el lado de admisión del aire con el fin de tratar de controlarlo y extinguirlo. Los diversos principios para la extinción de incendios han sido discutidos en la sección 3.1.2.1 y acercarse al incendio desde el lado de la admisión puede proporcionarle a la cuadrilla de extinción de incendios la oportunidad de ver exactamente qué sustancia está en combustión. Con esto es posible entonces confirmar el agente extintor que será utilizado por los socorredores de acuerdo con la “clase de incendio”.

El objetivo de cualquier medida de control de incendios en una mina subterránea debe ser evitar el riesgo de que se produzca un incendio, ya sea mediante la eliminación de las posibles fuentes de ignición o las potenciales fuentes de combustible, o ambas cosas. Sin embargo, es poco probable que esto pueda ser logrado completamente. Los incendios que se producen deberán por lo tanto ser tratados mediante uno o más medios con el fin de extinguirlos.

La principal consideración para cualquier operador de mina debe ser asegurar que todas las personas cuyas tareas en la mina puedan requerir que combatan un incendio, hayan recibido instrucciones y capacitación

sobre los métodos disponibles para combatir incendios en esa mina. Estas personas incluyen supervisores, auxiliares de transporte, operadores de maquinaria, trabajadores de rescate, etc. Esta capacitación en la extinción de incendios debe incluir el uso de extintores y mangueras contra incendios en la medida de lo posible.

El control de incendios también varía de acuerdo con el nivel de evolución del fuego en el momento en que es descubierto. Muchos incendios pueden ser extinguidos rápidamente con un extintor portátil. Para ello es necesario conocer el tipo de combustible que se quema y el extintor apropiado a utilizar. Estos conocimientos serán indispensables para evitar lesiones personales o el aumento de la intensidad del fuego.

Los agentes extintores que el operador de la mina pone a disposición bajo tierra, deben variar de acuerdo con la identificación de los peligros de la mina y la posterior evaluación de los riesgos. Idealmente, sin embargo, las minas subterráneas deberían contar con:

Suministro de agua - un depósito o tanque de agua creado en la superficie con una capacidad suficiente para proporcionar un volumen y velocidad de agua proporcionales al tamaño de la mina. Debe preverse un mecanismo para suministrar agua al depósito o tanque para reemplazar el agua utilizada durante la operación de extinción de incendios.

Tuberías de agua - para suministrar agua directamente desde el depósito o tanque en la superficie hasta el punto de uso. Las tuberías tienen que ser instaladas en la entrada menos propensa a incendiarse y las salidas deben estar ubicadas en los puntos donde el riesgo de incendio es alto.

Hidrantes para incendio - deben ser instalados en puntos apropiados en el sistema de tuberías de agua:

- aproximadamente a 25m del punto de carga o de transferencia de la banda transportadora, de las uniones principales, de los motores eléctricos de todo tipo, de las subestaciones y transformadores,

etc., siempre en el lado de ingreso de la ventilación hacia el punto que se quiere proteger.

- en cualquier otro lugar del sistema de tuberías instalado a lo largo de los sistemas de transporte de manera que la distancia entre los hidrantes puede ser cubierto mediante el uso de mangueras - 120m en el Reino Unido, 100 metros entre hidrantes y 160 metros de manguera en los Estados Unidos.
- en las proximidades de los frentes de producción o de desarrollo.

Mangueras de incendios - de un diámetro y resistencia adecuados, diseñadas con extremos macho y hembra estándar apropiados para el tipo de hidrante instalado y para interconexión entre mangueras. Las mangueras de incendios apropiadas para uso en minas de carbón deben cumplir con requisitos especiales en términos de material ignífugo y alta resistencia.

La mayoría de incendios subterráneos en minas incluyen fuegos Clase A (materiales sólidos) o Clase B (metano en minas de carbón), los cuales responden bien a la aplicación de agua para enfriar la zona con rapidez y reducir los niveles de oxígeno mediante sofocación. El agua se convierte en vapor que enfría y sofoca las llamas, reduciendo la temperatura de la masa ardiente y, en consecuencia, la velocidad con la que se produce calor. Se aplica el principio descrito en la sección 3.1.2.1, esto es, cuando la velocidad de pérdida de calor supera la velocidad de producción de calor, el incendio se extingue.

El método de aplicación del agua varía según el tamaño del incendio. Para tomar acción inmediata con incendios menores, los extintores llenos de agua expulsan agua a presión por una boquilla. Para incendios más grandes, el agua debe suministrarse con los carretes de manguera desde una fuente de agua con suministro continuo.

Puntos de extinción de incendios - pueden establecerse en proximidad a los hidrantes. Cada punto de extinción de incendio tendrá:

- Mangueras con longitud suficiente para alcanzar el frente de trabajo.



3.1 Causadas por Incendios

- Mangueras con longitud suficiente para alcanzar zonas peligrosas específicas.
- Mangueras con longitud suficiente para cubrir los puntos de transferencia de la banda transportadora desde el lado de ingreso de la ventilación cuando se cuente con este sistema de transporte.
- Al menos 115m de manguera en puntos de extinción de incendios en las rutas de las bandas transportadoras para cubrir los vacíos entre hidrantes, cuando se cuente con este sistema de transporte.
- Boquillas que se ajusten a la manguera.
- Picos y palas.

Aislamiento de la electricidad

Siempre que sea posible, se debe aislar la electricidad cerca de cualquier incendio antes de intentar extinguirlo. Si esto no es posible por cualquier razón, se deben tomar precauciones adicionales con el tipo de extintor a utilizar.

Uso de extinguidores

Además del uso de agua, se deben colocar extintores portátiles en puntos estratégicos de extinción de incendios y en todos los lugares en los que se utilicen aparatos eléctricos. La elección de un extintor portátil o de mano dependerá del uso previsto en cada sitio particular. Hay una gama de extintores disponibles. Su color, al igual que sus etiquetas con el símbolo de incendio en el extintor indicaran el tipo de combustible en el que pueden ser usado, para ayudar a la persona a elegir el equipo adecuado para la clase de incendio que se encuentre.

El extintor portátil apropiado para cada clase de incendio y la forma correcta de uso es:

Agua (A chorro) - Apropiada para la mayoría de incendios, excepto aquellos que involucran líquidos inflamables o aparatos eléctricos energizados.

- Apunte el chorro a la base de la llama y manténgalo en movimiento por toda el área del incendio.
- Busque cualquier punto caliente después de haber extinguido el incendio.

- Un incendio que se esparce verticalmente debe atacarse desde el punto más bajo y hacía arriba.

Espuma - Apropiado para la mayoría de incendios que involucran líquidos inflamables, excepto para incendios que involucren aceite de cocina, que si bien extrañamente estaría presente en un incendio subterráneo, resulta apropiado conocer esta circunstancia.

- Cuando el líquido en llamas esté en un contenedor, apunte la espuma hacia el borde posterior del contenedor o a una superficie vertical adyacente al nivel del líquido en llamas. Esto permite que la espuma se acumule y fluya por la superficie del líquido para sofocar el incendio.
- Cuando esto no sea posible, párese bien atrás, dirija la espuma con un leve movimiento de barrido y permita que la espuma caiga y se ubique sobre la superficie del líquido.
- No dirija la espuma directamente hacia el líquido, ya que esto llevará la espuma hacia abajo de la superficie y la dejará sin efecto. Adicionalmente, podría salpicar el incendio a los alrededores.

Químicos secos (Polvo) - Apropiado para incendios que involucran líquidos inflamables o aparatos eléctricos.

- Para incendios que involucren líquidos en contenedores o derrames de líquidos, apunte la boquilla hacía el borde más cercano del incendio. Con un rápido movimiento de barrido, impulse el incendio hacía el borde más lejano hasta extinguir todas las llamas.
- En incendios que involucran líquidos que fluyen, apunte la boquilla a la base de las llamas y haga un barrido hacia arriba.
- Para incendios en equipos eléctricos, desconecte la electricidad si es seguro hacerlo y después apunte la boquilla directamente hacía el fuego.
- Cuando los equipos estén en un lugar cerrado, apunte la boquilla a cualquier apertura con el objetivo de alcanzar el interior
- Cuando parezca que el fuego se ha extinguido, suspenda la descarga y espere hasta que la



atmósfera se despeje. Si aún hay llamas visibles, reinicie la descarga.

Dióxido de carbono - Apropiado para incendios que involucren líquidos inflamables o aparatos eléctricos. El método y las instrucciones de operación son iguales al extintor de polvo seco.

- Los extintores de dióxido de carbono **NO** deben ser usados en espacios cerrados en donde hay riesgo de inhalar los humos.
- **NO SOSTENGA LA SALIDA DE LA BOQUILLA DIRECTAMENTE, YA QUE SE VUELVE EXTREMADAMENTE FRÍA DURANTE EL USO.**

Químico húmedo - Específicamente para ser utilizado en incendios en freidoras. **NO UTILIZAR** en incendios que involucren equipos eléctricos energizados.

- Apague la fuente de calor, en caso de que sea seguro hacerlo.
- Mantenga la lanza a la longitud del brazo, bien por encima del incendio y con su boquilla al menos a 1 metro del incendio.
- Manteniendo la lanza en su lugar, descargue de manera que el rocío de químico húmedo caiga suavemente sobre la superficie del incendio.
- Incluso si parece que el incendio se extingue rápidamente, descargue todo el contenido del extintor.

Aunque posiblemente nunca sea usado en incendios bajo tierra por su especial uso en aceites de cocina, toda persona debe estar al tanto del uso de cada químico empleado en el control del fuego a fin de evitar usos equivocados.

Baldes o contenedores llenos de arena, polvo de piedra o roca o agua pueden ser efectivos para sofocar un incendio pequeño. Pueden ser metálicos o de plástico. Se recomienda el uso de tapas, ya que mantendrán los contenidos limpios. Idealmente, el balde debe ser pintado de ROJO y marcado con INCENDIO. Una capa de 50mm de polvo puede sofocar un incendio por completo, cortando el flujo de oxígeno al combustible.

Medidas especiales de extinción de incendios

La maquinaria móvil y las locomotoras subterráneas, maquinaria alimentada con diésel o baterías o electricidad con un cable de energía fijo son un riesgo particular de incendio que necesita atención especial. El combustible diésel, los sistemas de transmisión hidrostática, los sistemas de frenado, lubricantes, cables de energía y unidades de batería necesitan atención especial respecto a los tipos de incendios que pueden iniciarse y a los agentes extintores a ser utilizados. Toda la maquinaria móvil debe tener al menos un extintor de mano apropiado para ser usado por el conductor u operario, en caso de ser necesario. No obstante, las máquinas de diésel también deben contar con un sistema fijo de extinción de incendios, con capacidad de ser operado manualmente por el conductor u operario y tener varias salidas para cubrir las principales fuentes de incendios potenciales.

Las máquinas de baterías deben contar con medios apropiados para extinguir tanto incendios de la batería como otros tipos de incendios.

Reducción del riesgo de un incendio subterráneo

Un incendio subterráneo tiene el potencial de causar muchas víctimas, ya que los productos tóxicos de la combustión pueden ser transportados por el sistema de ventilación de la mina, afectando muchas o incluso todas las zonas subterráneas. Adicionalmente, hay riesgo de pérdida de vidas humanas por quemaduras. Si bien en esta sección se trata predominantemente la prevención de fatalidades, debe reconocerse que un incendio también tiene el potencial de destruir activos y llevar a la pérdida de la actividad productiva. Cada mina tiene ciertas fuentes de combustibles y de ignición, junto con un constante suministro de oxígeno por el sistema de ventilación de la mina, todo lo cual se combina para crear el triángulo de incendios. Un incendio en una mina también tiene el potencial de encender gases inflamables (ver la sección de explosiones).

Los operadores y propietarios de minas, deben implementar procedimientos para garantizar la evaluación de los riesgos de incendio. Cuando se considere que hay una falta de conocimiento, experiencia o competencia que pueda afectar las evaluaciones, quienes realicen las mismas deben



buscar la asesoría de especialistas. Esto no libera a los operadores de la mina de su deber de garantizar la realización de evaluaciones de riesgo apropiadas y suficientes en su mina.

La evaluación de riesgos es básica para de identificar la importancia relativa de todos los riesgos encontrados y para obtener información sobre su naturaleza y alcance. La evaluación ayuda a priorizar los riesgos y a determinar en dónde se debe hacer más esfuerzo en la prevención y control y a decidir sobre la suficiencia de las medidas de control existentes.

En el Anexo 1 de esta sección, los documentos Evaluación de Riesgos, Documento de Política y Matriz de Responsabilidades se incluyen como un ejemplo de cómo se puede gestionar la prevención de incendios en una típica mina de carbón pequeña.

Toda planeación minera debe considerar los riesgos asociados con la actividad. Si se identifica el riesgo de incendio en cualquier proceso de trabajo o equipo, y el riesgo es demasiado grande, entonces debe modificarse el plan para reducir dicho riesgo a niveles aceptables. Si esto no puede lograrse, entonces no se adoptará el proceso de trabajo o el equipo para la mina.

Una evaluación del riesgo de incendio debe considerar las medidas preventivas y de mitigación de los peligros. Estas medidas se han descrito en este capítulo con detalle. Siempre que otros documentos relacionados con el control sean aplicables, los mismos deberán ser referenciados en la evaluación de riesgo. Para la reducción del riesgo se puede obtener apoyo de varias fuentes de información entre las que se incluye el 'Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas, Decreto 1886 de 2015.

3.1.3 Procedimientos seguros para la aplicación de los métodos de extinción de incendios en la atención de emergencias mineras

Acciones o métodos de rescate para la extinción de incendios en minas subterráneas (en caso que se

hayan reportado todos los trabajadores de la mina y no haga falta ninguno)

Durante la ejecución de una acción de salvamento en una mina por causas de un incendio se debe garantizar la seguridad de los operarios de Salvamento Minero, lo que incluye mitigar también el riesgo de explosión mientras se combate el incendio.

Antes de llegar a la mina una vez se reciba el aviso del incendio, se debe pedir al operador de la mina que registre las lecturas de gas en el retorno de la ventilación o en el ventilador de extracción cada 10 minutos con el fin de que se pueda establecer la tendencia tan pronto se llegue. De esta manera, la primera acción debe ser establecer las lecturas de gases con el personal de la mina. Si en efecto fueron realizadas, deben registrarse y debe establecerse la tendencia continua. Téngase en cuenta que puede haber demoras en el flujo del aire de ventilación desde el incendio hasta la superficie y que las condiciones en la mina son cambiantes.

Se deben controlar los gases en el retorno de aire de la mina, de ser posible en la parte de la mina afectada, y las lecturas deben registrarse para tratar de establecer la tendencia continua.

Nota 1: si la lectura de gases indica una atmosfera que pueda ser explosiva (el Metano está entre 5 y 15%) o si la tendencia indica que estará dentro de este rango, o si está por encima del 2% y en ascenso, entonces no se deben desplegar cuadrillas de socorredores.

Nota 2: El motivo para monitorear la tendencia continua es decidir si las condiciones en la mina están mejorando o empeorando. Esto podría ayudar a evaluar el riesgo de si la extinción del incendio está o no dentro de un rango aceptable de riesgo. Si la tendencia está mejorando y los niveles de metano están bajando, entonces se puede tener confianza para desplegar una cuadrilla de socorredores para extinguir el incendio. Por otro lado, si los niveles de metano están aumentando, entonces esto indicaría que el riesgo de desplegarla es muy grande. Además de la tendencia, la velocidad del cambio también es importante. Es decir, si el cambio es rápido, o lento.

Esta lectura debe considerar los cambios en la presión barométrica. Si el barómetro está bajando, por lo general se esperaría que los niveles de metano aumenten y si el barómetro está subiendo, por lo general se esperaría que las lecturas de metano bajen.

Si las lecturas de gases iniciales indican que es seguro ingresar a la mina, entonces inicialmente, se debe desconectar y aislar toda la energía. Esta acción se debe llevar a cabo después de una evaluación del impacto que pueda causar, por ejemplo, la ausencia de ventiladores y bombas. La energía se debe restaurar tan pronto como sea posible.

La cuadrilla de socorredores desplegada debe ser informada y saber claramente cuáles son los objetivos respecto a qué acciones tomar y, más importante, bajo qué lecturas ambientales deben suspender la extinción del incendio y regresar a una zona segura o a la superficie.

Ejemplo: Se ha desplegado un grupo de socorredores a una mina desde la superficie en un intento por extinguir un incendio subterráneo. Las lecturas de monóxido de carbono (CO) indican que todavía hay fuego en la mina, pero las lecturas indican que es un incendio pequeño y que su tamaño se está reduciendo. Los niveles de metano iniciales eran del 3% pero se redujeron rápidamente al 2%. El grupo fue desplegado. Ocurrió una caída súbita en la presión barométrica, las lecturas de monóxido de carbono (CO) comenzaron a subir y los niveles de metano subieron al 2,5% y siguen subiendo rápidamente. La cuadrilla debe regresar a la superficie y a la seguridad de inmediato.

Si se despliega una cuadrilla, esta debe comunicar constantemente las lecturas ambientales y las condiciones de la mina a la persona a cargo de las operaciones de extinción de incendios.

Si las cuadrillas se despliegan con fines diferentes a salvar una vida, una segunda cuadrilla debe estar disponible, completamente equipada y lista para su despliegue.



Además de la exploración sistemática de la mina desde la superficie o desde la base de aire fresco (BAF), cuando se desplieguen cuadrillas a vías que se crucen con los retornos de aire para tomar lecturas de gases, estas lecturas deben registrarse y las tendencias deben monitorearse. Es importante que se tomen lecturas ambientales de seguimiento tan cerca del mismo punto como sea posible para garantizar que la tendencia no esté siendo afectada por otros factores.

Durante la extinción de un incendio en una mina se deben tomar las siguientes acciones para prevenir y minimizar el riesgo de explosión o para minimizar los efectos de una explosión:

- Siempre que sea posible, las vías deben ser espolvoreadas con polvo inerte de caliza.
- En la medida en que se abra cada sección y se restaure la ventilación, en lo posible se deben erigir barreras de polvo inerte de caliza o roca o de agua para contener una explosión y suministrar protección a los operarios de rescate.

Acciones de una cuadrilla de salvamento al acercarse a la zona del incendio:

- Garantizar la seguridad del equipo, incluyendo una medición del calor y la humedad de la zona.
- Tomar y registrar las lecturas de gases de la zona.
- Verificar las condiciones del techo y las paredes.
- Evaluar y determinar los riesgos de la zona del incendio.
- Comunicarse con la base de aire fresco o con la persona a cargo de las operaciones de extinción (si es posible).

Pequeños incendios abiertos

Por lo general, un pequeño incendio abierto puede extinguirse utilizando equipos portátiles de extinción de incendios, los cuales deben estar disponibles en la mina, cerca de la zona del incendio. El transporte de suministros adicionales de equipos portátiles de extinción de incendios de otras zonas subterráneas a la zona del incendio puede ser necesario.

3.1 Causadas por Incendios

Se puede utilizar polvo inerte de roca caliza para sofocar pequeños incendios abiertos.

Grandes incendios abiertos

Nota: La extinción de incendios con agua en una mina siempre debe ser considerada como una tarea peligrosa y riesgosa, y solo debe llevarse a cabo cuando sea absolutamente necesario. Esto debido a lo siguiente:

- El efecto que el agua puede tener sobre la ventilación de la mina al acumularse en pasos bajos bloqueando las vías.
- En incendios con temperaturas extremas, el agua al volverse vapor presenta riesgo de quemaduras para los operarios de rescate.
- En incendios con temperaturas extremas, el agua puede generar hidrógeno libre, el cual es explosivo.

La extinción de incendios con agua solo debe considerarse en zonas bien ventiladas.

De no ser así, la aplicación de agua producirá no solo en enfriamiento del combustible, sino también el enfriamiento de la atmósfera en el sitio del incendio y su contracción súbita; esto generará un efecto de aspiración de aire hacia el sitio y el oxígeno en él contenido reavivará la llama. Este efecto puede llegar a ser de magnitudes significativas y generar un aumento del fuego lo suficientemente veloz para que las llamas y los gases calientes alcancen a quienes tratan de controlar el fuego produciéndoles quemaduras importantes.

Si el incendio involucra maquinaria y no hay presencia de carbón y/o metano y no hay vidas en riesgo, entonces se debe considerar monitorear el incendio y los gases de la mina y permitir que el incendio se extinga por sí solo. Si existe el riesgo de que el incendio se propague o que haya vidas en riesgo, la extinción del incendio con agua o espuma es necesaria.

Si la maquinaria en fuego tiene llantas inflables de caucho, entonces se debe tener extremo cuidado respecto a la cercanía del personal de rescate a la

zona del incendio, ya que éstas llantas explotan violentamente a medida que la temperatura en su interior aumenta. Si el incendio es en una banda transportadora, el personal de salvamento minero debe ser consciente del potencial de su rápida propagación y de los vapores nocivos relacionados con este tipo de incendios en que el caucho hace combustión. Si la banda transportadora está en llamas, esta debe cortarse en cualquier lado del incendio o en ambos, y la zona a su alrededor debe ser cubierta con polvo inerte de roca caliza o con agua para minimizar y reducir la propagación.

Nota: Se debe tener cuidado respecto del suministro de agua. Si los tubos que alimentan el sitio que se quiere controlar pasan previamente por una zona en llamas se debe tener cuidado respecto al peligro o riesgo de que la manguera pueda suministrar agua hirviendo, causando lesiones, y quemaduras a los operarios desplegados para tareas de extinción de incendios.

Se debe tener cuidado al utilizar equipos generadores de espuma ya sea en la forma de un ramal generador de espuma ajustado a la manguera y conectado a un suministro de espuma o introduciendo una máquina generadora de espuma para incendios más grandes.

Nota: Se debe tener cuidado respecto a la ventilación de la mina, ya que el incendio afectará el flujo y la dirección de la ventilación. Estos pueden cambiar si el incendio se está reduciendo o si aumenta su tamaño o ferocidad.

Las cuadrillas de salvamento deben ser conscientes de los potenciales cambios en la ventilación y estar preparados para desplegarse de nuevo y para mover la ubicación de la base de aire fresco.

Puede ser útil desplegar una cuadrilla siguiendo el retorno de aire de un incendio e instalar un aspersor o lanza (manguera y boquilla de punto fijo) para rociar agua constantemente a la zona del incendio. El objetivo de esto es combatir el incendio desde ambos lados y evitar su propagación, con riesgos mínimos para los socorredores.



Nota: Los socorredores deben monitorear las condiciones del techo y las paredes durante el incendio, ya que el calor puede causar la expansión de los estratos, causando condiciones deficientes en el techo y posibles colapsos del mismo. Esto es igualmente importante durante las últimas fases del fuego, cuando ya se esté extinguiendo el incendio. A medida que los estratos se enfrían y contraen, se pueden presentar derrumbes del techo. Los equipos de rescate deben estar preparados para esta eventualidad.

Si la extinción del incendio utilizando las técnicas mencionadas está funcionando, entonces se puede continuar hasta que se haya extinguido el incendio.

Si el incendio involucra la combustión de carbón y no hay presencia de metano, entonces se puede considerar la extinción del incendio con agua o espuma, pero los gases deben monitorearse constantemente a la búsqueda de cambios especialmente en la presencia de metano.

Si, en las circunstancias mencionadas anteriormente la extinción del incendio está siendo exitosa, entonces se debe continuar con los esfuerzos de extinción. Si, después de un corto tiempo de intentar controlarlo, la zona o ferocidad del mismo están aumentando, entonces las cuadrillas en la mina deben retirarse a un lugar seguro y la zona afectada de la mina debe ser aislada de manera que no haya oxígeno en la zona y de esta manera se extinga el incendio (ver más adelante). Se puede utilizar agua para inundar los estratos calientes y el carbón encendido si la misma se puede contener en la zona del incendio para producir enfriamiento, lo cual podría extinguir el incendio.

Si se ha desarrollado un incendio abierto por una combustión espontánea no detectada y el incendio está bien establecido, entonces la zona del incendio debe ser aislada desde una zona segura de la mina.

Nota: La experiencia indica que incluso cuando la extinción de un incendio por combustión espontánea con agua parece ser exitosa, y ante su aparente extinción, no se hace nada más en la zona, el incendio se reavivará muy rápido porque los estratos se calientan más allá de la temperatura de ignición y el

agua no enfría la zona con suficiente rapidez. El agua despeja por deslave las fisuras y hendiduras del manto abriendo caminos al aire para la combustión espontánea y dado que la principal causa no fue eliminada, el incendio se reavivará y crecerá con rapidez. Sólo si es posible inundar los estratos calientes y el carbón encendido, puede utilizarse agua para extinguir este tipo de incendio.

Si el incendio involucra carbón encendido y hay metano u otro gas explosivo en la atmósfera, cuando haya cerca de 2% de metano y se haya detectado una tendencia creciente, no se debe considerar extinguir el incendio con agua. El incendio se debe aislar utilizando sellos a prueba de explosiones a una distancia segura y en una zona segura de la mina. La construcción de los sellos toma tiempo y los socorredores pueden estar en peligro durante su construcción. Los gases de la mina se deben monitorear para garantizar la seguridad del equipo.

3.1.4 Análisis detallado de la combustión espontánea (O incendios endógenos)

3.1.4.1 Consideraciones preliminares

3.1.4.1.1 Desarrollo químico

La combustión espontánea se puede definir como “el calentamiento autónomo del carbón u otra materia carbonosa o mineral sulfuroso, sin la aplicación de calor, hasta alcanzar el punto de ignición”.

Durante este proceso, el carbón u otro material carbonoso absorbe oxígeno del aire circundante a temperatura ambiente. Un proceso químico conocido como ‘oxidación’ tiene lugar, el cual produce calor, vapor de agua y varios gases (principalmente metano, monóxido de carbono, hidrogeno y dióxido de carbono). Si la corriente de aire que pasa sobre el carbón no es suficiente en cantidad y velocidad, el calor producido por el proceso de ‘oxidación’ se retiene al interior del carbón o del material carbonoso.

Este incremento en la temperatura acelera el ritmo de oxidación, produciendo así más calor y más gases. Este proceso continuará hasta que el carbón u otro material carbonoso alcance una temperatura suficientemente alta para encenderse.



temperaturas de 40 °C ya se produce monóxido de carbono en el proceso de oxidación. Cuando la temperatura alcanza alrededor de 70 °C se presenta un cambio fuerte en la rata o tasa de oxidación. Este periodo inicial de oxidación se conoce como periodo de incubación durante el cual se producen cantidades cada vez más grandes de monóxido y dióxido de carbono. Es importante anotar que la duración de este periodo de incubación varía según distintos factores como el rango del carbón, su composición química, su condición física, el espesor del manto, la presencia de distorsiones geológicas tales como fallas, y el método de explotación del carbón. Este periodo de incubación puede variar entonces desde unas semanas hasta muchos meses. La experiencia y la historia han mostrado que la duración del periodo de incubación, en la mayoría de los mantos de carbón, hace posible la aplicación de métodos y procedimientos que desfavorecen el desarrollo de la combustión espontánea y su evolución hacia un incendio.

Si esta incubación se deja prosperar, la reacción se volverá más rápida y aumentará la producción de vapor de agua e hidrocarburos algo más pesados como el etileno y el propileno que junto con el hidrógeno entrarán a la atmósfera. Esta reacción química produce los indicadores físicos de sudor, niebla y olor típicos del desarrollo de la combustión espontánea y que se describieron en una sección anterior.

A temperaturas cercanas a los 300 °C la fragmentación de la destilación de los gases generará un aumento, aun mayor, de las cantidades de hidrógeno, monóxido de carbono y metano lo que genera un peligro significativo para aquellos que, para ese momento, hayan sido movilizados para controlar la combustión espontánea, y que, para este nivel de actividad, muy probablemente llevará al sellamiento del área. Una combustión espontánea se convertirá en un incendio de llama abierta, invariablemente, cuando alcance la temperatura de 400°C. Esta cifra puede variar según la ventilación y el tipo de carbón, pero estará en el rango de 400-600 °C.

3.1.4.1.2 Condiciones que afectan la incubación y propagación de la combustión espontánea

178

Para que la combustión espontánea ocurra, debe haber carbón (o sustancias carbonosas) o mineral sulfuroso y aire. Dado que el carbón es el motivo de la existencia de la mina, y se requiere aire para ventilar los trabajos, es obvio que el potencial para que ocurra la combustión espontánea siempre está presente. Ya que estos dos ingredientes no se pueden remover de una mina de carbón en operación, es importante conocer los factores que pueden afectar la probabilidad de ocurrencia de combustión espontánea:

La naturaleza del manto de carbón explotado puede contribuir a la generación de combustión espontánea. Hay diferentes tipos de carbón (conocidos como rangos). El carbón con un alto rango como la antracita no es muy propenso a la combustión espontánea, mientras que el carbón de rango bajo, como lignito, se encenderá espontáneamente con rapidez.

El espesor del manto también es un factor influyente; los mantos de mayor espesor dejan un mayor vacío en la estructura geológica al ser extraídos generando así mayor movimiento en los estratos y, como resultado, queda una mayor cantidad de carbón en el derrumbe dirigido o el espacio colapsado, o en las áreas explotadas.

La condición del carbón. La cantidad de oxígeno absorbida por el carbón está relacionada con el área superficial del carbón expuesto. El carbón fino presenta condiciones apropiadas para una rápida oxidación porque tiene un área superficial mayor que las partículas gruesas. Las zonas de la mina como los bordes de pilares, los costados de las paredes, fallas, líneas de inicio del tajo donde se genera carbón fino o triturado, son conducentes a la combustión espontánea. Cualquier parte en la que el carbón fino se pueda acumular, como contenedores y silos, también son susceptibles y deben ser limpiadas minuciosamente con regularidad.

La profundidad de las obras. A medida que aumenta la profundidad de las obras, es mayor la presión de los estratos sobre las columnas y pilares, lo que contribuye a la generación de fisuras y fracturas en el carbón. La temperatura y la presión de la ventilación también pueden influir en la propagación de una



combustión espontánea en áreas profundas (ver nota sobre la gradiente geotérmica).

La presencia de pirritas de hierro. Si bien ésta no es una causa directa de combustión espontánea, su presencia en los estratos puede contribuir a la degradación del carbón, particularmente cuando las pirritas entran en contacto con la humedad y el aire. En su artículo llamado “La Ciencia de los Incendios y Explosiones en Minas”, Hunneyball menciona que las pirritas de hierro se oxidan y que se hinchan a medida que se calientan, exponiendo más carbón al proceso de oxidación.

3.1.4.1.3 Gradiente geotérmico

A una profundidad de aproximadamente 15m, la temperatura del estrato es constante durante el año. En Gran Bretaña, la temperatura a esta profundidad es de 10°C en promedio. Por debajo de ésta, el gradiente geotérmico aumenta 1 °C por cada 40m. En mediciones de estratos de carbón, la gradiente de temperatura es aún mayor, cambiando entre 1 °C por cada 25 m y 1 °C por cada 35 m.

3.1.4.2 Detección de combustión espontánea

3.1.4.2.1 Mediante signos físicos

Con frecuencia, el primer indicio de que ha comenzado una combustión espontánea es el olor, el “hedor de socavón” en el aire (usualmente en el retorno del aire desde el sitio de la combustión). El hedor de socavón es inconfundible cuando está presente en altas concentraciones y es similar al olor del humo del petróleo. Este olor se produce a medida que el carbón se destila, proceso que también puede producir hidrogeno sulfurado, que tiene un olor muy desagradable. Hay muchas variaciones en las cantidades de gases presentes durante el proceso de destilación y esto tiene un efecto en el olor percibido que ha sido descrito como:

- i) Un olor parecido al de humedad
- ii) Un olor a gasolina o parafina
- iii) Un olor aromático como el que proviene de las pilas de basura incendiadas.

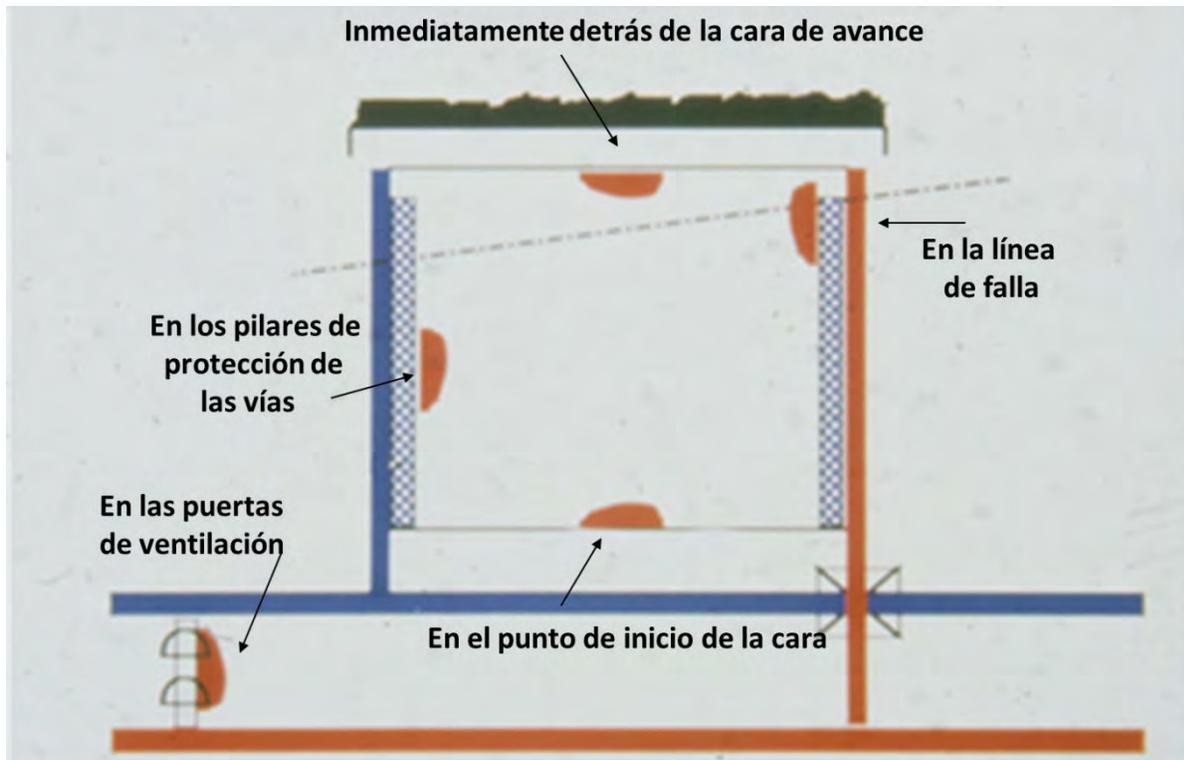
Un olor a mercaptano, que es el olor propio de las quemadas de basuras y corresponde al olor que se adiciona al gas propano para se perciba su presencia.

Un fuerte olor suele ser un indicio de que la combustión espontánea se ha establecido con firmeza, aunque ha habido casos en los que esta ha llegado a graves proporciones en algunas minas sin la presencia de un olor inusual que fuera reconocible como el ‘hedor de socavón’. En algunas circunstancias, el olor producido por la combustión espontánea se confunde con los demás olores producidos al interior de la mina, por ejemplo, en la vecindad de fallas.



3.1 Causadas por Incendios

Figura 3.1 – 5 Sitios de alta posibilidad de ocurrencia de combustión espontánea



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

A la primera sospecha de que pueda haber un olor inusual que se asemeje al de la combustión espontánea, se debe iniciar una investigación cuidadosa para obtener evidencia concluyente respecto a si ha ocurrido combustión espontánea.

En minas que son secas por naturaleza, una inspección de los estratos y de los arcos de acero y soportes de techo puede revelar parches de humedad. Cuando los gases provenientes de las acumulaciones de estéril saturados con vapor de agua se enfrían, se presenta la condensación de la humedad. Esto es más común en superficies metálicas y se conoce como 'transpiración'.

Un brote de sonido, similar al asociado con las presiones del techo, puede ser un indicio de que los estratos están sujetos a esfuerzos, como ocurriría si el techo escondido encima de una zona de combustión espontánea se estuviera expandiendo debido al calor.

Una inspección simplemente tocando los hastiales de las vías, los mantos, las grietas, los estratos que

presentan grietas y fisuras puede revelar puntos tibios o incluso calientes.

El uso de una cámara de imágenes térmicas puede ayudar para detectar puntos calientes, ya que las cámaras son precisas a 0,1° grados o menos.

La combustión espontánea puede ocurrir sin presentar ninguno de los indicios mencionados anteriormente, y la primera evidencia sería la presencia de vapor o humo que emanan tanto del manto como de los estratos de respaldo.

3.1.4.2.2 Mediante análisis de gases

3.1.4.2.2.1 Monóxido de carbono

Es un gas incoloro, inodoro y sin sabor. El trabajo de Chamberlain demostró que, sin duda alguna, el monóxido de carbono era el indicador más confiable (y sensible) del inicio de la combustión espontánea. Se mide con facilidad y precisión mediante el uso de un sistema de haces de tubos, instrumentación fija o portátil y muestreo para análisis en laboratorio. El monóxido de carbono se forma debido a una combustión incompleta del carbón, pero también se produce en minas por voladuras y emisiones de motores diésel. En el aire fresco solo se encuentran cantidades mínimas como contaminante. Las concentraciones normales de este gas en las distintas áreas de la mina se pueden establecer con facilidad

y cualquier desviación de esta normalidad sería un indicio temprano de combustión espontánea.

Por lo general, el monóxido de carbono se comienza a producir durante la oxidación del carbón a temperatura cercana a 40 °C. Entre más fácil se oxide el carbón, se produce más monóxido de carbono a temperaturas menores. A medida que la combustión espontánea ocurre, el nivel de monóxido de carbono aumenta lentamente (los pequeños incrementos pueden tardar varias semanas en ocurrir). Eventualmente se puede detectar una diferencia entre los niveles normales del área afectada de la mina y los de la combustión espontánea. A medida que continúa el proceso, el nivel de monóxido de carbono también aumenta hasta llegar a un punto en el que el nivel de monóxido de carbono aumenta súbitamente.

Posteriormente, el ritmo de oxidación disminuye a medida que se agota el contenido de oxígeno en la vecindad inmediata. Sin embargo, la temperatura de calentamiento aumenta en esta etapa y atrae el aire en la ventilación local. Al aumentar nuevamente el oxígeno, se presenta un aumento adicional en la actividad. El objetivo de una detección exitosa de la combustión espontánea es identificar el aumento constante en el monóxido de carbono antes de que llegue al punto en el que se presente el aumento súbito en la cantidad de monóxido de carbono producido.

La relación Graham

En 1930, J. Ivan Graham propuso inicialmente la relación entre el monóxido de carbono y la deficiencia de oxígeno expresada como un porcentaje como medio para evaluar la severidad de una combustión espontánea. Los métodos de cálculo fueron descritos en detalle en la sección 3.1.1.7. En términos simples, se analiza una muestra de aire. El monóxido de carbono producido por la combustión espontánea y el oxígeno absorbido por el proceso de oxidación son

usados para obtener un indicio del progreso de una combustión espontánea.

La relación Graham se puede utilizar para determinar la etapa alcanzada por una combustión espontánea, por ejemplo:

Una relación Graham de 0,7 indica una temperatura de al menos 100°C

Una relación Graham de 1,6 o más indica una temperatura mínima de 150°C

Una relación Graham de 2,5 puede indicar una temperatura mínima de 200°C.

3.1.4.2.2 Hidrógeno

Este gas se produce por la combustión espontánea en temperaturas entre 100°C y 200°C, dependiendo de la clasificación del carbón. La medición del hidrógeno producido no es un indicador confiable del inicio de una combustión espontánea, pero es altamente preciso para monitorear su progreso.

3.1.4.2.3 Medición de gas

La clave para una detección temprana de la combustión espontánea es un monitoreo regular, o continuo, del entorno subterráneo. Se pueden hacer mediciones generales utilizando instrumentos electrónicos, con el sistema de haces de tubos o tomando muestras para análisis en laboratorio.

3.1.4.2.3.1 Instrumentos electrónicos

Hay una amplia gama de instrumentos electrónicos portátiles y fijos para detectar gases en el entorno general. El principal problema con estos detectores es que las unidades dejan de funcionar si las concentraciones de gases superan el rango del sensor. Principalmente, los instrumentos portátiles se utilizan para obtener lecturas localizadas y así reducir el área de probable presencia de combustión. Por otro lado, un estudio completo utilizando instrumentos de laboratorio determinará con precisión el sitio que presenta el calentamiento anormal. Siempre se deben tener cuidados apropiados para no exponer ninguno de los instrumentos a lecturas por encima del rango del sensor. Las cabezas del sensor se pueden "contaminar", evitando así la toma de lecturas adicionales y dañando los instrumentos. Algunos instrumentos se confunden con otros gases. Por lo



3.1 Causadas por Incendios

tanto, la selección del instrumento adecuado para tal propósito es esencial para obtener información confiable.

3.1.4.2.3.2 Sistema de haces de tubos

El sistema de conjunto de tubos es una pieza de equipo establecida para análisis rutinario de gases y es de gran valor para detectar y monitorear la combustión espontánea. Como ya se describió anteriormente, no depende de energía subterránea y suministra análisis controlados por computadora con calidad de laboratorio. Una ventaja particular del sistema es su capacidad de monitorear desde detrás de los tabiques de aislamiento. Las muestras también se pueden obtener mediante sondeo en la superficie para un análisis especializado. Nótese que hay una demora de tiempo, ya que la muestra pasa desde la entrada del tubo a la estación de muestreo, afuera de la mina.

3.1.4.2.3.3 Análisis de laboratorio.

En este sistema, se toman muestras de puntos específicos en la mina y se transportan a la superficie, donde son analizadas utilizando una variedad de instrumentos, usualmente un cromatógrafo de gases. En tales circunstancias, el papel del salvamento minero es usualmente la toma y etiquetado correcto de muestras utilizando equipos apropiados (generalmente una bomba CRE con tubo).

Nótese que, si se sospecha la presencia del gas hidrógeno, entonces se deben utilizar cápsulas (tubos) de acero inoxidable. El hidrógeno reacciona con cuerpos compuestos y produce más hidrógeno, dando así una lectura falsa.

Las cuadrillas involucradas en la detección de combustión espontánea deben desplazarse el largo de la vía de la mina donde se sospecha que está ocurriendo la combustión espontánea. Deben observar dos elementos específicos:

Fugas hacia la atmósfera de la mina desde la zona de combustión espontánea. Aquí es donde se observaría la transpiración y la humedad. En los periodos iniciales, durante la incubación de una combustión espontánea, estas áreas aledañas podrán notarse por un aumento en los niveles de monóxido de carbono justo después del punto siguiendo el sentido

del circuito de ventilación. También puede haber un aumento en el volumen de ventilación más allá de estos puntos de fuga.

Los puntos de fuga hacia adentro de las zonas aisladas son más importantes, pero ubicarlos y detectarlos puede ser más difícil. Bajo ventilación de baja velocidad puede ser posible detectar estos puntos de fuga hacia adentro utilizando tubos de humo y observando a dónde viaja el humo y si desaparece. También puede ser posible observar estas zonas de fuga con mediciones de ventilación, es decir, si la medición de una cantidad de aire que viaja por la vía de la mina disminuye, entonces hay una fuga.

3.1.4.3 Prevención de la combustión espontánea

En la etapa de diseño:

- Trazados simples que se puedan aislar con facilidad.
- El uso tajos largos o cortos en retroceso.
- Planeación del trazado en función de las explotaciones en otros mantos del depósito.
- Dejar pilares adecuados para evitar el aplastamiento excesivo.
- Minimizar el diferencial de presión en los tabiques de sellamiento y en los depósitos subterráneos de estéril.

Durante la producción

- Retiro de recuperables y sellamiento de las áreas explotadas dentro de los tres meses siguientes al cese de la producción
- Disminuir al mínimo las fugas de aire en la mina mediante su correcta distribución (la combustión espontánea suele ocurrir cuando hay circulación forzada de aire a través del carbón alrededor de los tabiques de aislamiento)
- Puertas, reguladores, tabiques, etc., ubicados correctamente.

- d) La presión de ventilación debe ser estable y las fallas eventuales de los ventiladores deben ser mínimas.
- e) El avance en los tajos debe ser constante, con pilares de protección de vías sólidos. En los mantos de alto riesgo de combustión espontánea, se debería utilizar una cobertura sellante que contenga inhibidores de fuego en los pilares de protección de vías, en los pilares de las cámaras y en la línea de inicio del tajo.
- f) Palancas, especialmente las de madera, no deben ser dejadas entre material suelto, y el carbón, a menos que haya sido tratado, no debe usarse como material de relleno.
- g) Las vías deben ser lo suficientemente grandes para mantener una adecuada velocidad del aire.
- h) Inyectar nitrógeno detrás del tajo para remplazar el oxígeno presente en el carbón fracturado.

3.1.4.4 Combatiendo el incendio endógeno

La primera acción que se debe tomar al combatir la combustión espontánea es equilibrar la diferencia de presión en la ventilación entre las vías de ingreso y retorno de aire entre los socavones tanto como sea posible para minimizar las fugas hacia las zonas de acumulación de estéril.

La segunda acción es eliminar las obstrucciones (maquinaria u otros) que estén restringiendo la ventilación y desviando el flujo de aire hacia los estériles.

Ver revestimiento de vías (más abajo) como una acción para controlar los escapes de aire hacia las áreas selladas.

3.1.4.4.1 Excavación y retiro del carbón

Excavar y retirar el carbón en combustión es posible cuando se conoce la ubicación exacta de la combustión espontánea, se ha determinado que es localizada, o sea, no extendida, ha sido descubierta en sus etapas tempranas y se encuentra cerca de los hastiales o paredes de una vía. Sin embargo, en la mayoría de los casos debe evitarse este proceso. Los principales riesgos son el peligro de encender el grisú y la posibilidad de intensificar la combustión espontánea al facilitar el libre acceso de aire. En

muchos casos, después de una inspección más cercana, se encuentra que el alcance de la combustión espontánea es mucho mayor que lo esperado; por lo tanto, se requieren otros métodos de tratamiento. Si se considera que la excavación es posible, cualquier carbón caliente debe enfriarse por completo con agua y removerse de la mina.

3.1.4.4.2 Agua

El agua, como se ha mencionado (pero vale la pena recalcarlo) solo debe utilizarse con extremo cuidado. El polvo que rellena las grietas puede deslavarse, agravando el ingreso de aire y, en consecuencia, la combustión espontánea. La reacción del agua sobre carbón caliente puede producir gas de agua (hidrógeno) el cual es explosivo en sí mismo; el vapor también contribuirá a aumentar la humedad y el peligro de quemaduras a los socorredores.

3.1.4.4.3 Revestimiento de vías

El aire puede excluirse para amortiguar el calentamiento ya sea rociando un revestimiento sellante o revistiendo con yeso o con materiales a base de cemento retenidos mediante encofrado. Aplicar el material por aspersion es el método más rápido, pero no el más efectivo si no se sellan todos los vacíos con efectividad. Parte de esta operación puede involucrar la búsqueda de pasos de aire de un área a otra.

El encofrado debe instalarse desde abajo en piso sólido hasta sobrepasar la altura del manto. Donde todo el perímetro requiere revestimiento puede ser necesario instalar un segundo conjunto de arcos de acero de menor altura dentro de los arcos originales, revestirlos y rellenar el vacío entre ellos bombeando 'hardstop'TM (Producido por British Gypsum) u otro material apropiado.

3.1.4.4.4 Bougeeing (Inyección a alta presión de materiales sellantes)

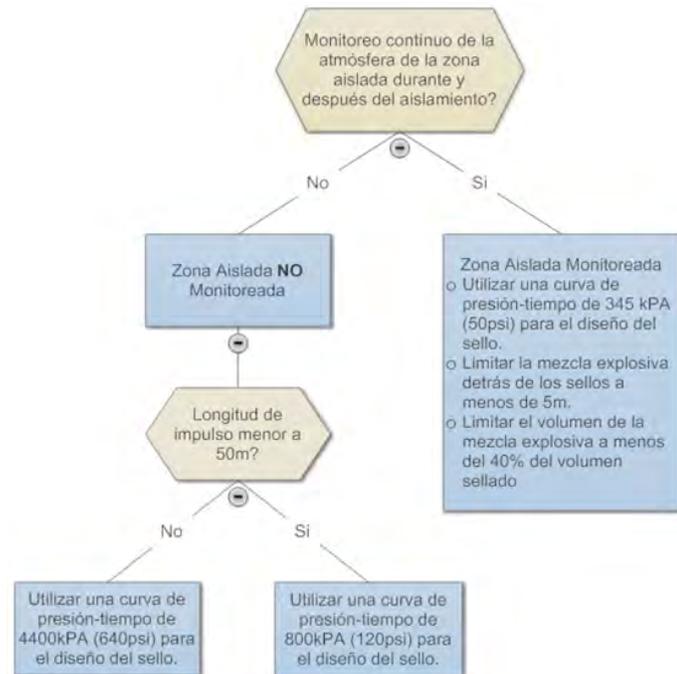
El objetivo de la inyección a alta presión de materiales sellantes es rellenar las grietas, fracturas y vacíos en los respaldos y en el manto impidiendo el paso de aire por ellos. Con este objeto se perforan agujeros de 2 a 6 metros de largo y de 50mm de diámetro en el manto y en los respaldos y mediante bombas de alta presión



3.1 Causadas por Incendios

y boquillas especiales ajustadas a las perforaciones se bombean materiales sellantes.

Figura 3.1 - 6 Diagrama de flujo para elegir la curva de presión-tiempos de diseño para tabiques



Fuente: Desarrollo propio

3.1.4.4.5 Inyección de nitrógeno

Utilizando este método, se transporta nitrógeno (un gas inerte) a la superficie de la mina y se bombea bajo tierra a la zona afectada mediante tuberías, con el objetivo de contrarrestar la propagación de la combustión espontánea (mediante el agotamiento del oxígeno y el enfriamiento). Este es un método costoso de combatir la combustión espontánea y el costo de utilizarlo debe compararse con los beneficios percibidos que podrían obtenerse. El principio de operación es tratar de inundar la zona de calentamiento con nitrógeno, el cual limitará o excluirá el contenido de oxígeno alrededor de la zona de calentamiento y SOFOCARÁ el fuego de manera efectiva. Los beneficios de utilizar nitrógeno son

- Puede permitir la producción continua o salvar un distrito de una combustión espontánea incipiente.
- Puede acelerar el proceso de extinguir una combustión espontánea o incendio después de la instalación de tabiques de aislamiento.
- Puede tenerse de respaldo en la reapertura o reapertura parcial de un frente de explotación.

3.1.4.4.6 GAG - Motor de reacción

Este tiene el mismo efecto que la inyección de nitrógeno. Puede tener un efecto más rápido en la combustión espontánea, pero tiene sus propios peligros y riesgos.

Un motor de reacción se instala en la superficie o en una vía de la mina, de manera que los gases de la combustión atraviesen un tabique de aislamiento o una partición de la ventilación que lleva a la zona del incendio y se enciende el motor. El motor consume la mayoría del oxígeno que pasa a través de su turbina. Esto llena por completo la zona de la mina con una atmósfera inerte que extingue la combustión espontánea. Las concentraciones normales de gas en las minas cambian por la adición de productos de escape de la combustión. Esto hace que el monitoreo de los gases producidos por el fuego sea muy difícil.

3.1.4.4.7 Aislamiento o sellamiento (Construcción de tabiques, incluyendo tabiques a prueba de explosión)

En muchos casos este método es la última opción, y se utiliza para evitar que la combustión espontánea resulte en un incendio abierto, y por lo tanto minimizar la propagación del incendio, que puede tener un impacto significativo en la producción de la mina de carbón y en la seguridad de los trabajadores. Se construirán tabiques con el objetivo de limitar el flujo de oxígeno a la zona de combustión espontánea y, si se usa en conjunto con nitrógeno o dióxido de carbono, puede acelerar el proceso de extinción del incendio.

3.1.4.4.7.1 Introducción

Un tabique de aislamiento, como su nombre lo indica, es utilizado bajo tierra para prevenir (o detener) el paso del aire más allá de ese punto y, por lo tanto, se utiliza para desviar el circuito de ventilación que fluye en la mina.

Se utilizan en la mina por varios motivos, los más comunes son:

- Prevenir acceso
- Desviar aire hacia otras partes de la mina
- Suspender y aislar obras antiguas y abandonadas



d) Aislar una zona que contiene un incendio o combustión espontánea

Y puede construirse utilizando diferentes materiales, dependiendo de la función que debe desempeñar.

Una vez se ha establecido que un incendio o combustión espontánea subterráneos no se puede controlar con los métodos normales, o que la presencia de gases inflamables u otras circunstancias pueden generar condiciones peligrosas en la vecindad del incendio, puede ser necesario retirarse y controlar la situación aislando la zona afectada al interior de la mina. Este método de control utiliza los tabiques de aislamiento, también conocidos como cortafuegos o sellos.

El objetivo de un 'tabique de aislamiento' puede ser doble:

1. Sofocar el incendio o combustión espontánea evitando el flujo de aire hacia la zona afectada, efectivamente agotando el OXÍGENO del incendio, y
2. En caso de una explosión, ser capaz de contener exitosamente cualquier explosión.

Después de aislar cualquier zona de incendio, siempre hay un riesgo de que la acumulación de grisú o la recirculación de 'productos de la combustión' puedan llegar hasta la llama abierta y causar una explosión. Por lo tanto, siempre debe tenerse en cuenta el 'tipo' de tabique seleccionado.

No es fácil evaluar con precisión la intensidad de una explosión, pero los experimentos han mostrado que un tabique a prueba de explosiones debería ser capaz de soportar y contener presiones de entre 345 y 800 kPa (50 a 120 psi) [Zipf, et al. 2007].

La Figura 3.1 - 5 es un simple diagrama de flujo que ilustra las decisiones clave al elegir entre el diseño de un tabique monitoreado o no monitoreado y las tres curvas de diseño presión-tiempo basada en la investigación de NIOSH presentada en IC 9600. Para la primera condición, un sello no monitoreado con una longitud de impulso de explosión de más de 50 m (165 ft), existe la posibilidad de detonación o de ondas de choque no reactivas de alta presión y sus reflexiones.

La curva presión-tiempo de diseño recomendada llega hasta 4,4 Mpa (640 psig) y luego cae a 800-kPa (120-psig) con volumen constante (CV) de sobrepresión de la explosión. Para sellos no monitoreados con una longitud de impulso menor de 50 m (165 ft), la posibilidad de detonación u ondas de choque de alta presión no reactivas y sus reflexiones es menos probable. Se puede utilizar una curva de presión-tiempo de diseño que simplemente se eleve a 800-kPa (120-psig) con CV de sobrepresión de la explosión. Para sellos monitoreados, los ingenieros pueden utilizar una curva de tiempo-presión de diseño de 345-kPa (50-psig) si el monitoreo puede garantizar que (1) la longitud máxima de la mezcla explosiva detrás del sello no supere 5 m (16 ft) y (2) que el volumen de la mezcla explosiva no exceda el 40% del volumen total sellado. El uso de esta curva de presión-tiempo de diseño de 345-kPa (50-psig) requiere monitoreo y manejo activo de la atmósfera de la zona aislada. Estas curvas de presión-tiempo de diseño aplican al diseño y construcción de sellos nuevos.

3.1.4.4.7.2 Selección del sitio del tabique

Cuando se ha tomado la decisión de sellar o aislar un área de la mina, la siguiente etapa en la operación es seleccionar el sitio adecuado para el tabique. Hay muchos factores que afectarán el proceso de toma de decisiones y, por lo tanto, deben tenerse en cuenta. Estos incluyen:

Grisú

Todas las minas de carbón producen grisú por naturaleza. Por lo tanto, es una ventaja saber cuál es la tasa de producción de grisú para esa zona. Esto determinará dónde ubicar una barricada en relación con el incendio. Por lo general, a mayor tasa de emisión de grisú, será mayor la distancia que debe separar el tabique de la fuente de peligro.

Ventilación

Esta se puede relacionar directamente con la producción de grisú en la medida en que la cantidad y distribución de ventilación durante la construcción de un tabique es necesaria para diluir y mantener los niveles de grisú por debajo de los límites explosivos inferiores para mantener un entorno seguro.

Estratos



3.1 Causadas por Incendios

Se deben considerar los estratos que rodean el sitio de barricada propuesto. Es más benéfico excavar cimientos en suelo sólido que en suelo débil o fragmentado con el fin de evitar las filtraciones tanto de aire como de relleno del tabique.

Inclinación

Siempre es mejor construir el tabique en un suelo nivelado que en uno inclinado. Algunas de las razones son: La presión del relleno sobre la más baja, las dificultades de bombeo del material de relleno y la acumulación de grisú.

Condiciones Ambientales

Si se trabaja en una vía de retorno de la ventilación con aire contaminado deben tenerse muy en cuenta las condiciones de temperatura y humedad, que pueden reducir considerablemente el tiempo máximo de trabajo usando equipos de respiración. Esto puede agravarse por el humo en la atmósfera, que limita la visión. Esta situación aumentará el tiempo de construcción y resultará en condiciones laborales más arduas para quienes usan respiradores.

Transporte

También se debe tener en cuenta el transporte de materiales al sitio, ya que el acceso hasta del sitio de construcción disminuirá la necesidad de manipulación de equipos y materiales.

Servicios

La disponibilidad de suministro de electricidad y agua en relación con la ubicación de las máquinas y equipos necesarios en la construcción.

Riesgo de explosión

Si hay posibilidades de una explosión, se deben implementar medidas para contrarrestar dicha explosión, por ejemplo, se deben colocar barreras de polvo inerte de roca caliza o de agua para proteger a los trabajadores.

Consideraciones adicionales

Se debe considerar la 'selección del sitio' para la posible adición de 'cámaras de equilibrio de presión' (ver sección 3.1.4.4.7.7,) con el fin de prevenir o minimizar las fugas de aire. Por supuesto, si hay áreas o túneles adicionales que al sellarse ayuden al

control del peligro sin afectar la ventilación principal, tales sellamientos deben terminarse antes de construir los últimos tabiques de aislamiento.

Estos aspectos se estudian normalmente estando en superficie, donde la información esté disponible y puede consultarse con otros participantes de la acción. Sin embargo, una vez se ha seleccionado la ubicación, es recomendable contar con el apoyo de personas experimentadas que inspeccionen físicamente la zona para determinar su ubicación exacta.

3.1.4.4.7.3 Tipos de tabiques de aislamiento

Hay tres tipos básicos de tabiques aceptados en la industria minera, cuyas características son suficientes para satisfacer los criterios mencionados anteriormente, estas son:

- a) Barricadas con bolsas de arena
- b) Barricadas de agua
- c) Barricadas monolíticas

Barricadas con bolsas de arena

Como su nombre lo indica, este tipo de barricada se construye utilizando bolsas de arena llenadas a dos tercios de su capacidad y colocadas unas encima de otras a lo largo de la vía para formar un relleno hermético de la longitud requerida. Si bien es simple, es físicamente difícil de construir para los socorredores y muy exigente ya que la posición de las bolsas de arena debe alternarse en uno y otro sentido, distribución conocida como sogá y tizón, para formar un paquete hermético y proporcionar un buen soporte. Si se espera que la barricada contenga una explosión, se colocan vigas de acero en sección 'H' tanto horizontal como verticalmente en la barricada para añadir resistencia.

Por lo general, se deja una abertura en la pared del tabique a nivel del piso para permitir el acceso a la zona que se aísla y mantener la ventilación durante la construcción para seguridad del personal; posteriormente, este paso se cierra utilizando bolsas de arena al terminar la barricada principal. Cabe resaltar que a medida que las bolsas de arena se secan, son propensas a compactarse lo cual puede generar espacios para fugas de aire, particularmente entre la parte superior del tabique y el techo.



Actualmente, este tipo de tabique es raramente utilizado para aislar un área, ya que no solo es un trabajo pesado, sino que también toma mucho tiempo. Sin embargo, se puede considerar cuando la mina tiene instalaciones limitadas respecto al suministro de electricidad y agua.

Barricada de agua

Esta es, probablemente, la manera menos trabajosa de construir una barricada de aislamiento. Este método utiliza la geología natural del manto donde se llenan el área y las depresiones de las vías, con agua para crear un sello hermético. Tiene la ventaja adicional de poder “construirse a control remoto”; el tabique puede ubicarse simplemente permitiendo el flujo de agua hacia un “agujero” o “hendidura” o, alternativamente, por bombeo.

Los principales problemas de este método son:

- a) El tiempo que puede tardarse en llenar estas depresiones naturales, ya que las cantidades de agua necesarias pueden ser significativas.
- b) Los movimientos geológicos pueden generar un pasaje del agua hacia un drenaje y permitir que el aire reingrese a la zona aislada.

Tabique monolítico

Este es el tipo de tabique de aislamiento más común utilizado actualmente en minas bajo tierra. El principio de construcción es levantar dos paredes (frontal y trasera) y llenar el vacío con anhidrita líquida o un material basado en cemento para crear un tapón impenetrable. El material de cementación puede mezclarse y bombearse desde una estación remota, o puede transportarse bajo tierra en bolsas de 25 kg y mezclarse con agua cerca del sitio del tabique en máquinas mezcladoras. Posteriormente, estas máquinas bombean la mezcla líquida mediante una manguera que la descarga en el vacío. Al adoptar este método, la mano de obra y el tiempo de construcción se reducen considerablemente. En los EE UU se han autorizado algunos materiales de relleno a base de un adhesivo de poliuretano de alta densidad y uno de relleno expansivo entre las paredes que limitan las fugas y reducen el tiempo de instalación.



Las ventajas de adoptar este método se pueden resumir de la siguiente manera:

- El medio de sellado se mezcla y bombea en el sitio (o desde un punto remoto). Hay una reducción proporcional tanto en tiempo como en costos.
- Las paredes solo deben ser lo suficientemente fuertes para contener la lechada hasta que se haya solidificado lo suficiente para soportar su propio peso (generalmente de 20 a 30 minutos). Por lo tanto, los materiales de construcción suelen ser livianos y se pueden transportar al sitio con facilidad.
- Gracias a los avances tecnológicos, ahora se puede bombear el material de relleno desde distancias considerables; por lo tanto, menos personal está expuesto a peligros durante la construcción.
- El material de anhidrita, el cemento o el poliuretano bombeado al interior del tabique fluirá a cualquier grieta o fisura en los estratos, sellando potenciales rutas de fuga.

3.1.4.4.7.4 Construcción

La fase de construcción se puede dividir en 4 etapas, las cuales se pueden describir con mayor detalle:

- a. Excavación de zanjas.
- b. Construcción de muros de contención.
- c. Relleno del tabique.
- d. Llenado a tope.

Excavación de zanjas:

Es esencial preparar el suelo apropiadamente antes de construir los muros de contención. Por lo tanto, es necesario, una vez se haya elegido el sitio para la pared frontal y trasera, remover todos los materiales de la vía como revestimientos de madera, láminas de acero, mallas de soldadura, e incluso losas de revestimiento de hormigón. Esto permite acceder al estrato, el cual se debe excavar a una profundidad de 300 mm o hasta encontrar roca sólida. Esta ‘excavación’ no ocurre únicamente en el piso, debe hacerse en los hastiales a ambos lados de la vía y donde sea necesario a lo largo del techo con el fin de dar un apoyo apropiado para la construcción de los muros de contención.

Figura 3.1 – 7 Revestimiento lateral retirado



Fuente Mines Rescue Service Ltd

Construcción de los muros de contención:

Después de remover todos los equipos y servicios innecesarios, tales como rieles, estructuras transportadoras, tuberías, etc., de la zona del tabique, la operación pasa a la construcción de los muros de contención. Es muy importante remover todos los metales conductores que pasan por la zona de aislamiento para evitar fuentes de ignición tras el sellamiento o que puedan ser un conducto para que los gases escapen del aislamiento.

Estos muros de contención son, por definición, dos muros construidos a lo ancho de la vía, a una distancia entre sí previamente calculada, que tienen el propósito de contener el material de relleno hasta que se haya curado. Se pueden construir utilizando varios materiales, tales como: madera, paneles gypklith™, ladrillos o láminas prefabricadas de acero.

Para construir el muro utilizando madera y láminas:

Se ubica un número importante de postes de madera verticalmente desde la zanja inferior hasta el techo, inclinándolas ligeramente hacia afuera en la parte superior, formando una cuña. Los postes se aseguran clavando travesaños horizontalmente a lo ancho de la vía, para formar un fuerte enrejado de madera. Se usarán paneles de madera por la cara interior de los postes para completar el muro. Para garantizar un aislamiento eficiente y evitar fugas, una mezcla fluida de cemento o yeso y agua se vierte entre los muros, garantizando que todos los vacíos, particularmente alrededor del perímetro, queden sellados.

Figura 3.1 – 8 Revestimiento lateral retirado



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Relleno del tabique:

Hay varias marcas comerciales de material de relleno disponibles; sin embargo, el método de relleno es, en esencia, el mismo.

Figura 3.1 – 9 Muro de tabique de aislamiento en madera y láminas



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

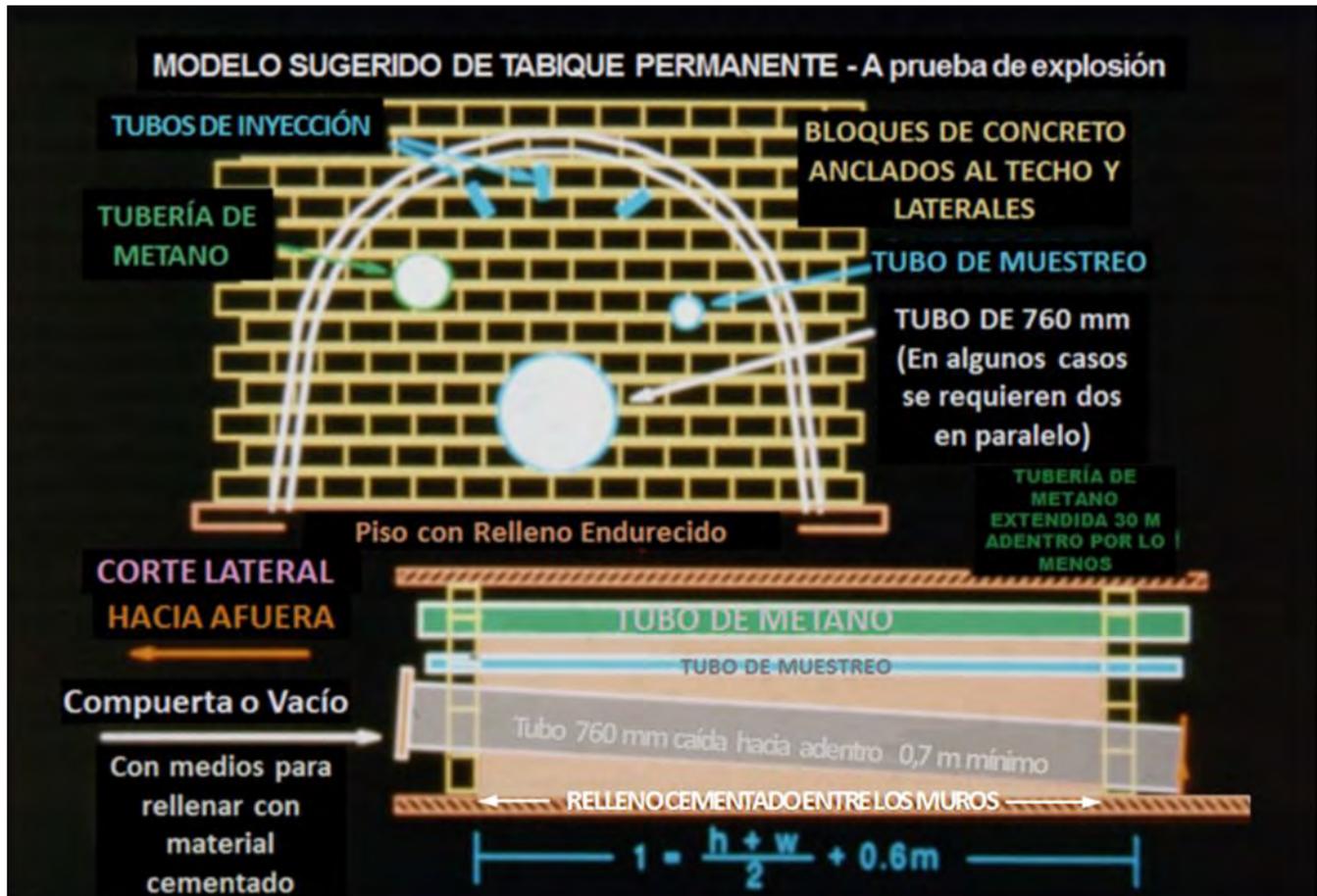
Este método utiliza una máquina combinada de mezcla y bombeo y es impulsada con energía eléctrica. Involucra cemento o yeso seco que se carga en la tolva superior que suministra el material seco a un tanque de mezcla donde se añade agua en cantidades predeterminadas y se mezclan los dos materiales.

Una vez mezclados, la lechada resultante es bombeada al interior del tabique de aislamiento mediante una bomba. La descarga se hace mediante una manguera reforzada de 25mm o, más comúnmente, mediante una manguera de incendios de 65mm.

Llenado a tope:

Para permitir el llenado a tope del tabique y la salida del aire acumulado en su interior durante el proceso de llenado, se instalan tubos de acero de 50mm de diámetro, cortados a un largo apropiado, bien en la pared frontal o en la pared posterior del tabique.

Figura 3.1 – 10 Modelo de tabique permanente



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Estos tubos se posicionan estratégicamente con el fin de alcanzar el punto más alto del tabique. El tubo de llenado a tope se instala ligeramente más alto.

La lechada se aplicará fluyendo hacia el tabique por una manguera abierta hasta el momento en el que se alcance el punto más alto en el muro frontal (o posterior). Alcanzado este nivel, se utiliza el tubo de llenado a tope (para el llenado final) y el tubo de respiración (para liberar el aire presurizado). La bomba de lechada se detiene y la manguera de alimentación se une con el tubo de llenado a tope; todos los demás accesos se sellan y la bomba se enciende. A medida que la lechada llena la barricada,

comenzará a fluir por el tubo de respiración, indicando que el vacío está casi lleno, punto en el cual se apaga la bomba, se sellan los tubos de respiración y de llenado a tope y el tabique queda 'presurizado'. Al terminar, se bombea agua fresca limpiando las mangueras para garantizar que no haya acumulación de material en el sistema de entrega.

3.1.4.4.7.5 Tubos de acceso y tubería de servicios
A lo largo del tabique se instalan varios tubos por motivos de seguridad, los más comunes incluyen:

- Tubos de acceso.
- Tubos de muestra.
- Tubos de liberación de agua.

Tubos de acceso

Hay diferentes tipos de tubos de acceso: ARMCO™, 1m CUADRADOS, BRAITHWAITE™, etc. Si bien son de diferentes fabricantes, esencialmente cumplen la misma función, la cual es:



3.1 Causadas por Incendios

- **Mantener la ventilación** - Durante la construcción de una barricada es importante reducir la posibilidad de una explosión al mínimo. Esto se logra incorporando un 'tubo de acceso' en las paredes de la barricada, permitiendo la circulación de suficiente ventilación en la zona del incendio con el fin de diluir cualquier acumulación peligrosa de gases.
- **Permitir el acceso a la pared trasera** - Durante la construcción es necesario tener acceso a la pared trasera de la barricada para buscar fugas durante la etapa de bombeo. También puede ser necesario tener acceso más allá de la pared trasera para erigir barreras de polvo de piedra para brindar protección adicional en contra de explosiones durante la construcción.
- **Enjuague de mangueras** - Durante la etapa de bombeo se recomienda enjuagar las mangueras de cuando en cuando con agua limpia. Esto se puede hacer a lo largo de la barricada para mantener el sitio de construcción limpio.
- **Permitir el sellado simultáneo**
- **Facilitar la reapertura de una zona aislada** - Algunos tipos de tubos de acceso son lo suficientemente fuertes como para soportar una explosión. Estos tubos de acceso tienen pesadas puertas de sección, las cuales se cierran para proteger de explosiones en caso de que una ocurra después de terminar su construcción. Por supuesto, las puertas pueden utilizarse más adelante en una operación para reabrir el área, o se puede llenar el tubo entre las puertas si hay pocas probabilidades de reingresar.

Tubos de muestra:

Los tubos de muestra se instalan en tabique de aislamiento para permitir tomar y analizar muestras de la atmósfera en la zona aislada. Este análisis dará una mejor indicación de las condiciones relacionadas con el incendio, combustión espontánea y la presencia de gases combustibles.

Por lo general se instalan en pares, en un punto aproximadamente a dos tercios de la altura de la barricada y se extienden por 2m y 20m respectivamente de la pared trasera (para monitorear la acumulación por presión en el área inmediata del muro). El tubo de muestras es un tubo de cobre de 6mm que cuenta con un juego de válvulas en la pared

de salida y está recubierto por un tubo de acero de 50mm para proporcionar la protección necesaria.

Tubo de liberación de agua:

Los tubos de liberación de agua se instalan en la barricada para prevenir una acumulación sustancial de agua detrás de la pared de entrada, la cual puede erosionar los cimientos y dañar la estructura.

El número de tubos de liberación de agua utilizados depende del volumen de agua a ser descargado. Por lo general, un tubo de liberación de agua es suficiente; se trata de un tubo de acero de 150 mm de diámetro instalado a nivel del piso, con una trampa en 'U' instalada en la pared de salida. Es imperativo que, donde se instale un tubo de liberación de agua, la trampa en 'U' esté llena de agua en todo momento; de lo contrario, es posible que los gases acumulados detrás del tabique puedan liberarse a la atmósfera de la mina. Es común que se construya un muro bajo a continuación de la pared interior y a cierta distancia de esta dentro del área asilada (trampa de sedimentos) que retenga las aguas de escorrentía y evite que se acumulen sobre la pared. A esta pequeña represa que se forma se conecta el tubo de liberación de agua. Esto ayuda también a evitar la sedimentación del tubo de liberación de agua. Puede ser necesario incluir una válvula en el tubo de drenaje de agua para seleccionar cuando se manejará el agua o aislar por completo la zona abandonada.

N.B. Otros tubos podrán instalarse atravesando el tabique por otros motivos, por ejemplo, Drenaje de Metano, pero se considera que los mencionados son los que se utilizan con mayor frecuencia.

3.1.4.4.7.6 Aislamiento simultáneo

Durante las operaciones de aislamiento que involucren grandes incendios, si una barricada se termina antes que otra, el incendio suele atraer su propia ventilación, lo que eventualmente produciría una acumulación de los 'productos de combustión' en esa zona.

Estos 'productos de combustión', al no tener a dónde ir y no tener medios de dilución pueden devolverse a la zona del incendio y aumentar el riesgo de una explosión.



Con el fin de minimizar este riesgo, se instalan tubos de acceso en los tabiques, incluyendo puertas con mamparas y bisagras capaces de soportar una explosión. Estas puertas se dejan abiertas hasta terminar todos los tabiques, permitiendo que la ventilación natural diluya los gases peligrosos que se puedan acumular y así reducir la posibilidad de una explosión.

Las operaciones finales de aislamiento deben planearse con cuidado y todos deben conocer la importancia de cerrar las puertas simultáneamente. Esto se logra con una buena comunicación entre los sitios de la barricada y un punto de control central, usualmente la base de aire fresco. La orden para cerrar las puertas se dará desde el punto de control a ambos o todos los sitios de aislamiento simultáneamente.

Al terminar esta tarea, se instalarán las puertas de salida y la barricada se aislará; posteriormente, todo el personal se retirará a la Base de Aire Fresco.

3.1.4.4.7.7 Equilibrio de presiones

Dado que un tabique de aislamiento nunca será completamente hermético (sin importar la solidez con la que se construya y se inyecten los estratos circundantes) es probable que haya movimiento de aire entre los estratos o a través de la barricada, los cuales se ven afectados por cualquier diferencial en la presión entre la entrada y el retorno. En este caso, a veces es necesario minimizar o eliminar la diferencia de presión entre la cara de las barricadas. Este proceso se conoce como '*equilibrio de presiones*'. Un resultado de la fuga de aire a través del carbón en los bordes de la barricada es que el oxígeno extra puede iniciar un calentamiento espontáneo donde, de otra manera, no ocurriría. Si se nota que hay calentamiento, puede ser posible algún control revistiendo los estratos y bloqueando o cubriendo la zona con una capa impermeable como Tyvek^(R) (membrana impermeable de larga duración producida por Dupont) o similar.

El equilibrio de presión se logra ajustando el sistema de ventilación o instalando una cámara de equilibrio de presión en la zona del tabique. Una cámara de

equilibrio es, en esencia, una pared construida a unos metros de distancia de la cara del tabique para crear una cámara tan hermética como sea posible. Posteriormente, se añade una presión positiva o negativa a la cámara, con el objetivo de igualar la presión en las dos caras del tabique, anulando el movimiento de aire ya que no hay diferencia de presión.

3.1.4.4.7.9 Apertura de zonas aisladas

Los procedimientos seguros para llevar a cabo lo señalado en el título IX, Prevención y extinción de fuegos e incendios, artículo 207 del Reglamento de Seguridad en las labores mineras subterráneas contenido en el decreto 1886 de 2015 sobre reapertura de trabajos previamente sellados, de acuerdo con el cual solo podrán abrirse tales áreas con permiso de la Autoridad Minera y la asistencia de un profesional de salvamento minero, se describen en el Anexo 2 de este documento "Métodos de Reapertura de Áreas Selladas.

Junto con la descripción de los métodos se incluyen los factores que influyen en la elección del método mismo. Estos mismos factores deben considerarse para decidir la reapertura misma.

El nivel de riesgo es normalmente muy alto, y la medición de las concentraciones de gases y sus tendencias serán definitivo en la toma de decisión de una reapertura. Si la tendencia muestra que la combustión espontánea o el incendio no están controlados, muy seguramente la mejor decisión será no proceder a la reapertura. Las mediciones podrán tomarse a través de perforaciones como se describe en el anexo respectivo.

3.1.4.4.7.10 Varios

Longitud del tabique de aislamiento:

La longitud de una barricada está definida por las regulaciones de ventilación vigentes en los países mineros. Estas regulaciones especifican tanto la técnica de construcción como su longitud.

La longitud de un tabique por lo general se calcula utilizando una fórmula comprobada y de confianza conocida como la "Fórmula de Willet". El Dr. Willet



3.1 Causadas por Incendios

calculó que, para contener una explosión, el grosor o longitud del tabique era relevantes la altura y el ancho de la vía en la que se construye. Por lo tanto, después de muchas pruebas, calculó que la ALTURA de la vía debe sumarse al ANCHO y la cifra resultante se divide por 2 y se suma 0,6m.

Al terminar cualquier aislamiento simultáneo, se debe evacuar la mina durante un periodo mínimo de 24 horas (durante este tiempo, la probabilidad de que ocurra una explosión en el área aislada es mayor), y normalmente se instalarían equipos electrónicos de medición para monitorear si ocurrió una explosión y las concentraciones de gas explosivo en la zona aislada.

Ejemplo: Calcular la longitud del tabique de aislamiento, utilizando la Formula de Willet, si las dimensiones de la vía son 3m de alto y 5m de ancho.

$$\frac{H + W}{2} + 0,6 = \frac{3 + 5}{2} + 0,6 = 4 + 0,6 = 4,6 \text{ m}$$

Al calcular la longitud de una barricada para una vía con 3m de alto por 5m de ancho, la misma sería de **4,6m**.

Símbolos:

Los sitios de los tabiques de aislamiento por lo general se marcan en los planos de la mina utilizados por los socorredores. En el Reino Unido, los símbolos son:

- a) *Tabique* (permanente) representado por dos líneas paralelas que cruzan la vía en ángulos rectos.
- b) *Tabique* a prueba de explosiones representado por dos líneas paralelas que cruzan la vía en ángulos rectos, con 6 líneas paralelas más cortas. (En EE.UU. serían tres líneas paralelas perpendiculares a la entrada).
- c) *Sitio elegido para un tabique (SSS)* marcado en los planos de la mina para mostrar a los socorredores un sitio que ha sido seleccionado para la construcción de un tabique.

- d) *Sitio preparado para un tabique (PSS)* se muestra en los planos de la mina donde se han realizado

obras preparatorias para preparar la erección de una barricada. El tipo de obras preparatorias realizadas incluye el retiro de materiales e instalaciones de las vías, la excavación de las zanjas, en el perímetro del tabique y la aplicación un sellante en ellas para formar un buen contacto del tabique con el piso, el techo y los costados. También puede incluir la instalación de una vigueta de acero laminado en "I" para soportar la sección superior de la pared.

Además de los anteriores símbolos, las iniciales "ED", que significan descarga de emergencia se suelen incluir en los planos de rescate. Esto significa que en este lugar se encuentra un suministro de materiales de construcción.

3.1.5 Equipos de extinción de incendios

Las especificaciones detalladas de los equipos, su uso, las indicaciones de mantenimiento preventivo y los accesorios se incluyen en el Capítulo 4 EQUIPOS.

La tabla que se encuentra a continuación (Tabla 3-1 C) denominada Requerimientos Mínimos de Equipos para El Sistema de Salvamento Minero Colombiano ofrece el listado de equipos mínimos recomendados y opcionales para atender las emergencias generadas por incendios según lo descrito anteriormente.



Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Incendios Cap 3.1
Proteccion Respiratoria			
1	Aparato de Respiración de presión positiva de autocontenido regenerativo		✓
2	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos		✓
3	Autorescatador Tipo Savox		✓
4	Autorescatador de Oxígeno Químico 90 Minutos		✓
5	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos SSR 30		✓
Monitoreo Ambiental			
6	Monitor Multigas de 6 gases		✓
7	Retractor para Monitor Multigas		✓
8	Anemómetro		✓
9	Anemómetro y termómetro		✓
10	Higrómetro giratorio y tabla		✓
11	Bombas y Tubos de Muestreo		✓
12	Bomba y fuelle y Tubos detectores		✓
Incendios y Explosiones			
13	Tuberías		✓
14	Mangueras contra incendios		✓
15	Acoples y accesorios para manguera		✓
16	Tubos bifurcados		✓
17	Boquillas		✓
18	Recámaras de división		✓
19	Adaptador de espuma		✓
20	Pica contra incendios		✓
21	Extintor de Incendios		✓
22	Baldes para Incendios		✓
23	Hidrantes contra incendios		✓
24	Hidrantes Mineros		✓
25	Maquina de Colocamiento		✓
26	Cámara de Imagen Térmica		✓
Corte y Expansion			
27	Expansor Hidraulico		✓
28	Cortador		✓

29	Herramienta de Combinacion	✓
30	Cilindro hidraulico	✓
31	Bomba hidraulica de mano	✓
32	Manqueras hidraulicas	✓
33	Acoples hidraulicos	✓
34	Cadena	✓
Bolsas de Aire		
35	Cojin neumático (elevador)	✓
Caída de Alturas		
36	Dispositivos de control de descenso automático y manual	0
37	Trípode tipo Airshore	0
38	Descensores manuales	0
39	Cabos o cuerdas de anclaje	0
40	Eslinga de Sujecion	0
41	Absorbedor de energia	0
42	Eslinga con absorbedor de energia	0
43	Línea de vida retráctil	0
44	Trípode	0
45	Winch o Torno	0
46	Pescante Davit	0
47	Arnés de Cuerpo Completo	0
48	Trípode flexible y adaptable con marco tipo A y sistema de soporte	0
49	Correas	0
Primeros Auxilios y Recuperacion		
50	Sistema de Rescate (Camilla Sked)	✓
51	Camilla de canasta	0
52	Camilla rígida	✓
53	Cobijas	✓
54	Collarín	✓
55	Cobijas de arrastre	✓
56	Resucitador (Tipo Mars)	✓
57	Férulas	✓
58	Bolsas para cuerpos	0
Trauma Primeros Auxilios		
59	1x tarjeta guía	✓
60	Vendajes surtidos	✓



3.1 Causadas por Incendios

61	20 x vendajes triangulares	✓
62	3 x venda estéril para ojos	✓
63	2 x rollos pequeños de cinta autoadhesiva	✓
64	1 x Tijeras grandes	✓
65	2 x Tijeras pequeñas	✓
66	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
67	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
68	4 x Resusci aids	✓
69	2 x 500 ml enjuague ocular	✓
70	3 x vendajes superabsorbentes	✓
71	3 x vendajes para sangrado profuso	✓
72	20 x vendajes para heridas grandes	✓
73	6 x vendajes adaptables	✓
74	1 x pulsómetro	✓
75	1 x Torniquete (vendaje triangular alternativa)	✓
76	5 x gazas hemostáticas (coagulante)	✓
Primeros Auxilios Personales		
77	1x tarjeta guía	✓
78	Vendajes surtidos	✓
79	6 x vendajes para heridas grandes	✓
80	2 x venda estéril para ojos	✓
81	6 x vendas triangulares	✓
82	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
83	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
84	4 x Resusci aids	✓
Caída de Rocas		
85	Puntales	✓
86	Palancas de fricción	✓
87	Palancas hidráulicas	✓
Herramientas Generales		
88	Caja de herramientas	✓
89	Cortador de pernos	✓
90	Llave de expansión	✓
91	Llave de tubos	✓
92	Segueta y hojas de segueta	✓
93	Martillos	✓
94	Formones	✓
95	Alicates	✓

96	Destornillador plano	✓
97	Destornillador de estrella	✓
98	Cortado/cuchillo stanley	✓
99	Maseta y picas de minero	✓
Proteccion Personal		
100	Protección ocular y anteojos de seguridad	✓
101	Cascos	✓
102	Relojes	✓
103	Tabla de calor y humedad	✓
104	Lámpara Minera	✓
105	Cuerda para línea de vida	✓
106	Botellas de agua	✓
107	Línea de vida personal	✓
108	Piezas livianas de madera	✓
109	Caja de tiza	✓
Comunicaciones		
110	Sistema de comunicación emergencias mineras	✓
Libros, turnos etc		
111	Libro de registro de la base de aire fresco	✓
112	Libro de registro del comandante de incidente	✓
113	Libro de registro de superficie	✓
114	Planillas de turnos de cuadrillas	✓
115	Planillas varias	✓
116	Hojas de tiempo	✓
117	Libreta de apuntes	✓
118	Rótulos	✓
119	Señalización para base de aire fresco	✓
Otro Equipo y Repuestos		
120	Electrobombas	✓
121	Ventilador Axial	✓
122	Bomba de trasiego de oxígeno	✓
123	Testor 2100	✓
124	Test-it 6100	✓
125	Termómetro	✓



126	Gases para calibración de multidetectores	✓
127	Agua destilada	✓
128	Desinfectante para los equipos	✓
129	Secador	✓
130	Tablas, tubos y agua	✓
131	Baterías para los bodyguard	✓
132	Tabla para mapas, regla, plumas y lápices	✓
133	Tablas clip	✓
134	Registros médico y de entrenamiento socorredores	✓
135	Planillas de chequeo de BG4	✓

✓	Requerido
O	Opcional pero sugerido
A	Detalles proporcionados

Fuente: Elaboración propia

3.1.6 Referencias

Coward, H.F. (1957)
 Research on Spontaneous Combustion in Coal Mines: A review

Deep Mines Coal Industry Advisory Committee (2008)
 Prevention & Control of Fire and Explosion in Mines
 Health & Safety Executive, UK (HSE Books)

Mackenzie-Wood (1998)
 Emergency Preparedness and Mines Rescue
 Mines Rescue Service, N.S.W. Australia, Chapters 5, 7 and 8

Firefighting (1978)
 National Coal Board. Industrial Training Board.

Fire (2016)
 Tutorials – Underground Fires
 Use of Portable Fire Extinguishers
 Fire Fighting Equipment
 Spontaneous Combustion
 Mines Rescue Service Ltd, UK

Mackenzie-Wood, P Strang J. (1990)
 Fire gases and their interpretation Mining Engineer
 pp. 470-478

Mason, T.N. Tideswell, F.V. (1933)
 Gob Fires – The Revival of Heatings
 Safety in Mins Research No 76

Mitchell, D.W. (1996)
 Prevention, Detection, Fighting, 3rd edition. Chicago IL.

Practices for the Prevention, Detection and Control of Underground Fires
 SIMRAC, South Africa

Prevention and Control of Fire at Collieries (1990)
 British Coal Corporation Codes and Rules CR/4

Rogers, T.A. (1960)
 Underground Fire at Auchengeich Colliery, Scotland.
 HMSO.

Sealing-off Fire Underground (1985)
 Institution of Mining engineers
 Memorandum prepared by a Committee of the
 Institution of Mining Engineers

The Mines Regulations (2014)
 Guidance on Regulations, Regulation 20. Fire Plan
 Health & Safety Executive, UK. www.hse.gov.uk

Ventilation in Coal Mines (1979)
 National Coal Board. Mining Department.



ANEXO 1

Evaluación del Riesgo de Incendio

A continuación, se incluyen las directrices generales de una Evaluación del Riesgo de Incendio en una mina de carbón. Los términos empleados, así como las características de la explotación y método de producción en el ejemplo corresponden a las características de la mina objeto de la evaluación.

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO EN MINAS

Los operadores de la mina deben garantizar que todas las actividades estén planeadas debidamente para garantizar la salud y seguridad del personal y, consecuentemente, que las operaciones de trabajo se realicen de acuerdo al plan. Los incendios subterráneos, siendo uno de los principales riesgos de cualquier mina subterránea, tienen el potencial de producir múltiples víctimas mortales y el operador de la mina debe garantizar que:

- Se pueda cumplir con la legislación existente respecto a prevención de incendios.
- Se realicen las evaluaciones de riesgo de incendios.
- Se identifiquen las medidas necesarias para evitar, controlar y mitigar los riesgos identificados respecto a cualquier incendio que pueda ocurrir bajo tierra.

Al realizar una evaluación detallada del riesgo de incendio, la información recolectada ayudará al operador de la mina a elaborar un **Plan de Protección de Incendios** para su mina, el cual incluirá:

- Cómo propone evitar el inicio de un incendio.
- Las fuentes probables de un incendio.
- Cuando sea necesario, la ubicación de los equipos de detección de incendios.
- Si se “inicia” un incendio, los medios disponibles para evitar su propagación y para su eventual extinción.
- Los procedimientos de instalación y mantenimiento ~~siguiente~~ para garantizar que los equipos de

extinción de incendios sean apropiados, accesibles y se mantengan en buenas condiciones y estén listos para su uso.

En este Anexo se incluye un ejemplo de un documento de evaluación de riesgo de incendio elaborado para una mina típica de carbón subterránea de tamaño pequeño, operando con un nivel limitado de maquinaria de producción de carbón. El documento es una guía para priorizar los riesgos y para determinar en dónde hacer más esfuerzos en la prevención y control de incendios. También ayuda a evaluar si son suficientes las medidas de control existentes respecto a incendios.

Evaluación de riesgo de incendio.

Las principales etapas del proceso de evaluación del riesgo de incendio son:

- Identificar los peligros.
 - Identificar fuentes de ignición.
 - Presencia de combustibles o materiales que podrían causar la propagación de cualquier incendio.
- Mencionar las precauciones implementadas para la prevención y mitigación de cada riesgo de incendio identificado.
- Evaluar la probabilidad de que ocurra un incendio debido a cada peligro identificado.
- Considerar las consecuencias de un incendio y decidir quiénes pueden estar en peligro de daño y cómo podría pasar.
- Determinar las medidas adicionales que sean necesarias para prevenir, controlar o mitigar un incendio.
- Registrar los hallazgos significativos para incluirlos en el Plan de Protección de Incendios y en el Plan de emergencia de la mina.
- Revisar la evaluación de riesgos periódicamente o cuando se considere que cualquier cambio que se introduzca afectará significativamente los riesgos a los que las personas están expuestas, actualizando de inmediato el Plano de Riesgos de la mina.



Estas evaluaciones de riesgo, y el Plan de Protección de Incendios resultante, cuando se finalice, debe incorporarse al Plan de Emergencias de la mina, particularmente la parte relacionada con la evacuación o escape del personal en caso de un incendio, y el posible rescate de personas, cuando sea necesario.

Una evaluación de riesgo pretende evaluar la probabilidad de un incendio en un “lugar peligroso” identificado, y decidir si se han implementado suficientes medidas para evitar, controlar o reducir los riesgos, o si hay que tomar medidas adicionales.

Probabilidad de un incendio

Las evaluaciones de riesgo también deben identificar y considerar:

- Cualquier zona de la mina en donde se puedan necesitar medidas específicas y adicionales como, por ejemplo, en frentes de desarrollo con accesos relativamente largos o en instalaciones de carga de baterías).
- Las circunstancias adicionales que pueden surgir como, por ejemplo, interrupción de la ventilación).
- Situaciones especiales (por ejemplo, obras de mantenimiento).

Quién puede salir lastimado

Se debe considerar los efectos sobre las personas tanto en el área inmediata a la zona de peligro, como para los demás que trabajan en zonas diferentes. Habrá zonas de la mina donde trabaje un número significativo de personas y que correspondan al retorno de aire de la posible ubicación del incendio por lo que dicha ubicación debería categorizarse como con una mayor probabilidad de daño a la vida humana.

La evaluación, por lo tanto, debe considerar riesgos potenciales que surjan de:

- La naturaleza y alcance del calor o explosión.
- El potencial para que el humo reduzca la visibilidad.
- La dispersión de vapores y gases tóxicos.

- La distancia y ruta alternativa de todos a un lugar seguro.

Estos sitios identificados deben tener un almacenamiento de equipos de extinción de incendios en la entrada de aire de la zona vulnerable, o incluso la instalación de barreras automáticas de incendio que rodeen las zonas peligrosas.

Hallazgos significativos

Cuando se identifique cualquier “problema significativo”, el mismo se debe registrar. Esto incluye cualquier grupo particular de personas trabajando en una zona de la mina identificada como de alto riesgo si ocurre un incendio en la entrada de aire, por ejemplo, y la zona tiene únicamente una entrada de aire; o, una única entrada de aire de longitud relativamente larga. También se registran los detalles de las medidas de prevención y control tomadas, o propuestas, junto con la demás información relacionada con el sitio y el sistema de trabajo.

Posteriormente se debe elaborar un Documento de Seguridad y Salud en el trabajo para el asunto significativo, demostrando que:

- Se han evaluado los riesgos.
- Se han implementado y se continuarán implementando medidas de control y prevención del riesgo.
- Cómo se coordinan dichas medidas de control y prevención.
- El tipo y duración de los auto-rescatadores asignados a cada persona (si aplica).

Adicionalmente, las evaluaciones identificarán la necesidad de garantizar que los medios para abandonar el sitio de trabajo y la mina, o la ruta a un refugio seguro, están bien mantenidos y señalizados.

Evaluación de riesgos y plan de emergencias

La evaluación de los riesgos residuales que permanezcan después de tomar todas las medidas prácticas razonables, formará la base del Plan general de Emergencias de la mina. Dichas evaluaciones de riesgo deben realizarse para cada



3.1 Causadas por Incendios

uno de los principales peligros de incendio identificados.

Dado que los sistemas de ventilación de la mina suministran aire a todos los lugares de la mina en los que trabajan personas, todas las personas bajo tierra pueden tener un nivel de riesgo en caso de incendio. El nivel de riesgo al que cada persona está expuesta dependerá de:

- Qué tan cerca esté del incendio.
- Si está en la entrada o en el retorno de aire del incendio.
- La distancia que debe recorrer a un lugar seguro no afectado por el incendio o a cualquier refugio instalado para este propósito.
- Cuánto tiempo les tomaría llegar a un lugar seguro, particularmente considerando la posibilidad de baja visibilidad en las vías afectadas por el humo.

Posteriormente, esta información debe incorporarse en el Plan de Emergencias de la mina, y complementarse con:

- Arreglos y responsabilidades organizacionales para los que tienen que implementar y controlar la extinción de incendios.
- El sistema de despliegue y verificación de seguridad en la mina, para asegurar cada lugar donde trabajen personas.
- Los medios para contactar el rescate en minas, en caso de ser necesario.

Plan de protección contra incendios

Donde haya riesgo de incendio en la mina, el operador de la mina debe utilizar su documentación de evaluación de riesgos para elaborar un Plan de Protección contra Incendios. Este Plan tendrá en cuenta:

- Las posibles fuentes de incendios, la presencia de combustibles, fuentes de ignición y oxígeno.
- Las precauciones a implementarse para proteger contra, detectar y combatir el inicio y la propagación de un incendio.

El Plan establecerá medidas para:

- Evitar o controlar las fuentes de ignición.
- Minimizar la cantidad de materiales inflamables bajo tierra.
- Los medios para detectar incendios y dar aviso en caso de incendio.

El Decreto 1886, Artículos 201 a 208 en relación con las precauciones de incendios y los medios para extinguir incendios proporciona una guía respecto a la prevención y control de combustibles y fuentes de ignición. Adicionalmente, parece haber suficientes guías disponibles para los operadores de minas para que seleccionen los equipos de extinción de incendios apropiados según las circunstancias. Por ejemplo, la naturaleza de un riesgo de incendio puede involucrar equipos eléctricos, baterías y/o líquidos inflamables.

El Plan de Protección contra Incendios incluirá referencias a lo siguiente.

Medidas de prevención y medidas de control de incendios.

Estas incluyen para:

- La selección y uso de equipo de trabajo apropiado.
- Inspección y mantenimiento de equipo
- Prohibición y prevención del ingreso de materiales para fumar a la mina.
- Uso de fluidos resistentes al fuego
- El suministro de sistemas de supresión de fuego en la banda transportadora y en la maquinaria móvil.
- Los equipos eléctricos deben ser lo suficientemente robustos para las duras condiciones operativas bajo tierra y estar protegidos contra sobrecargas, pérdida de corriente y cortocircuito.
- Los cables eléctricos deben protegerse contra daños físicos.
- No se debe permitir que el polvo se acumule en los equipos, pues puede causar recalentamiento.
- Considerar el monitoreo de la temperatura de la maquinaria, cuando sea posible.



- Monitoreo del entorno en busca de presencia de gases inflamables.

Medidas de detección de incendios

Esto incluye considerar:

- La instalación de puntos fijos de monitoreo de monóxido de carbono/productos de combustión/humo
- Inspección y vigilancia de la mina.
- Ubicación de alarmas audibles o visibles para la detección de incendio.
- Sistemas para que personas puedan activar la alarma si detectan un incendio.

Extinción de incendios

- El proceso permitirá al operador de la mina determinar los equipos de extinción de incendios que requiere en todos y cada uno de los peligros de incendio identificados. El Decreto 1886, Artículo 203 es específico respecto a la ubicación de los equipos de extinción de incendios en relación con el peligro.
- Es importante garantizar que los equipos de extinción de incendios estén claramente visibles y que su ubicación se indique llamativamente, preferiblemente con un letrero reflectivo. Los usuarios deben poder acceder sin exponerse al riesgo.
- Los extintores de incendios deben ser apropiados para el tipo de incendio y tener una capacidad general adecuada (número disponible) para extinguir el incendio o para contenerlo lo suficiente para permitir que las personas evacúen. También se debe considerar un suministro de respaldo y la disponibilidad de agua, arena o polvo inerte de roca caliza.
- En algunos casos se debe instalar un sistema de agua para extinción de incendios, particularmente donde haya un riesgo significativo de incendio en donde los extintores portátiles tendrían capacidad insuficiente. El agua requiere un sistema de distribución por tubería con sus mangueras, hidrantes y equipos asociados.

- Los equipos de extinción de incendios debe ser parte de cualquier régimen planeado de inspección y mantenimiento preventivo en la mina, incluyendo la inspección por parte de una persona competente.
- El vencimiento de los periodos de vigencia de los materiales de recarga de los extinguidores debe contar con seguimiento por parte de la persona responsable.

Capacitación

- El Plan de Protección contra Incendios identificará la necesidad de capacitar o instruir a la mano de obra en los principios de extinción de incendios apropiados al peligro, y en la práctica de extinción de incendios. Se deben tomar todos los esfuerzos para involucrar personal capacitado en rescate en minas en dicha práctica, particularmente bajo tierra, para garantizar la familiaridad, tanto de la mina como de los equipos de extinción de incendios en uso.

Ejemplo de una evaluación de riesgo de incendio

Una aproximación de cómo puede ser una Evaluación de Riesgo se incluye a continuación. Es necesario precisar que cada mina tiene características particulares así que este documento no puede asumirse como guía general para la preparación de una evaluación del riesgo de incendio de una mina.

Evaluación de riesgo de incendio.

La evaluación de riesgos realizada identifica los peligros, decide quién puede verse afectado, evalúa el riesgo e identifica medidas de control relacionadas con un incendio subterráneo potencial. Los peligros identificados son los siguientes:

- Incendio de la banda transportadora.
- Incendio eléctrico.
- Incendio en la maquinaria.
- Otros.

Competencia

Las competencias necesarias de todo el personal involucrado en la administración e implementación de medidas de control de incendio se mencionan en el Sistema de Manejo de Competencias (CMS) de la mina y en la matriz de responsabilidades que forman



parte de este anexo y que ayudan a determinar las competencias necesarias para los diferentes trabajos.

Gestión de riesgo de la prevención de incendios en general

La mina administrará todas las fuentes de combustibles y las fuentes potenciales de ignición. Cuando se instalen elementos de equipo o maquinaria bajo tierra, los mismos se revisarán y pondrán en marcha antes de su uso, garantizando así que el riesgo de incendio se minimice a niveles aceptables.

Combatir la iniciación y la propagación

Información, Instrucción y capacitación

- Todo el personal bajo tierra y personal de superficie específico recibirá capacitaciones en el uso de equipos de extinción de incendios. El personal bajo tierra recibirá capacitaciones de actualización cada año por parte de una persona competente. Se llevarán registros de esta capacitación.

Cada individuo recibirá información y capacitación sobre el plan de evacuación y rescate de la mina. Esta información y capacitación se da a todo el personal durante la inducción inicial, durante la capacitación anual de extinción de incendios, y periódicamente mediante charlas generales realizadas por los oficiales de la mina.

Equipos de extinción de incendios

Extintores de incendios

- Un mínimo de 2 extintores portátiles (de polvo químico seco) y un suministro de polvo inerte de roca caliza o arena será proporcionado en cada motor eléctrico, unidad transportadora, transformador o tablero eléctrico.
- El mantenimiento de los extintores de incendios será realizado en los siguientes intervalos por personas competentes:
 - Inspección cada 30 días
 - Mantenimiento anual
 - Mantenimiento extendido cada 5 años.

Hidrantes y puntos de extinción de incendios

200

- La mina tendrá una red de tuberías de agua para incendios; los hidrantes para incendios se instalarán de la siguiente manera:
 - 20 a 25 metros arriba de todos los puntos de carga y transporte de las bandas transportadoras.
 - En los cruces principales de la vía.
 - En las subestaciones eléctricas fijas.
 - A no más de 120 metros de cada frente de desarrollo
 - En puntos centrales adecuados, en las obras de galerías y pilares.
- Se instalarán puntos de extinción de incendios en todos los hidrantes de la mina. Cada punto de extinción de incendios tendrá un mínimo de 5 mangueras y una boquilla. (Cada manguera de mínimo 25 m) En el caso de desarrollos y obras de cámaras y pilares, habrá suficiente manguera para alcanzar el frente de trabajo.
- Los hidrantes contra incendios (suministro de agua adecuado) y las mangueras y boquillas serán inspeccionados por signos de daño en intervalos no mayores a 30 días. Cada año se probará el caudal y la presión de los hidrantes.
- Todos los equipos de extinción de incendios estarán ubicados en el costado de ingreso de la ventilación al sitio de riesgo de incendio.
- Habrá señales en todas las ubicaciones de los equipos de extinción de incendios.
- El suministro de agua para la red subterránea de extinción de incendios proviene de un tanque en la superficie. La red recibe presión por medio de una bomba o por gravedad. En caso de necesitar agua adicional, el tanque superficial debe contar con soluciones de llenado, por ejemplo, ríos o bombas.
- El flujo y la presión del agua al final de la manguera en el hidrante más lejano de la fuente de agua debe ser suficiente para cumplir con los requisitos de presión del fabricante de la boquilla.

Preparación para emergencias

Evacuación



- Todas las personas que trabajen bajo tierra recibirán auto-rescatadores auto-contenidos de oxígeno para protegerlos contra el monóxido de carbono. La inspección, prueba y mantenimiento de los auto-rescatadores será realizada por un tercero. La persona que los use realizará una inspección antes del uso (antes de ir bajo tierra). Cada persona que vaya bajo tierra debe tener un auto-rescatador y lo mantendrá a su alcance en todo momento. Todas las personas que porten un auto-rescatador deben contar con capacitación adecuada para su uso antes de ir bajo tierra, y capacitación de actualización cada año.
- La programación y los requisitos de los simulacros de seguridad se describen en el plan de evacuación y rescate de la mina.
- Los empleados deben recorrer las salidas alternas a la salida principal como parte de su inducción inicial, y anualmente con un funcionario de la mina.

Rescate

- Las disposiciones para la coordinación de rescates en minas se describen en el plan de evacuación y rescate de la mina.

Fuentes probables de incendios en la mina

Las siguientes son las fuentes probables de incendios en la mina:

- Bandas transportadoras.
- Las instalaciones eléctricas y mecánicas, incluyendo ventiladores (Principales y Auxiliares).
- Aceites y grasas inflamables.
- Uso de explosivos.
- Material combustible ingresado a escondidas por el personal.
- Desperdicios.
- Combustión espontánea.
- Lámparas de seguridad.
- Madera

Bandas transportadoras

- El transporte de carbón y los sistemas de operación asociados implica el mayor riesgo de incendios significativos en la mina. Las partes móviles del sistema generan calor por la fricción

constituyéndose en fuente de ignición ubicada muy cerca de un combustible, el carbón, aumentando el riesgo.

- Las principales causas potenciales de incendio en la banda transportadora son:
- Derrame - en particular una acumulación de carbones pequeños cerca de los rodillos inferiores que pueden encenderse por el calor generado por la fricción.
 - Calentamiento de rodamientos defectuosos.
 - Rozamiento de la banda transportadora contra objetos fijos debido a una pobre alineación u holguras insuficientes.
 - La banda transportadora se resbala sobre los tambores de accionamiento y los otros tambores.
 - Otros materiales inflamables (por ejemplo, desechos) entran en contacto con una fuente de calor (por ejemplo, el rodillo).

Planeación

- La primera línea de prevención siempre será garantizar los buenos estándares de instalación de las bandas y después controlar las fuentes de combustible (por ejemplo, el polvo de carbón).
- Todas las instalaciones de transporte estarán diseñadas para minimizar el riesgo de incendio. Los sistemas de transporte instalados y operados serán de capacidad suficiente para transportar la carga máxima esperada y el sistema estará diseñado para garantizar que no se supere la carga máxima de los tensores y rodillos. El diseño de la ruta respectiva debe garantizar que la banda transportadora estará debidamente alineada y tendrá suficiente holgura para permitir que se pueda acceder a todas las partes del sistema para la inspección de seguridad, mantenimiento y limpieza, garantizando que ninguna parte móvil del sistema entre en contacto con objetos estacionarios para minimizar el riesgo de generar calor por fricción.
- Todos los equipos y materiales utilizados dentro del sistema de transporte serán evaluados para riesgo de incendio.



Control

- Todos los rodillos y tensores se instalarán de manera que estén libres de materiales inflamables (por ejemplo, polvo de carbón).
- Como mínimo, cada instalación de transporte utilizará los siguientes materiales
 - Banda transportadora resistente al fuego.
 - Grasas y aceites resistentes al fuego.
- Los transportadores tendrán monitoreo de tensión y alineación.
- Se controlará el almacenamiento de materiales inflamables. Las grasas y aceites para el sistema de transporte se almacenarán en las zonas designadas bajo tierra y en cantidad mínima, suficientes para permitir la operación eficiente de la mina. Los productos se almacenarán en zonas claramente identificadas y lejos de potenciales fuentes de ignición.
- Se llevará a cabo una limpieza sistemática regular de todas las bandas transportadoras, y otras medidas de control, para garantizar que no hay acumulación significativa de materiales inflamables debajo de las bandas.
- Los materiales de desecho se almacenarán en contenedores apropiados en el lugar y se desecharán regular y correctamente.

Medición/vigilancia

Puesta en marcha

- Antes de ser usadas, cada banda transportadora será evaluada con un documento estándar de puesta en marcha. La banda transportadora no será utilizada hasta que el personal de puesta en marcha la clasifique como segura para su uso. El proceso de puesta en marcha también considerará cualquier requisito de limpieza, inspección y mantenimiento del sistema.

Inspecciones

- Los oficiales de la mina realizarán la inspección de los estándares de la banda transportadora como parte del proceso sistemático establecido en el plan de inspección de la mina. Cualquier defecto encontrado será registrado en la parte

correspondiente (bandas transportadoras) de la hoja de inspección.

- El personal de vigilancia de bandas transportadoras también realizará inspecciones diarias del sistema. Estas inspecciones son registradas en el formato de informe con lista de verificación. Cualquier defecto que se encuentre será registrado en este documento.
- Un equipo de mecánicos realizará inspecciones y mantenimiento semanal al sistema de transporte. Este requisito de mantenimiento se encuentra en las reglas de mantenimiento e inspección de los equipos, y los mecánicos suministrarán las listas de verificación.
- Durante la inspección de las bandas transportadoras, se prestará especial atención para garantizar que ningún tambor o tensor esté rotando con rodamientos colapsados o aprisionados. También se prestará atención a las zonas en las que los tensores, rodamientos y tambores tengan potencial sobrecarga de los rodamientos (cargue y descargue, falta de unidades, giros, retornos, rodillos adyacentes faltantes, etc.).
- Las inspecciones también verificarán que las bandas estén alineadas correctamente para evitar rozamiento innecesario que cause fricción y tensión para evitar deslizamientos y aumento del calor por fricción. Las inspecciones también garantizarán que los derrames de carbón y otros materiales inflamables no se hayan acumulado alrededor de la banda; giros, retornos, rodillos y tensores. Las inspecciones también verificarán que los dispositivos de seguridad necesarios estén instalados y en operación.
- Las inspecciones de incendios son realizadas por los oficiales de la mina para cerrar las bandas transportadoras antes de cada turno sin operación. Estas inspecciones se realizan no menos de 1 hora y no más de 3 horas después de que las bandas hayan sido apagadas.
- La gestión de auditorías de cumplimiento de las instalaciones de transporte se realizará al menos cada año.

Detección y métodos de alarma

- Los oficiales de la mina llevarán un detector de gases con capacidad para medir monóxido de carbono junto con los 5 gases adicionales que exige la norma.
- Se decidirán puntos fijos de monitoreo y las lecturas de estos puntos serán registradas.
- El detector de gases emitirá una alarma a 10 ppm para detectar rápidamente cualquier cambio en los niveles de CO. El nivel se debe establecer en algún intervalo por encima de los niveles ambiente de CO normalmente detectados en la mina. Incluso 3 ppm por encima del ambiente puede ser significativo.

Incendios eléctricos

Diseño

- Todos los equipos eléctricos utilizados en la mina estarán diseñados de manera que no se supere su capacidad de funcionamiento normal. Los equipos deben estar ubicados apropiadamente y estar protegidos contra daños mecánicos, sobrecarga, pérdida de corriente y corto circuito.
- Se considerará el monitoreo de temperatura para cada instalación de motor eléctrico.

Instalación y puesta en marcha

- Todos los equipos eléctricos instalados serán probados debidamente antes de ser utilizados.
- El trabajo sobre los equipos eléctricos será administrado con las Hojas de Instrucción de Trabajos Planeados.
- Los sistemas eléctricos se mantendrán libres de polvos inflamables tanto como sea posible.
- Las redes y equipos deberán atender las especificaciones de a prueba de explosión establecidas en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y en Código Eléctrico Colombiano.

Inspecciones, pruebas, revisión y mantenimiento.

- Todos los equipos eléctricos formarán parte del esquema escrito para la inspección, mantenimiento y pruebas sistemáticas de todo el equipo y maquinaria al interior de la mina. Se suministrarán listas de verificación para la inspección, prueba y mantenimiento de todos los equipos eléctricos.

Otros materiales inflamables.

Contrabando (materiales para fumar)

- Los materiales para fumar y los objetos utilizados para producir llamas con el fin de fumar están prohibidos bajo tierra.
- Todas las personas que trabajen bajo tierra serán requisadas en busca de contrabando por personas autorizadas antes de ir bajo tierra y los resultados serán registrados en el libro de requisas. Cualquier persona encontrada en posesión de contrabando podrá enfrentarse a acciones disciplinarias.

Materiales de desecho

- Cuando sea posible, la mina evitará el transporte de residuos hacia la mina (por ejemplo, envolturas plásticas, papel). Cuando esto no sea posible, se suministrarán áreas para almacenar y controlar desechos bajo tierra. Los flujos de residuos serán removidos de la mina a intervalos regulares. Se incentiva a la fuerza de trabajo para que mantenga buenos estándares de limpieza mediante capacitación, instrucción y otros métodos de comunicación. Los estándares de limpieza se inspeccionarán y monitorearán mediante inspecciones estatutarias y no estatutarias al lugar de trabajo.

Líquidos inflamables/combustibles

- Todos los aceites comprados y utilizados serán de una especificación que permita su uso bajo tierra. Por lo general, los aceites y combustibles se almacenarán en la superficie, y solo serán almacenadas bajo tierra las cantidades mínimas necesarias para una operación eficiente de la mina. No se permitirá el almacenamiento bajo tierra, de combustibles más allá de lo previsto en esta especificación.

Lámparas de seguridad.

- Cuando se utilicen, las lámparas de seguridad deben estar aprobadas para su uso bajo tierra. Todo el mantenimiento se realizará por una persona competente y se registrará en la documentación pertinente.
- Al recibir una lámpara de seguridad, el oficial de la mina realizará una revisión pre-uso y se asegurará



3.1 Causadas por Incendios

de que esté bloqueada para garantizar que es seguro utilizarla bajo tierra. Esta revisión pre-uso y el método para disponer de una lámpara de seguridad defectuosa o dañada bajo tierra también se evaluará como parte del sistema de administración de competencias para los funcionarios de la mina que se realiza por un tercero.

Equipos mecánicos

- Toda la nueva maquinaria suministrada debe cumplir con los certificados de seguridad del fabricante.
- Los sistemas de lubricación usarán los lubricantes especificados por el fabricante. Cuando sea posible, la inspección sistemática incluirá una revisión de los niveles de los lubricantes.
- Cuando las máquinas cuenten con sistemas de enfriamiento, estos deben someterse a inspección, prueba y mantenimiento según se describe en las reglas para la inspección y mantenimiento de equipos.

Explosivos

- El almacenamiento, transporte y uso de explosivos tienen el potencial de causar incendios; este riesgo se abarca en el capítulo sobre el uso de explosivos.

Polvo de carbón

- El manejo y control del polvo de carbón se encuentra en el documento de prevención de explosiones.

Combustión espontánea.

- Algunos materiales y sustancias, incluyendo la mayoría de tipos de carbón, comenzarán a oxidarse cuando se exponen al aire. Cuando hay suficiente oxígeno para que la sustancia se oxide y emita calor, pero hay un flujo insuficiente para evacuar el calor con suficiente rapidez, la temperatura comenzará a aumentar, llevando a un aumento adicional en el ritmo de oxidación, en la velocidad de producción de calor y en la velocidad a la que aumenta la temperatura. Esto puede llevar a la combustión espontánea. La combustión espontánea es diferente a muchos de los otros riesgos de incendio ya que la sustancia es tanto el combustible como la fuente de ignición.

- Si en el futuro la mina trabaja en un manto que es propenso a combustión espontánea, entonces un tercero realizará una investigación de las características de los mantos.
- Si bien se clasifica como un riesgo bajo, las señales físicas de combustión espontánea, como el olor (hedor pesado), condensación en superficies frías y neblina producida por vapores visibles formarán parte de las inspecciones de los oficiales de la mina.

Indicadores de desempeño de seguridad para prevención de incendios

Los siguientes son los SPI (indicadores de desempeño de seguridad) que facilitan o retrasan el control proactivo en la prevención de incendios. Estos indicadores serán revisados por el equipo de gestión en intervalos mensuales.

Sistemas de transporte

- Defectos en el sistema de transporte (retrasa).
- Número de rodillos faltantes en el sistema de transporte (retrasa).
- % de inspecciones mecánicas en contra del plan (principal).
- % de capacitaciones de extinción de incendios en contra del plan (principal).
- Número de alarmas de CO (retrasa).

Anexo 1 - Responsabilidades de prevención de incendios

	Sistema de Administración de Competencias	Sistema de diseño	Instalación y Puesta en Marcha	Inspección, prueba y mantenimiento	Arreglos de Mitigación
Operador de la mina	<p>Suministrar CMS adecuado.</p> <p>Establecer y registrar una adecuada estructura de gestión.</p>	<p>Suministrar fondos.</p> <p>Comprar productos aprobados.</p> <p>Comprar materiales resistentes al fuego.</p>	<p>Mantener 2 salidas de la mina.</p>	<p>Garantizar un esquema apropiado de mantenimiento e inspección de la mina.</p>	<p>Desarrollar un plan de evacuación y rescate.</p> <p>Desarrollar una política de investigación de incidentes.</p> <p>Garantizar la planeación de simulacros de seguridad.</p> <p>Garantizar las instalaciones de Rescate en la Mina.</p>
Gerente de Mina	<p>Implementar CMS</p>	<p>Diseño de la ruta (instalación de bandas transportadoras)</p> <p>Plan fijo de vigilancia de detección de incendios.</p> <p>Procedimientos de cierre de bandas transportadoras.</p>	<p>Procedimientos para limitar y monitorear el número de personas en una única entrada.</p>	<p>Desarrollar un esquema apropiado de mantenimiento e inspección de la mina.</p> <p>Esquema apropiado de defectos.</p> <p>Planear y liderar auditorías al sistema.</p> <p>Organizar requisas de contrabando.</p>	<p>Suministrar equipos adecuados de extinción de incendios.</p> <p>Mantener los equipos de extinción de incendios.</p> <p>Implementar simulacros de seguridad.</p> <p>Suministro de auto rescatadores.</p> <p>Seleccionar y garantizar personal competente de Rescate en la Mina.</p>
Ingeniero Eléctrico	<p>Identificar los requisitos de capacitación y la revisión de competencias</p>	<p>Diseño de sistemas eléctricos y equipos apropiados.</p> <p>Identificar los requisitos eléctricos para el esquema de puesta en marcha.</p> <p>Suministrar procedimientos de aislamiento.</p>	<p>Diseñar el sistema eléctrico de puesta en marcha.</p> <p>Puesta en marcha eléctrica.</p>	<p>Suministrar el cronograma planeado de mantenimiento eléctrico y las listas de verificación de inspección.</p> <p>Calibración de detectores de gases.</p> <p>Llevar a cabo las auditorías del sistema.</p> <p>Mantenimiento de las lámparas de seguridad y los filtros de los autorescatadores</p>	

3.1 Causadas por Incendios

	Sistema de Administración de Competencias	Sistema de diseño	Instalación y Puesta en Marcha	Inspección, prueba y mantenimiento	Arreglos de Mitigación
Ingeniero Mecánico	Identificar los requisitos de capacitación y la revisión de competencias	Diseño mecánico de los sistemas de transporte. Suministrar la documentación (mecánica) estándar. Puesta en marcha mecánica.	Instalar el monitoreo de las bandas transportadoras (tensión y alineación) Diseñar el sistema mecánico de puesta en marcha. Desarrollar reglas y planes de inspección, pruebas y mantenimiento (mecánico)	Suministrar el cronograma planeado de mantenimiento y las listas de verificación. Llevar a cabo las auditorías del sistema.	Suministrar sistemas adecuados para el uso de agua para extinción de incendios. Mantener los sistemas de inspección de incendios.
Subgerente	Identificar los requisitos de capacitación y la revisión de competencias	Implementar sistemas	Implementar sistemas		Capacitar al personal bajo tierra en técnicas de extinción de incendios.
Oficiales de Mina	Inspeccionar e identificar incumplimientos		Implementar sistemas.	Llevar a cabo las inspecciones de mina. Procedimientos de cierre de bandas transportadoras. Vigilancia de CO en puntos fijos.	Instalar y posicionar el equipo de extinción de incendios necesario.
Obreros			Implementar sistemas.	Llevar a cabo la lista de verificación mecánica y eléctrica	

Evaluación de Riesgos Principal Riesgo de Peligro Fuego

E = Empleados C = Contratistas P = Público V = Visitantes

Riesgo No.	Peligro	Efecto del Peligro	Evaluación Inicial			Riesgo Evaluado	Medidas de Control del Riesgo	Riesgo Residual		
			Persona Afectada & Cuántos	Gravedad	Probabilidad			Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado
1.	Incendio en bandas transportadoras	Muerte	20 empleados y 1 contratista	5	5	25	Medidas Preventivas <ol style="list-style-type: none"> 1. Criterios de diseño - equipos/rutas. 2. Instalación y proceso de puesta en marcha. 3. Procedimientos de mantenimiento. 4. Procedimientos de cierre. 5. Inspecciones - Funcionarios de mina, patrulla de banda transportadora, obreros. 6. Monitoreo de CO en puntos fijos. 7. Banda transportadora, aceites y grasa resistente al fuego - aprobada. 8. Rodillos/tensores sellados 9. Controles para la obtención de equipos. 10. Alineación de la banda y controles de tensión. 11. Manejo de derrames - Limpieza sistemática. 12. Controles al flujo de desechos. 13. Auditorías de gestión. Medidas de Mitigación <ol style="list-style-type: none"> 14. Sistemas de detección y alarmas de incendios – calibrados. 15. Suministro y mantenimiento de filtros de autorescatadores. 16. Suministro, ubicación y mantenimiento de equipos apropiados de extinción de incendios. 17. Suministro de agua para extinguir incendios desde la superficie de la mina. 18. Personal capacitado en técnicas de extinción de incendios. 19. 2 salidas de la mina disponibles (ver control de tierra). 20. Número limitado de personas en una única entrada (ver control de tierra). 21. Rutas de evacuación marcadas. 22. Plan de evacuación y rescate. 23. Mano de obra capacitada en procedimientos de emergencia. 24. Simulacros de seguridad. 25. Suministro de Rescate Minero. 	5	1	5
2.	Incendio eléctrico	Muerte	20 empleados y 1 contratista	5	4	20	Medidas preventivas <ol style="list-style-type: none"> 1. Estándares de diseño e instalación. 2. Calificados para operación normal y fallos previsibles. 3. Protección de sobrecarga. 4. Protección de pérdida de corriente. 5. Protección de corto circuito. 6. Protección contra daños mecánicos. 7. Inspeccionado, probado, examinado y con mantenimiento - esquema escrito. 8. Monitoreo de la temperatura de los motores. 9. Limpieza de los equipos (polvo). 10. Despeje de las aperturas de ventilación. 11. Monitoreo de la temperatura. 12. Sistemas de enfriamiento. 13. Sistema PJIS. 14. Auditorías de gestión. Medidas de mitigación <ol style="list-style-type: none"> 15. Suministro y mantenimiento de filtros de auto rescatadores. 16. Suministro, ubicación y mantenimiento de equipos apropiados de extinción de incendios. 17. Personal capacitado en técnicas de extinción de incendios. 18. Rutas de evacuación marcadas. 19. Plan de evacuación y rescate. 20. Mano de obra capacitada en procedimientos de emergencia. 21. Simulacros de seguridad. 22. Suministro de Rescate Minero. 	5	1	5



3.1 Causadas por Incendios

Riesgo No.	Peligro	Efecto del Peligro	Evaluación Inicial			Riesgo Evaluado	Medidas de Control del Riesgo	Riesgo Residual		
			Persona Afectada & Cuántos	Gravedad	Probabilidad			Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado
3.	Incendio en maquinaria	Muerte	20 empleados y 1 contratista	5	4	20	Medidas Preventivas 1. Diseño del sistema. 2. Procedimientos de instalación y puesta en marcha. 3. Verificación de lubricación. 4. Sistemas de enfriamiento. 5. Inspección, prueba y mantenimiento. 6. Auditorías de gestión. Medidas de Mitigación 1. Suministro y mantenimiento de filtros de autores catadores. 2. Suministro, ubicación y mantenimiento de equipos apropiados de extinción de incendios. 3. Personal capacitado en técnicas de extinción de incendios. 4. Rutas de evacuación marcadas. 5. Plan de evacuación y rescate. 6. Simulacros de seguridad. 7. Suministro de Rescate Minero.	5	1	5
4.	Materiales inflamables en general	Muerte	20 empleados y 1 contratista	5	4	20	Medidas Preventivas 1. Restricción al contrabando - no materiales para fumar. 2. Requisas de contrabando rutinarias. 3. Estándares de limpieza - manejo de desechos. 4. Inspecciones por los Oficiales de Mina. 5. Monitoreo - Monitor de CO calibrado. 6. Procedimientos de almacenamiento de aceite/grasa. 7. Manejo y verificación de lámparas de seguridad. 8. Bajo índice de combustión espontánea del carbón. 9. Auditorías de gestión. Medidas de Mitigación 10. Suministro y mantenimiento de filtros de autorescatadores. 11. Suministro, ubicación y mantenimiento de equipos apropiados de extinción de incendios. 12. Personal capacitado en técnicas de extinción de incendios. 13. Rutas de evacuación marcadas. 14. Plan de evacuación y rescate. 15. Simulacros de seguridad. 16. Suministro de Rescate Minero.	5	1	5

Severidad:	Probabilidad:	Riesgo evaluado:	Severidad	Revisión	Fecha																																			
1 = Insignificante — no hay lesión para primeros auxilios, no hay tiempo perdido	1 = Muy improbable que ocurra	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>25</td> <td>20</td> <td>15</td> <td>10</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>20</td> <td>16</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15</td> <td>12</td> <td>9</td> <td>6</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </table>		5	4	3	2	1	5	25	20	15	10	5	4	20	16	12	8	4	3	15	12	9	6	3	2	10	8	6	4	2	1	5	4	3	2	1	RA desarrollado/revisado	Febrero 2016
	5		4	3	2	1																																		
5	25		20	15	10	5																																		
4	20		16	12	8	4																																		
3	15		12	9	6	3																																		
2	10	8	6	4	2																																			
1	5	4	3	2	1																																			
2 = Menor — lesiones menores de "Primeros auxilios" menos de 7 días de tiempo perdido	2 = Improbable que ocurra																																							
3 = Tiempo Perdido— lesiones o enfermedad que ocasionen tiempo perdido de más de 7 días	3 = Probable que ocurra																																							
4 = Significativo — lesiones severas con tiempo perdido extremo	4 = Muy probable que ocurra																																							
5 = Fatal — fatalidad o interrupción significativa	5 = Casi seguro que ocurra																																							

Aceptabilidad de los riesgos evaluados: **16-25** = Riesgo intolerable (*esencial tomar acción*) **9-15** = Riesgo Tolerable con permiso del Operario de la Mina **1-8** Tolerable

Anexo 2 Métodos de Reapertura de Áreas Selladas

INTRODUCCIÓN

Ocasionalmente, las publicaciones técnicas han incluido descripciones sobre el trabajo realizado para la reapertura de sectores que habían sido aislados anteriormente debido a incendios o a una combustión espontánea. El método adoptado en cada caso de reapertura ha variado según las condiciones.

Se debe considerar seriamente este tipo de trabajo antes de tomar la decisión de reabrir o no. Un elemento fundamental que se debe considerar antes de reabrir un área aislada, es la interpretación de muestras que se toman del área detrás de los tabiques de aislamiento.

Los métodos para reabrir los sectores pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Método Directo

Se rompen ambos o todos los tabiques y se permite que circule el aire alrededor de todo el sector, sin inspección por parte de las cuadrillas de salvamento experimentadas.

- Método de Inspección

Los miembros de cuadrillas de salvamento con amplia experiencia inspeccionan el interior del área afectada por los tabiques permanentes y a continuación se permite la circulación de aire a través del área si las condiciones y las muestras de aire son favorables.

- Método de Etapas

Los miembros de cuadrillas de salvamento con amplia experiencia realizan una inspección y se permite la circulación del aire por etapas, si las condiciones y las muestras de aire son satisfactorias.

- Método Parcial

Este método requiere que socorredores experimentados construyan tabiques de aislamiento al interior de los aislamientos existentes, antes de que el aire circule a través del sector.

Al construir los tabiques para aislar un sector a causa de un incendio o calentamiento, es conveniente tener en cuenta que el sector puede tener que reabrirse. Los dos elementos esenciales a ser considerados,

son la posición de los tabiques y su diseño. Las consideraciones que se hacen para el proceso de aislamiento y de reapertura son complementarios entre sí. La cercanía a una vía de conexión entre la entrada y la salida apoya el trabajo de aislamiento y también garantiza un suministro de aire fresco en el frente del tabique de aislamiento, con una consecuente reducción de la cantidad de trabajo que se tendrá que realizar durante la reapertura, mientras que se usa un equipo de respiración autónomo.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE REAPERTURA

- Tipo y extensión del fuego

Si un sector ha sido aislado por cuenta de una combustión espontánea, es conveniente no adoptar el método de circulación directa. Las excepciones a esta norma general podrán ser en minas y/o sectores con baja presencia de gas que han estado aislados durante muchos años y en los cuales se sabe que la extensión del calentamiento ha sido reducida. Por lo general, la reapertura parcial es el método más seguro para adoptar la reapertura de un sector aislado por cuenta de la combustión espontánea. Incluso en el caso de un incendio por fricción, puede haber casos en que no sea conveniente adoptar el método directo. Si, por ejemplo, el incendio por fricción ha sido extenso, aún existe la posibilidad de fuertes caídas y restricción de ventilación, con una mayor tendencia a que el aire avive cualquier material caliente. Por lo tanto, es preferible enviar primero una cuadrilla de salvamento al sector para realizar una inspección preliminar en tales casos.

Puede ser posible elaborar una perforación de muestreo en la zona anteriormente caliente, para que se pueda determinar si las condiciones indican que se enfrió dicha zona. La temperatura, así como las medidas de CO, O₂, CH₄ se pueden tomar con una sonda y un tubo de muestreo que son introducidos al manto del carbón. Si se detecta el calentamiento, esta perforación puede servir luego como una manera de inyectar nitrógeno o gas inerte de dióxido de carbono.

- Tiempo permitido para enfriamiento

Si, por cualquier motivo, se ha decidido reabrir un sector no mucho tiempo después del aislamiento, no se debería adoptar el método directo y se debería



considerar el uso de nitrógeno con el fin de producir una atmósfera inerte

- Tamaño del sector aislado

Un pequeño sector aislado se presta más fácilmente al método de circulación directa. En sectores grandes que constan de un número de paneles individuales, es probable que surjan complicaciones si se utiliza el método directo. El control sobre tales situaciones usualmente se obtiene mejor mediante la adopción del método de etapas.

- Puertas de ventilación

Si se sabe que algunas de las puertas en las rutas del interior que conectan la entrada y la salida se dejaron abiertas antes del aislamiento, o que pueden haberse quemado como resultado del fuego, obviamente es imprudente adoptar el método directo de circulación, pues este no despejaría todo el sector. En esos casos, es conveniente adoptar el método de etapas o, si es posible, enviar una cuadrilla de salvamento al interior para cerrar las puertas en las vías de conexión.

- Gas

Cualquiera que sea el método de reapertura que se adopte en el caso de sectores reconocidos como con presencia de metano, llegará el momento en el que el gas debe ser eliminado. Por cuenta del peligro que pueda derivarse del paso de un gran cuerpo de gas a lo largo de las vías de salida, subiendo por los pozos y fuera del difusor del ventilador, es necesario garantizar que tal operación se lleve a cabo en un momento en el que no esté funcionando la mina y cuando se hayan tomado las debidas precauciones para aislar cualquier suministro eléctrico en los alrededores. El tiempo disponible para realizar todo este trabajo podrá necesitar el despeje del sector por etapas. Otro motivo para la adopción del método de etapas en esos casos es que la cantidad total de aire disponible, podría no ser suficiente para diluir un gran cuerpo de gas a las proporciones correctas antes de que llegue a la superficie de la mina. Asegúrese de vigilar la zona exterior en donde los gases de la mina se liberarán en la superficie, para asegurar que no haya fuentes de ignición o personal.

- Inclinación de las rutas

Si el sector es grande y las vías son excesivamente inclinadas, las cuadrillas de salvamento podrían no llegar a examinar el foco del incendio en una sola operación. Es necesario, en tales casos, adoptar el método de etapas o el método directo de circulación.

- Accesibilidad de las rutas

En algunos casos, ciertas rutas podrán cerrarse completamente ya sea como resultado de la devastación o de la presión normal de los estratos. En esos casos, la reapertura por etapas es una necesidad y podrá requerirse la ventilación auxiliar.

- Agua

En algunos casos en que una cantidad sustancial de agua está entrando a un sector, puede ser imposible obtener la circulación del aire hasta que el agua haya sido bombeada hacia el exterior. Por lo tanto, es necesario adoptar el método de etapas de reapertura, junto con la ventilación auxiliar y el uso de bombas.

- Temperatura

En minas de carbón profundas, la temperatura y la humedad en sectores aislados puede ser muy alta, por ejemplo, atmósferas saturadas de 33 °C no son desconocidas. En consecuencia, siempre existe la posibilidad de colapso por calor, si los socorredores permanecen en tales atmósferas durante un período demasiado largo. Por este motivo, en el caso de las minas de carbón más profundas puede no ser posible llegar hasta el foco del incendio en una sola operación.

- Presión Barométrica

Esta tendrá una influencia directa sobre la programación de una operación de reapertura. Es mejor llevar a cabo este tipo de operación durante una presión barométrica constante y no en un escenario en que sea probable que la presión fluctúe dramáticamente.

MÉTODOS DE REAPERTURA

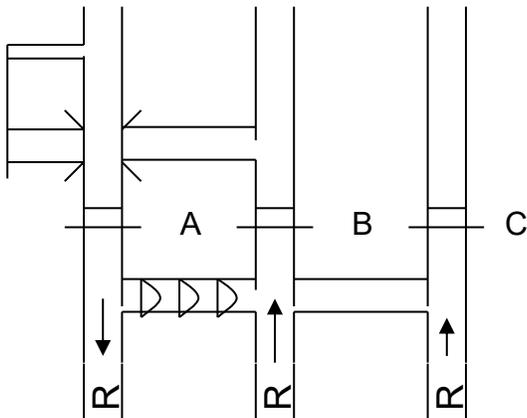
- Precauciones Generales

El primer elemento fundamental es mantener al mínimo el número de hombres en la mina durante el periodo de reapertura, y que las cuadrillas de salvamento estén disponibles incluso si no se tiene previsto usarlas. A lo largo de varios cientos de metros, la ruta externa a los tabiques deberá estar



completamente cubierta de polvo inerte de roca caliza y la vía de ventilación de retorno deberá estar cercada. El equipo eléctrico en el retorno deberá estar aislado y se tendrán las precauciones en la superficie para garantizar que no haya luces sin protección y que no haya posibilidad de chispas en los alrededores del difusor del ventilador. La comunicación telefónica entre la base de aire fresco y la superficie es primordial.

Figura 1 - MÉTODO DIRECTO



- i ruptura de tabiques A, B y C
- ii cierre las puertas o los reguladores entre el ingreso y el retorno en abertura de conexión y circule aire

- Trampas de aire

Si la presión en los tabiques se ha balanceado y los tabiques están ubicados cerca de una vía que conecta la entrada y el retorno, las trampas de aire no son necesarias cuando el método directo de reapertura sea adoptado.

- Ruptura de tabiques

Normalmente es posible que prácticamente la totalidad del tapón del tabique de aislamiento de ingreso sea retirada por hombres que no estén utilizando equipos de salvamento, siempre y cuando se hayan tomado medidas para dirigir el aire de la conexión de ingreso/retorno en el frente del tabique por medio de un tabique de ventilación u otros medios. Sin embargo, es una buena precaución que la mayor parte del tapón de retorno sea retirado por hombres que utilizan equipos de respiración.

- Cantidad de aire a circular

No se recomienda que durante una operación circulen grandes cantidades de aire en un sector durante la reapertura. Es preferible que no se circule más de 2,5 m³ por segundo. Esto usualmente se puede obtener cerrando parcialmente las puertas en la vía que conecta el ingreso y el retorno, para que esto actúe como regulador. El aire restante que pase por la vía de conexión permite algo de dilución en una etapa temprana.

- Observación y pruebas

En las etapas tempranas de reapertura, es conveniente tomar muestras en el tabique de retorno a intervalos que no excedan media hora o de manera continua si hay disponibilidad de un sistema que lo permita.

También se deberá organizar un sistema para el análisis inmediato de las muestras de aire y los resultados deberán ser entregados vía telefónica a la base de aire fresco, tan pronto como sea posible.

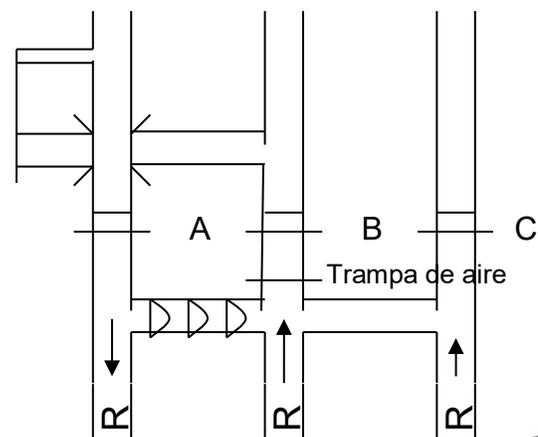
- Tiempo de circulación

El aire se deberá dejar circular por varias horas al menos y se deberá monitorear continuamente antes de realizar la inspección.

- Inspección

La parte inspectora deberá ser tan pequeña como sea posible, consistente con la representación de todas las partes interesadas. Los trabajadores no deberán ser admitidos en el sector para labores normales hasta que se haya examinado todas las partes del sector y se haya determinado que son seguras.

Figura 2 - MÉTODO DE INSPECCIÓN



3.1 Causadas por Incendios

- i construir tabiques externos a la trampa de aire que se está rompiendo, por ejemplo, el B
- ii rompa tabique de aislamiento B
- iii inspección por parte de la cuadrilla de salvamento
- iv rompa los tabiques A y C
- v abrir puertas de la trampa, cerrar puertas o reguladores entre el ingreso y retorno en la apertura de conexión y circular aire

- Precauciones Generales

En las últimas etapas del método es necesario adoptar las mismas precauciones generales mencionadas en el método anterior. En la etapa temprana, la precaución más importante es el mantenimiento de las “presiones balanceadas” en los tabiques.

- Trampas de aire

Es importante prevenir la filtración de aire durante el tiempo en que los tabiques se están rompiendo y mientras las cuadrillas de salvamento están al interior. Por este motivo, se deberá instalar una trampa de aire al exterior del tabique que va a romper, para el grupo de inspección. Es una práctica común instalar una o dos puertas de acero en el exterior de este tabique con dicho fin. Se deberán instalar dos juegos de puertas, pero en esta etapa es más importante su capacidad hermética que su fuerza. Por ejemplo, es mejor emplear dos puertas de madera que tengan un ajuste perfecto, a dos puertas antiexplosivas que tengan un ajuste deficiente. Esto se deriva del hecho que cuando existe un riesgo mayor de explosión, es decir, cuando está circulando el aire, las puertas anti explosiones estarán abiertas.

- Ruptura de tabiques

Se deberá establecer una base de aire fresco en el exterior de la trampa de aire y todo el trabajo que se realice más allá de la misma, deberá ser realizado por socorredores.

- Inspección por parte de cuadrillas de salvamento experimentadas

El jefe de cuadrilla deberá estar bien informado con respecto a lo que debe hacer su cuadrilla. Especialmente, se le deberá informar que tome

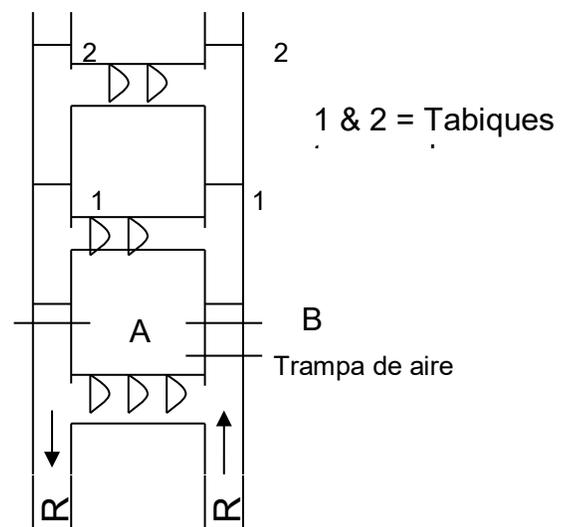
lecturas del higrómetro y de las muestras de aire en los alrededores del área del incendio y que examine el material cálido. Una cámara de imágenes térmicas facilitará este procedimiento. Deberá notar la posición de caídas de techo y, hasta donde sea posible, informar la condición de las puertas en las vías que conectan el ingreso y el retorno.

- Evaluación de la información obtenida

Cualquier muestra obtenida por la cuadrilla deberá ser analizada lo más pronto posible y, sin importar el informe del jefe de la cuadrilla, la circulación del aire no se deberá intentar hasta que se hayan considerado los resultados de las muestras. Si la cuadrilla de salvamento reporta derrumbes que imposibilitan el paso, o una comunicación abierta entre el ingreso y el retorno, evidentemente no tendrá objeto hacer circular aire. Será necesario adoptar el método de etapas, indicado a continuación.

Si el informe es satisfactorio y los resultados de las muestras indican condiciones de extinción (sin evidencia de un fuego en curso), entonces es seguro proceder con la ruptura de los demás tabiques. La circulación del aire y las observaciones e inspecciones posteriores se deben seguir tal como se indicó anteriormente en el Método de Circulación Directa.

Figura 3 - MÉTODO POR ETAPAS



- i construir la trampa de aire hacia afuera del tabique que se va a romper, por ejemplo B
- ii romper el tabique B

- iii inspección por parte de la cuadrilla de salvamento hasta el límite de la Etapa 1
- iv levantar pantallas en el límite de la Etapa 1
- v abrir puertas en la ranura de conexión inmediatamente externa a las pantallas
- vi romper los tabiques A
- vii circular aire en la etapa 1, como en el método de inspección
- viii repetir el procedimiento para las etapas 2 y 3

El método de etapas se adopta usualmente cuando:

- el sector aislado es largo
- las vías están fuertemente inclinadas
- hay conexiones abiertas entre la entrada y el retorno en el sector aislado
- se espera que no habrá un camino con salida para la ventilación
- la atmósfera en el sector es caliente y húmeda, limitando el progreso de la cuadrilla de salvamento

En cada caso, las precauciones generales que se deben observar, la necesidad de trampas de aire y el método de ruptura del tabique a través del cual entrarán los socorredores, son los mismos que en el método de inspección.

Inspección por parte de las Cuadrillas de Salvamento y la elección de posiciones para los Tabiques o las Pantallas Temporales

No puede haber una regla clara y definida con respecto a la distancia que una cuadrilla de salvamento pueda recorrer por fuera de la base de aire fresco, ya que todo depende de las condiciones. La distancia segura puede variar entre tan solo 100 metros en circunstancias de dificultad, hasta más de 2.000 metros en condiciones fáciles de viaje.

Durante la preparación del programa para la reapertura, se debe buscar la asesoría del ingeniero de la estación de salvamento y antes de enviar una cuadrilla de salvamento al sector aislado, se le debe informar al jefe de la cuadrilla que él no debe avanzar más allá de un punto dado, independientemente de lo que encuentre.

Antes de que la cuadrilla de salvamento sea enviada al sector, se deberá tomar una decisión con respecto a las posiciones deseadas de los tabiques o las pantallas temporales. Cuando sea posible, estos deben estar ubicados no más de 5 metros hacia adentro de la conexión entre la entrada y el retorno, con el fin de facilitar la ventilación posterior. El jefe de cuadrilla debe recibir instrucciones para medir el área de la sección transversal en los lugares escogidos para los tabiques o pantallas temporales y debe hacer un bosquejo. También debe recibir instrucciones para tomar lecturas higrométricas y de muestras de aire en puntos predeterminados.

No se debe hacer ningún trabajo adicional más allá de la base de aire fresco hasta que estas muestras hayan sido analizadas y hasta que los resultados hayan mostrado que el incendio o combustión espontánea no se ha avivado.

Tipos de tabiques o pantallas temporales

La resistencia a las fugas de aire, más que la fortaleza, constituye el requisito principal de un tabique temporal construido dentro de un sector aislado. Al mismo tiempo, es importante que el tabique temporal sea de un tipo que pueda ser levantado fácilmente por una cuadrilla de salvamento. Cuando sea posible, es preferible usar doble cortina, listón machihembrado o tableros de encofrado normal de la mina con una puerta para permitir el paso.

Levantamiento de tabiques o pantallas temporales

Con base en el bosquejo hecho por el jefe de cuadrilla, se deberán preparar y ensamblar los materiales necesarios. Si se le ha dado suficiente planificación a este asunto, la cuadrilla de salvamento puede levantar un tabique o una pantalla temporal muy rápido. Las herramientas y materiales suministradas para el tabique o la pantalla no deben emanar chispas peligrosas.

Ventilación durante la primera etapa

En caso de que sea posible levantar tabiques o pantallas temporales dentro de una conexión entre el ingreso y el retorno, y cuando haya un circuito abierto de ventilación, el siguiente paso es romper el tabique de retorno (o cualquier tabique que no haya sido roto) y establecer la ventilación hasta la ruta de conexión,



3.1 Causadas por Incendios

en la forma ya discutida para el método de circulación directa.

Procedimiento en la segunda etapa y en las etapas posteriores

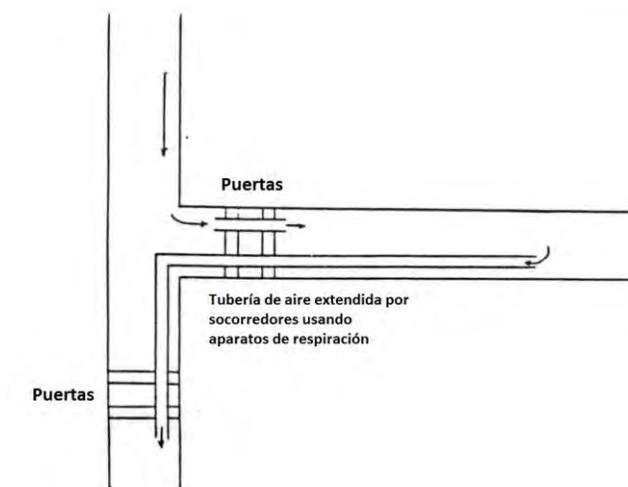
Una vez concluida la primera etapa, la base de aire fresco se puede mover hacia adelante en aire entrante, cerca de los tabiques o pantallas temporales. Entonces, el procedimiento de la primera etapa se repite. Una cuadrilla de salvamento es enviada al sector para hacer una inspección hasta el punto preestablecido para evaluar el mejor sitio para los siguientes tabiques o pantallas temporales y para tomar muestras y lecturas higrométricas. La ventilación es establecida luego hasta el segundo tabique o pantalla temporal y el trabajo es repetido hasta que se recupere todo el sector.

Ventilación auxiliar

Si hay un circuito abierto para la ventilación de alguna sección que se está reabriendo, se requerirá ventilación auxiliar a menos que la obstrucción pueda ser fácilmente despejada por hombres con equipos de respiración. Dos métodos, que han sido demostrados como útiles en dichos casos, se muestran en la Figura 4 y 5.

El Método 1 ha sido adoptado en un número de ocasiones en donde ha sido posible usar la presión de la ventilación normal de la mina para ventilar el área a reabrir.

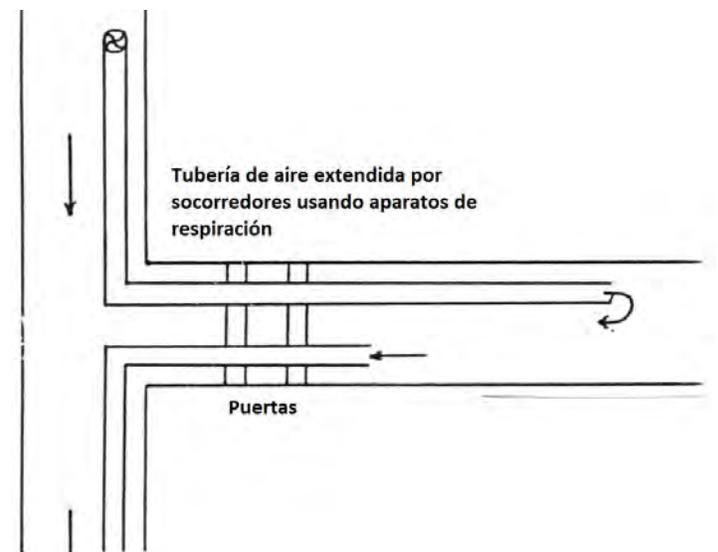
Figura 4 - Método 1 – Ventilación de un sector por medio de presión de ventilación normal



El Método 2, que requiere el uso de un ventilador auxiliar, ha prestado un buen servicio en casos en donde la presión disponible en las inmediaciones de los tabiques no ha sido suficiente para la adopción del Método 1. En ambos casos, el ducto del ventilador es extendido por socorredores con equipos de respiración autónomos y los marcos de las puertas son movidos hacia adelante en intervalos convenientes de acuerdo con las condiciones, por ejemplo, en intervalos de 100 metros a 200 metros.

Para el éxito de este método, es esencial contar con uniones en buen estado ya que el ducto debe extenderse una buena distancia. En un caso en donde hubiera una presión de 10,2 cm c. a. (columna de agua) y un ducto de 1 metro de diámetro (con buenas uniones) que se extendiera por 600 metros, únicamente 1,4 m³/segundo alcanzaría el extremo de descarga del ducto, aunque se la ventilación estuviera suministrando 3,8m³/segundo al inicio del ducto. Por lo tanto, se debe tener en cuenta la pregunta de la fuga de aire en la planeación del método de reapertura con base en la ventilación auxiliar.

Figura .5 - Método 2 - Ventilación de un sector con un ventilador auxiliar



Aunque la presión necesaria para ventilar un sector durante la reapertura se puede obtener al insertar un ventilador de succión en un ducto de retorno rígido, y este método haya sido adoptado con éxito en varias ocasiones, el uso de un ventilador en un cuerpo de

gas está tan lleno de peligros, incluso si el ventilador tiene buen mantenimiento, dicho método debería evitarse a menos que sea un último recurso.

MÉTODO PARCIAL

Este es el método más difícil de reapertura. En general, únicamente se adopta en casos en los que, por alguna razón, habría un peligro potencial si todo el sector se abriera, por ejemplo, cuando se desee reabrir parte de un sector poco después de que haya sido aislado debido a una combustión espontánea.

Se deben tomar las mismas precauciones generales para los métodos de inspección y etapas y se debe construir una trampa de aire y romper un tabique en la forma que ya se discutió. En ciertos casos de reapertura parcial, podría ser posible adoptar el método de etapas hasta el inicio de la etapa final de trabajo cuando, en vez de circular aire alrededor del frente del carbón, los tabiques sean construidos en aire fresco en el sitio de entrada de aire hacia las pantallas internas temporales. Este método tiene muchos beneficios ya que reduce considerablemente el trabajo que deben hacer los socorredores en una atmósfera irrespirable. Si este método es adoptado, es esencial que la atmósfera en los alrededores del incendio o del área de combustión espontánea se mantenga inerte en toda la operación. En caso de duda, los tabiques de entrada deben ser construidos por cuadrillas de salvamento que usen equipos de respiración autónomos. Los miembros de estas cuadrillas deben recibir capacitación para este arduo trabajo y se sugiere que se adopte el siguiente procedimiento para la reapertura parcial.

Elección de sitios para los tabiques de entrada propuestos

Los sitios se deben elegir para que sea posible ventilar el frente de los tabiques luego de que el resto del sector se abra. En la medida de lo posible, estos deben ser dispuestos con el fin de que se puedan equilibrar las presiones de ventilación.

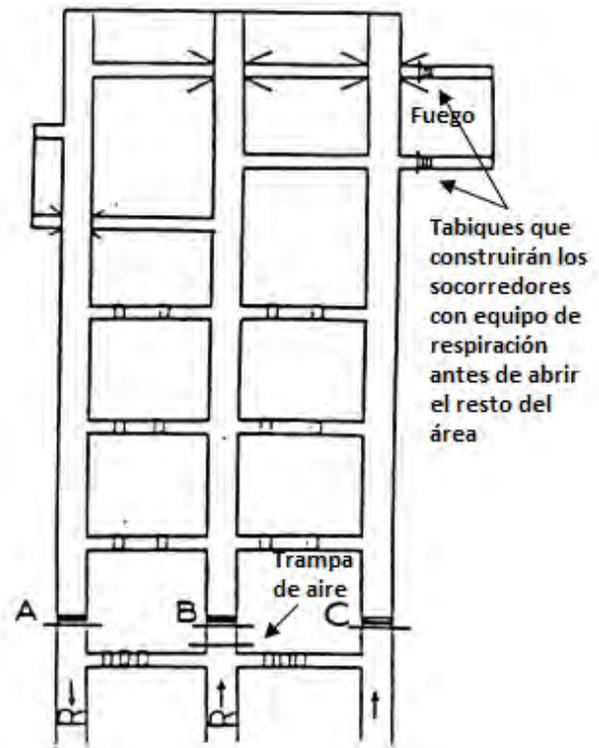
Inspección por parte de la cuadrilla de salvamento al sitio del tabique de entrada propuesto

Se debe enviar una cuadrilla de salvamento experimentada al sector para tomar lecturas higrométricas y muestras de aire y para anotar, particularmente, el área de la sección trasversal en

los lugares en donde se deben construir los tabiques y la posición de cualquier material apropiado para construir las paredes.

No se debe realizar ningún trabajo adicional más allá de la base de aire fresco hasta que las muestras hayan sido analizadas y hasta que los resultados hayan mostrado la atmósfera extintiva en el sitio de los tabiques propuestos.

Figura 6 - Método de reapertura parcial



- i construir la esclusa a la salida del tabique que va a romperse, por ejemplo B
 - ii romper tabique B
 - iii inspección por parte de la cuadrilla de salvamento hasta los tabiques de entrada propuestos
 - iv construir tabiques de entrada
 - v romper tabiques A & C
 - vi circular aire
 - vii equilibrar la presión en los tabiques de entrada
- Equipos

3.1 Causadas por Incendios

El material debe estar disponible para levantar las paredes y ubicar los tabiques

- Personal de salvamento requerido

El número de cuadrillas de salvamento y de socorredores dependerá principalmente de la distancia que tienen que viajar los socorredores y del número de tabiques construidos. La temperatura y humedad en el sector aislado también influirá sobre el número de cuadrillas requeridas. Es importante organizar las medidas de tal forma que el trabajo avance con la mayor agilidad posible una vez se comience.

- Circulación de aire en el área reabierta

El procedimiento es el mismo que para el método directo, es decir romper los demás tabiques y luego circular el aire, manteniendo las presiones tan equilibradas como sea posible en los tabiques.

- Herramientas a prueba de chispas

Si se toma la decisión de reabrir un sector aislado, se debe tener gran cuidado en todo momento y cualquier trabajo se debe realizar con el uso de herramientas especiales.

Las herramientas generalmente se refieren a herramientas a prueba de chispas de bronce fosforado y hay una gran variedad disponible en Estaciones de Salvamento en todo el país. La variedad incluye: Palas Cuadradas, Palas Redondas, Mazos de 14lb, Picas, Cuñas, Barras y barretones, Llave Inglesa de Tubos y Martillos. Estas herramientas permiten la mayoría de los trabajos manuales bajo tierra en el programa de reapertura que se debe llevar a cabo de forma segura. Estos no deben producir una chispa con suficiente calor para encender una concentración peligrosa de una mezcla explosiva de gas metano.



3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.



3.2

Causadas por derrumbes.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>		<u>Página</u>
3.2 Derrumbes.....	218	Lista de Figuras	
Diagrama de Flujo de Salvamento Minero.....	219	3.2 – 1 Tensiones verticales sobre vías en arco.....	228
Revisión Posterior a un Incidente	223	3.2 – 2 Tensiones horizontales e una vía	229
Evaluación de Incidentes	224	3.2 – 3 Tensiones y fractura de los estratos de techo ..	229
Entendimiento Inicial para la Respuesta a un Derrumbe	225	3.2 – 4 Efectos de la fractura de estratos de techo y piso sobre la vía	229
3.2.1 Derrumbes.....	226	3.2 – 5 Colocación correcta de una palanca y errores comunes.....	236
3.2.1.1 Definiciones	226	3.2 – 6 Causas de inestabilidad en la colocación de soportes.....	236
3.2.1.2 Tipos de derrumbes	227	3.2 – 7 Colocación correcta de una palanca en una vía inclinada.....	236
3.2.1.3 Causas de los derrumbes	228	3.2 – 8 Causas de inestabilidad en la colocación de soportes 2.....	237
3.2.1.4 Características del riesgo de derrumbe	230	3.2 – 9 Espacios rellenos entre techo y soporte	237
3.2.1.5 Resultados de los derrumbes ...	232	3.2 – 10 Perno de anclaje	238
3.2.1.6 Acciones preventivas para evitar derrumbes	234	3.2 – 11 Efecto de anclaje por suspensión simple.....	238
3.2.1.7 Influencia de los derrumbes sobre la seguridad de la mina	239	3.2 – 12 Efecto de anclaje por fricción	238
3.2.2 Acciones para controlar los derrumbes	240	3.2 – 13 Efecto de anclaje por reforzamiento del plano de falla	239
3.2.2.1 Principios para controlar los derrumbes	240	3.2 – 14 Perno de cable Dywidag	242
3.2.2.2 Acciones de salvamento o métodos para controlar los derrumbes ...	242	3.2 – 15 Relleno de una cavidad en un tajo largo mecanizado con cemento espumado	242
3.2.2.3 Supresión de los resultados de derrumbes	244	3.2 – 16 Señal del faro GLON/GLOP.....	248
3.2.2.4 Métodos para ubicar y rescatar víctimas de los derrumbes	246	3.2 – 17 Soportar una cavidad	250
3.2.3 Procedimientos seguros para la aplicación de acciones o métodos para controlar derrumbes en la atención de emergencias mineras.....	249	3.2 – 18 Vista en planta del soporte de una cavidad ...	250
3.2.4 Equipos utilizados en las acciones de rescate en situaciones de emergencia mineras causadas por derrumbes	253	3.2 – 19 Vista en planta del soporte de una cavidad 2	250
3.2.5 Referencias	256	3.2 – 20 Vista de corte en alzada de la figura 3.2 – 19.....	250
ANEXO 1	257	3.2 – 21 Avance del soporte de control de una cavidad	251
ANEXO 2	264	3.2 – 22 Avance del soporte de control de una cavidad 2	251
Lista de Tablas		3.2 – 23 Recuperación de un derrumbe mayor en un tajo largo.....	251
3.1 – 1 Entendimiento Inicial para la respuesta a un Derrumbe	225	3.2 – 24 Vista de perfil de la figura 3.2 – 23.....	251
		3.2 – 25 Solución en una cavidad alta y estrecha.....	252
		3.2 – 26 Manejo de un derrumbe mayor en una vía 1 ..	252
		3.2 – 27 Manejo de un derrumbe mayor en una vía 2 ..	252
		3.2 – 28 Vista transversal de la vía de la figura 3.2 -27	253
		3.2 – 29 Relleno de la cavidad	253

3.2 Derrumbes

Los derrumbes en minas subterráneas son una causa común de fallecimientos y lesiones en el lugar de trabajo en la mayoría de las jurisdicciones.

Esta segunda sección del Capítulo 3 define el conocimiento requerido y los métodos utilizados para reconocer y manejar los peligros resultantes de crear espacios libres bajo tierra.

La tecnología para controlar la roca ha evolucionado a lo largo de los años y ha variado sustancialmente de acuerdo con las necesidades de cada región minera, del tipo de mina o estrato, y con los resultados obtenidos de cada sistema empleado a lo largo del tiempo.

Los operadores mineros tienen la responsabilidad primordial de garantizar a los mineros un sitio seguro de trabajo. Es importante que los gerentes de las minas y los operadores inspeccionen las áreas de producción y los túneles con regularidad y tengan un sistema para reportar los problemas detectados e implementar su corrección. Si ocurren fallas en el sostenimiento, los mineros podrían ser seriamente afectados por derrumbes de roca o quedar atrapados en el interior de túneles cuyo acceso ha sido interrumpido por el derrumbe.

Para el momento en que el personal del Servicio Nacional de Salvamento Minero llegue a la mina en respuesta a una llamada para atender una emergencia por derrumbe, y evalúe la situación, el operador deberá haber intentado ayudarles o haber preparado el área para que los socorredores trabajen, por ejemplo, habiendo instalado soportes para estabilizar el acceso al derrumbe y logrando que haya transporte disponible.

La seguridad de los socorredores y mineros es la primera prioridad, salvar las vidas en peligro es la segunda.

Diagrama de Flujo de Salvamento Minero

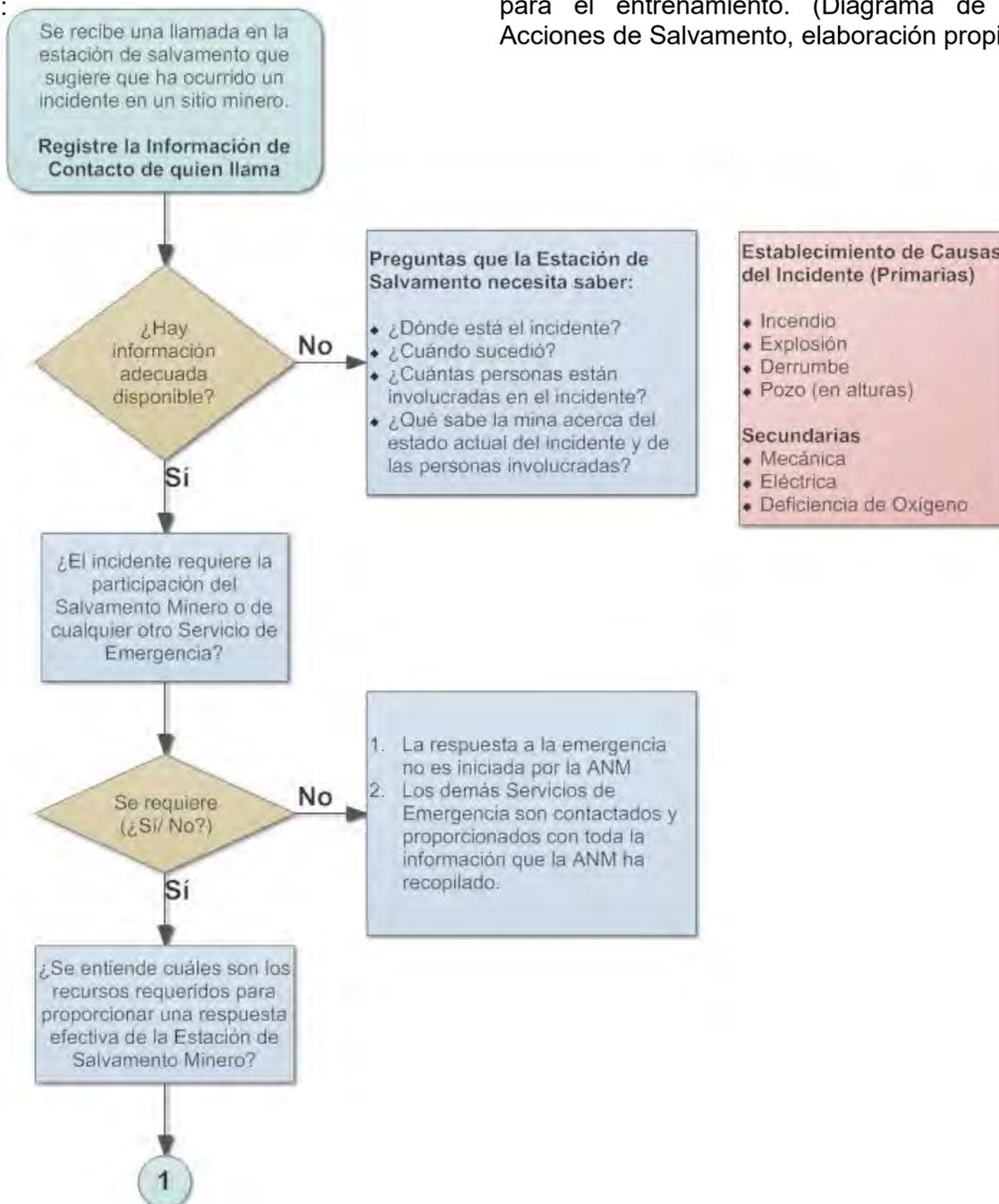
Esta sección proporciona un diagrama de flujo que fue diseñado para ayudar en la toma de decisiones en fases críticas del salvamento, a saber:

1. En el momento en que se recibe la llamada inicial, y;
2. Antes del despliegue

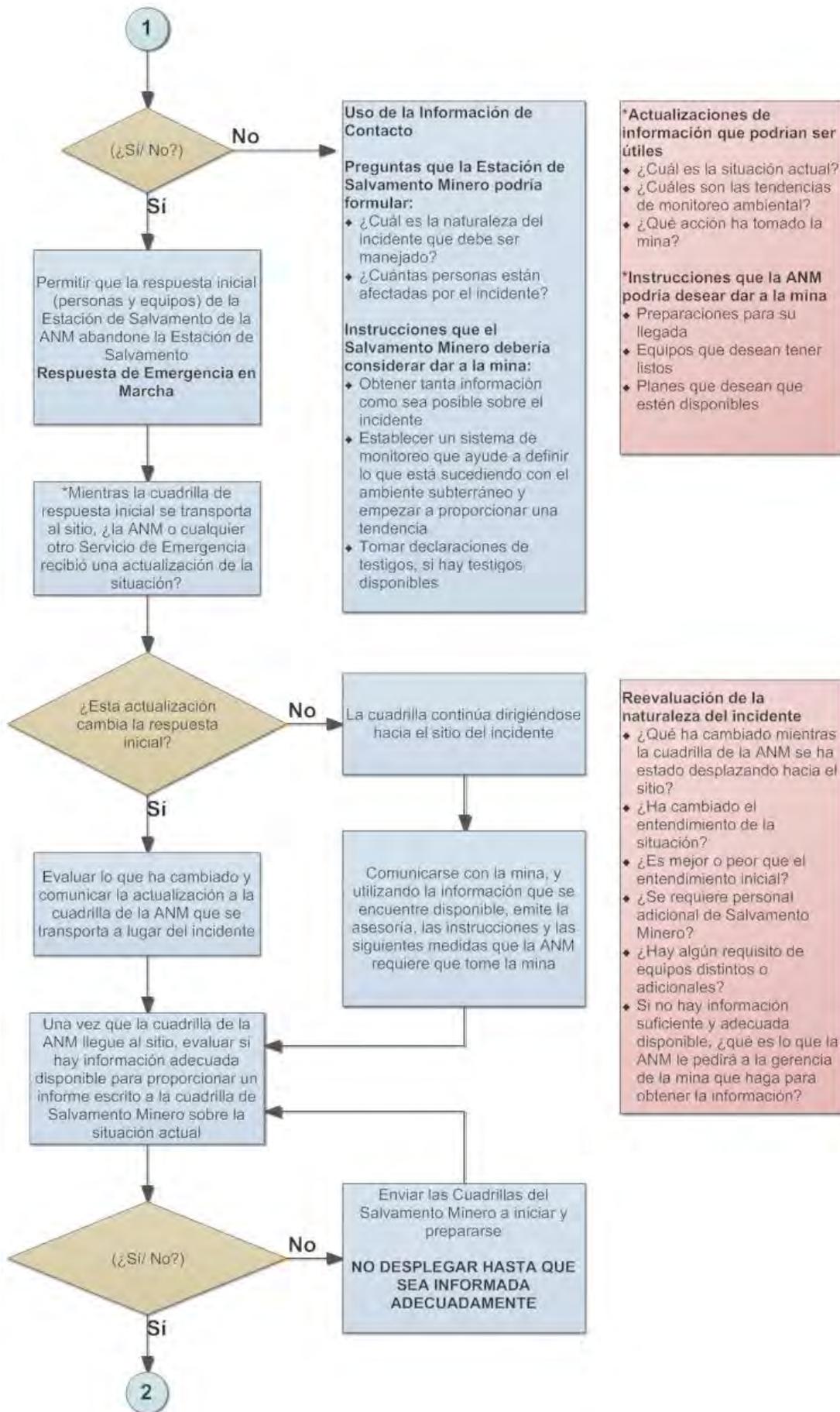
El diagrama de flujo también plantea una ruta para ofrecer informes efectivos después del despliegue de una cuadrilla de salvamento minero, con el fin de garantizar que:

1. Se identifique y se maneje de forma efectiva cualquier problema que potencialmente pueda afectar la capacidad de un socorredor minero para actuar adecuadamente (por ejemplo, el Estrés Posttraumático).

2. Se identifique cualquier problema que haya afectado la efectividad y la eficiencia del esfuerzo de salvamento minero y, según corresponda, se revise la eventual necesidad de introducir ajustes a las directrices, normas y planes de lecciones previstos para el entrenamiento. (Diagrama de Flujo de Acciones de Salvamento, elaboración propia)



3.2 Causadas por Derrumbes



***Actualizaciones de información que podrían ser útiles**

- ¿Cuál es la situación actual?
- ¿Cuáles son las tendencias de monitoreo ambiental?
- ¿Qué acción ha tomado la mina?

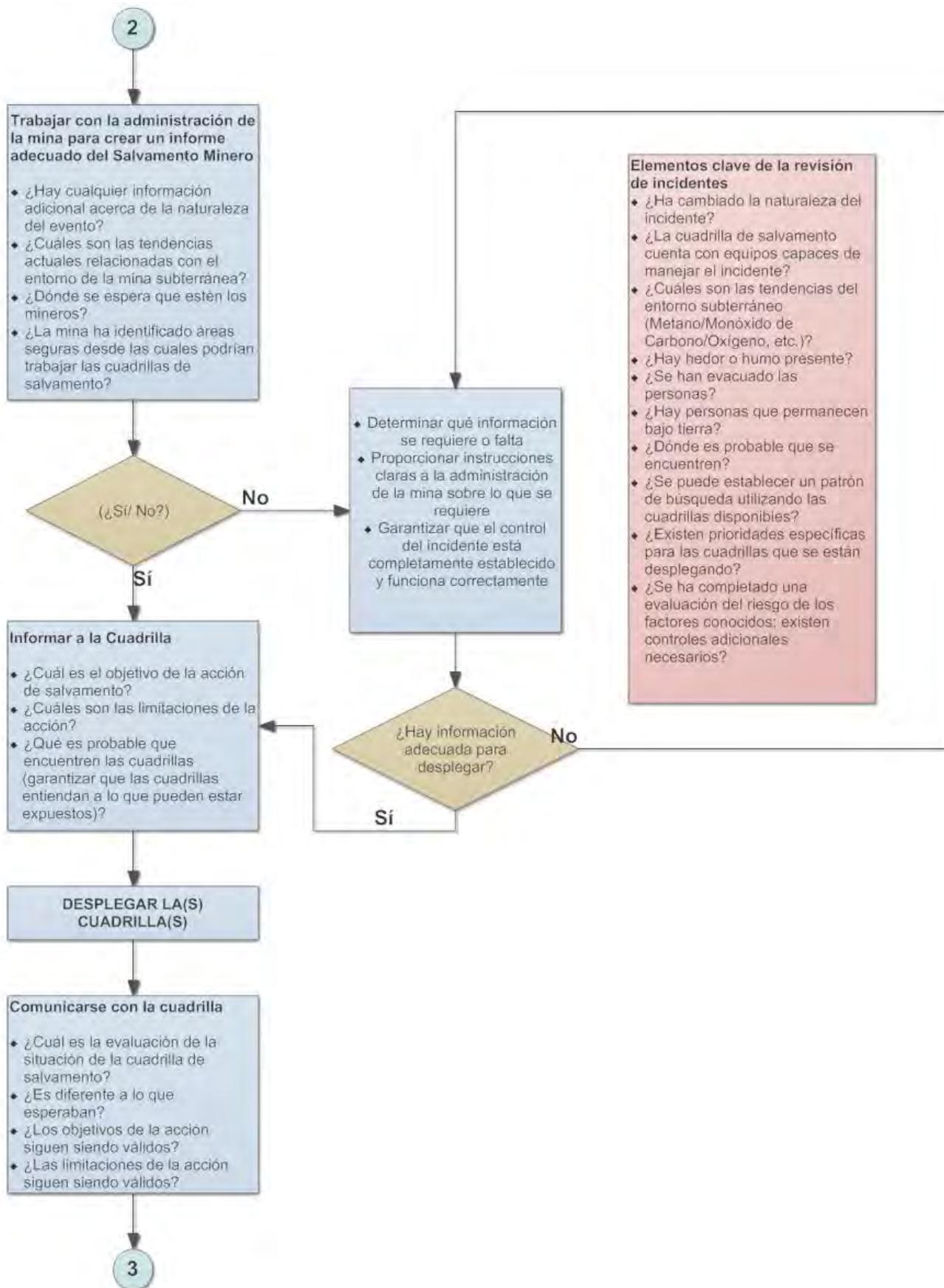
***Instrucciones que la ANM podría desear dar a la mina**

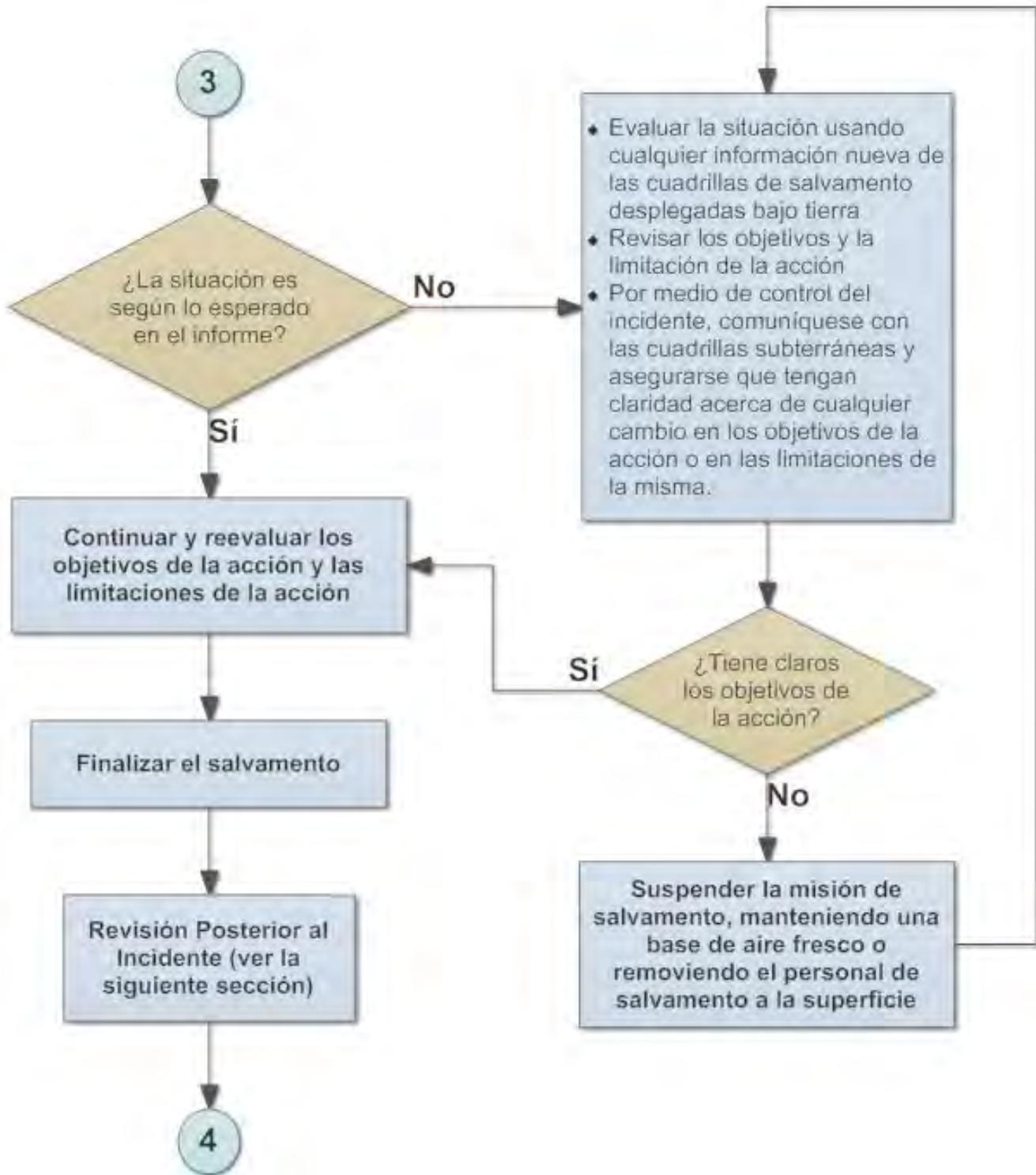
- Preparaciones para su llegada
- Equipos que desean tener listos
- Planes que desean que estén disponibles

Reevaluación de la naturaleza del incidente

- ¿Qué ha cambiado mientras la cuadrilla de la ANM se ha estado desplazando hacia el sitio?
- ¿Ha cambiado el entendimiento de la situación?
- ¿Es mejor o peor que el entendimiento inicial?
- ¿Se requiere personal adicional de Salvamento Minero?
- ¿Hay algún requisito de equipos distintos o adicionales?
- Si no hay información suficiente y adecuada disponible, ¿qué es lo que la ANM le pedirá a la gerencia de la mina que haga para obtener la información?







Revisión Posterior a un Incidente

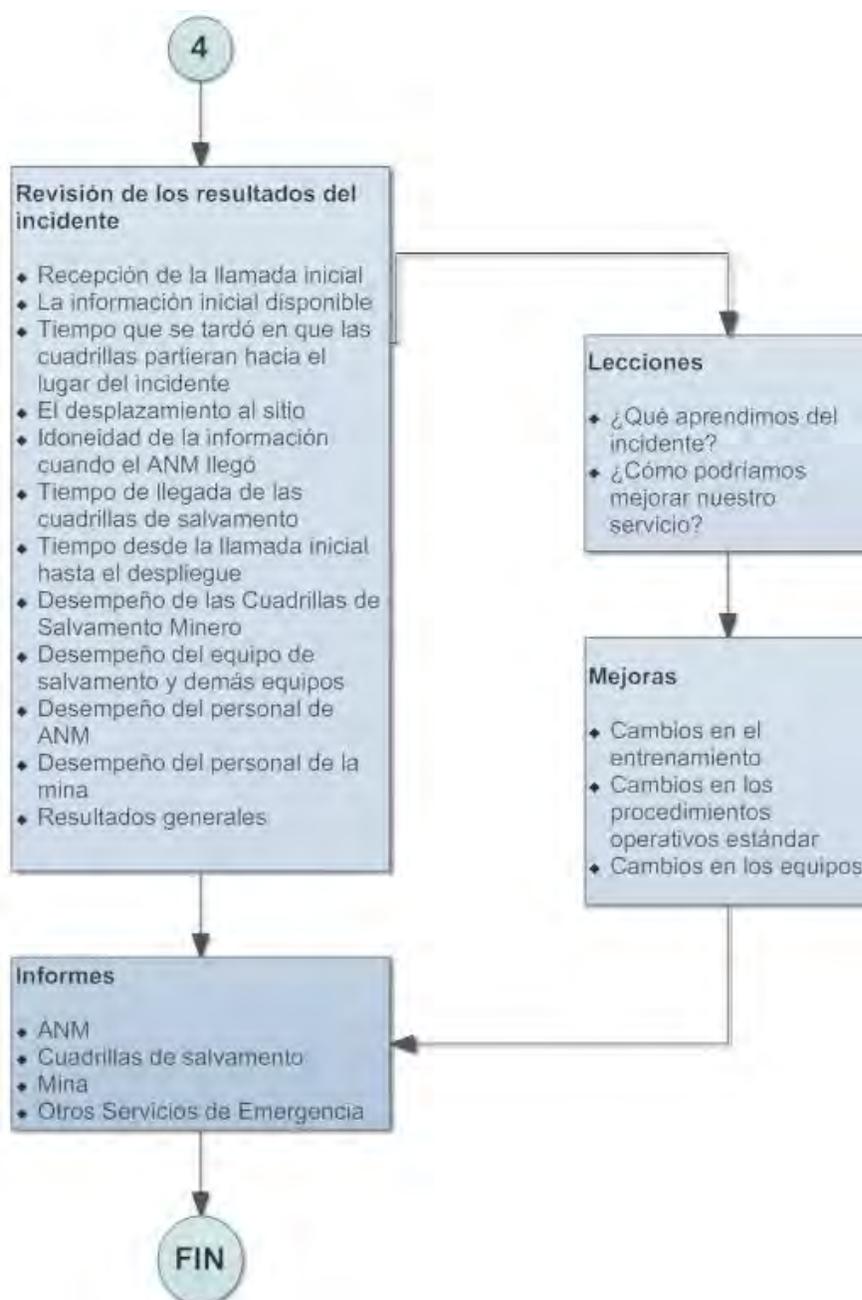
Una vez se haya completado el salvamento o incidente, se deberá realizar una revisión de las acciones ejecutadas y los resultados obtenidos tan pronto como sea posible. La revisión posterior al incidente se realizará con los objetivos clave de:

1. Tratar de establecer el motivo por el cual ocurrió el incidente (esto no hace parte de la mejora en la respuesta de salvamento, pero es importante para que la administración local de la mina y los operadores de la mina puedan tomar mayores medidas preventivas en el sector)

[si se hace alguna referencia a la investigación de incidentes, se puede hacer aquí]

2. Establecer la efectividad de la respuesta de salvamento

3. Documentar cualquier resultado clave del salvamento de manera que los lineamientos, estándares y entrenamiento se puedan mejorar continuamente



Evaluación de Incidentes

La naturaleza de una situación de emergencia puede significar que cada una es levemente diferente, y por lo tanto es casi imposible desarrollar un enfoque estándar para manejar una emergencia. Sin embargo, es posible desarrollar un enfoque común para el desarrollo de la comprensión inicial y la reacción inicial frente a la mayoría de los principales peligros mineros.

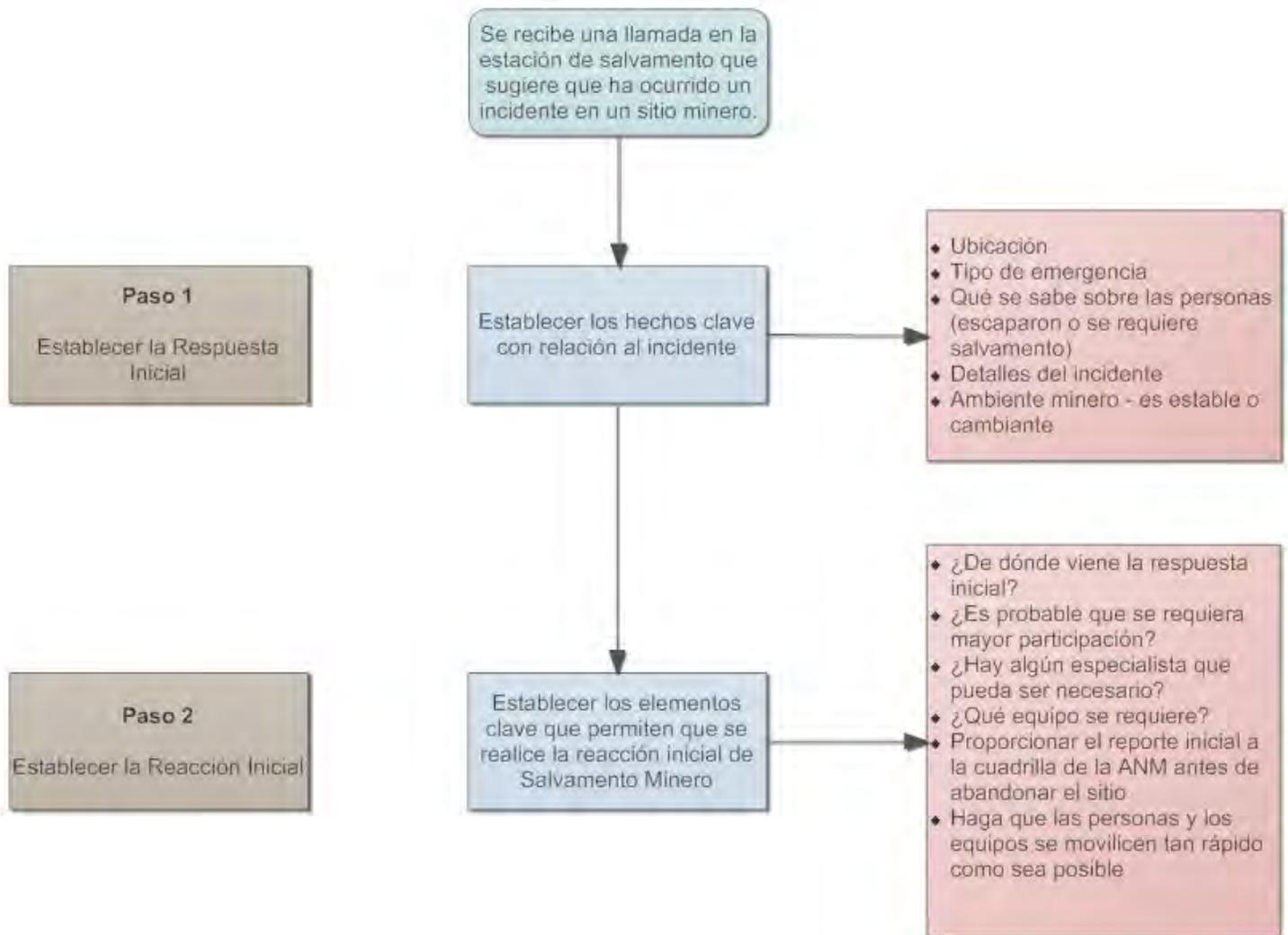
Esta sección considera que los principales peligros mineros son:

- Incendios subterráneos
- Explosiones subterráneas
- Control de suelo/deslizamiento
- Derrumbes
- Caídas de altura

Esta sección no tiene en cuenta los elementos que contribuyen a las principales amenazas mineras (especialmente incendios y explosiones subterráneas). Las áreas, por lo tanto, no cubiertas incluyen:

- Problemas mecánicos
- Problemas eléctricos

(Diagrama de Flujo de Evaluación de Incidentes, elaboración propia)



Entendimiento Inicial para la respuesta a un Derrumbe

Tabla 3.1 – 1 Tabla que muestra en mayor detalle el entendimiento inicial/respuesta inicial a un Derrumbe

La Estación de Salvamento Minero recibe una llamada que sugiere que ha habido un derrumbe en una de las minas		
Desarrollo del Entendimiento Inicial		
Ubicación	Personas	Evento
<ul style="list-style-type: none"> • ¿En dónde está la mina? • ¿Hay algún problema para entrar a la mina? • ¿En qué parte se encuentra el incidente subterráneo? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Los mineros han podido escapar por sí mismos? • ¿Hay alguna posibilidad de que los mineros puedan escapar por sí mismos? • ¿La mina ha podido dar cuenta de todos los mineros? • En los casos en que no se ha podido dar cuenta de todos los mineros, ¿sabemos quiénes son y en dónde habían sido enviados a trabajar (o su última ubicación conocida)? • ¿Hay alguna persona atrapada debajo del derrumbe? • ¿Hay alguna persona atrapada hacia el interior de la mina, al otro lado del derrumbe? • ¿Ha habido algún reporte desde el nivel subterráneo acerca de la naturaleza y el tamaño del derrumbe? • ¿La gerencia de la mina ha podido interrogar a algunas de las personas que lograron escapar? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuándo comenzó el evento? • ¿Cuál es el tamaño aproximado del derrumbe? • ¿Ha restringido la ventilación de la mina? • ¿Ha impactado o restringido el sistema de transporte de la mina (se pueden llevar los materiales al sitio de forma rápida y fácil)? • ¿Se comprende el tamaño del evento? • ¿Hay algún dato histórico sobre las condiciones de los estratos en esta área? • ¿Hay riesgo de un colapso adicional? • ¿Hay algún desencadenante conocido para el evento (hombres trabajando en el área, uso de explosivos, etc.)? • ¿Es probable que impacte a alguna otra mina con la que comparta un circuito de ventilación? • ¿La mina ha sido informada sobre el evento?
Desarrollo de la Reacción Inicial		
Personas	Equipos	Informe
<ul style="list-style-type: none"> • ¿A qué estaciones ANM se les pidió que respondieran? • ¿A qué personas ANM se les ha solicitado que respondan? • ¿La evaluación inicial indica que puede haber necesidad de contar con personas adicionales? ¿Es probable que se extienda durante un periodo considerable? • ¿Qué tipo de salvamento minero tiene disponible la mina para el despliegue? • ¿Es probable que se pueda requerir mano de obra adicional de las minas vecinas? • ¿Hay algún especialista requerido? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tipo de equipo es más probable que se necesite? • ¿Hay equipo adecuado disponible con base en el entendimiento inicial del evento? • ¿Hay necesidad de hacer acuerdos alternativos para otros equipos? • ¿Hay necesidad de algún equipo especializado? 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe a la cuadrilla de la ANM sobre lo que probablemente va a enfrentar cuando lleguen al sitio • Asegúrese que cualquier otro Servicio de Emergencia que pueda ser requerido, esté informado al respecto • Solicite asistencia de otros sitios o de otros Servicios de Emergencia si se cree que pueden ser útiles o necesarios • Despliegue las cuadrillas de la ANM al sitio de la mina tan rápido como sea posible

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

3.2.1 Derrumbes

La mayor cantidad de víctimas fatales bajo tierra se han atribuido históricamente a los derrumbes y, aunque los avances de la tecnología minera para el sostenimiento han contribuido a mejoras sustanciales en esta área, continúa siendo probablemente el principal riesgo cotidiano en la minería.

El sostenimiento en las explotaciones mineras subterráneas es fundamental y esencial para tener operaciones mineras seguras y exitosas.

Del mismo modo es, por necesidad, un tema complejo ya que debe considerar las condiciones ampliamente variables de los estratos que se pueden encontrar en diferentes áreas de la mina, desde los puntos de acceso a la mina, a lo largo de los túneles, hasta en áreas de producción.

Hay 9 Artículos en el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas relacionados con el “Soporte de las explotaciones mineras”. Los Artículos 75 y 76 requieren que el operador de la mina prepare e implemente medidas de soporte para garantizar que las operaciones se están llevando a cabo de manera que se prevengan derrumbes que pongan en peligro a los trabajadores bajo tierra.

Los Artículos 77, 78 y 79 describen con mayor detalle el tamaño mínimo de las excavaciones, la naturaleza sistemática del diseño de los sistemas de soporte, su adecuación y disponibilidad general.

3.2.1.1 Definiciones

Barra	Pieza de madera o metal para soporte de techo que se coloca horizontalmente entre dos palancas	Túnel de acceso	La vía de entrada de un frente de producción
Frente de carbón	Un frente, túnel, entrada o cruzada principalmente en carbón	Medida de sostenimiento	Acción, actividad o trabajo diseñados para controlar el movimiento de los respaldos o estratos adyacentes al manto, incluyendo la disposición e instalación de materiales de soporte.
Área de peligro	Cualquier parte de la mina bajo tierra que en el momento no es segura para trabajar o pasar	Tajo largo	Extracción progresiva de un panel de carbón. El frente de trabajo está compuesto por un corte largo y angosto que contiene una rozadora o transportador blindado a todo lo largo; el frente avanza por corte de la cara de producción y avanza siguiendo el rumbo del manto en buzamiento aparente o en plano. El techo está soportado por varias filas de barras horizontales sobre palancas o soportes hidráulicos. La excavación, detrás de la línea de corte, normalmente está “derrumbada” (se le permite colapsar). El frente está provisto de dos o más galerías, una en cada extremo
Galerías	Túnel en construcción	Operador de la mina	Persona en control de la operación de la mina
Derrumbe	Colapso del techo o laterales de una vía o un frente que imposibilita el paso de las personas bien porque la bloquea o porque hacerlo las pone en peligro.	Minero continuo	Máquina que corta y carga carbón de manera simultánea
		Ademes o soportes autopropulsados	Soporte llevado y puesto en el sitio por medio de energía mecánica
		Túneles	Galería formada para abrir áreas de la mina, la mayoría de las cuales se mantienen para albergar la maquinaria de la infraestructura principal de la mina – bandas



Estallido de rocas	<p>transportadoras, sistemas de transporte, rutas de escape</p> <p>Fallo repentino y violento de las cámaras, pilares, paredes u otros contrafuertes de roca adyacentes o en los trabajos en la mina</p>	<p>mayor o efectos más notorios sobre la mina. En general también se acepta que deberían considerarse relevantes aquellos que tengan el potencial de causar muertes o heridas y cuyo resultado impide que las personas se desplacen por el sector de la mina donde ocurrió.</p> <p>Los Artículos 75 a 83 del Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras (Decreto 1886 de 2015) reconocen que un soporte efectivo y sistemático de las explotaciones subterráneas es un requisito esencial para la minería en general. Siempre es necesario garantizar que el techo y los lados de todas las excavaciones sean seguros y no sean propensos a colapsar.</p>
Trabajo de cámaras y pilares	<p>Sistema de minería en el que los túneles se desarrollan siguiendo el mineral, dejando pilares entre ellos para ayudar a dar soporte al techo general del área de extracción. Los pilares se pueden extraer posteriormente en “parte” o “completos” con un segundo trabajo (minería secundaria)</p>	<p>Después de haber diseñado un sistema adecuado de soporte para controlar los estratos que rodean todas las excavaciones subterráneas, el operador de la mina debe haberse asegurado de que el riesgo de un derrumbe se haya reducido de forma considerable. Lamentablemente, estos sistemas de soporte todavía pueden presentar fallas debido a diversas razones.</p>
Concreto lanzado, gunita	<p>Material de concreto que se lanza sobre las paredes o hastiales del túnel o galería, donde forma un revestimiento para prevenir la erosión de rocas débiles o fracturadas</p>	<p>Estas razones, que se convierten en causas de derrumbes podrían servir de base para establecer alguna clasificación de este fenómeno y separarlos entre aquellos causados por:</p>
Material de soporte	<p>Incluye una palanca, capíz, arco de viga, soporte hidráulico, perno de roca, perno de techo, perno de cable, revestimientos, cápsula, bolsa inflable y cualquier otro material o equipo diseñado con el fin de controlar el movimiento del macizo rocoso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios geológicos imprevistos o anomalías; por ejemplo, la presencia de fallas, espejos de fallas, separaciones en los estratos del techo • Cambios en las condiciones mineras; por ejemplo, ingreso de agua desde el techo • Errores en las medidas existentes de sostenimiento; por ejemplo, densidad inadecuada de soportes • Un error del sistema de sostenimiento causado por baja calidad del trabajo de instalación; por ejemplo, ubicación del soporte en una base suave o sin un buen ajuste al estrato; baja calidad relacionada con el posicionamiento de pernos de anclaje • No considerar trabajos en varios estratos durante el diseño del plan de soporte

3.2.1.2 Tipos de derrumbes

No existe una clasificación de derrumbes aceptada de manera amplia por los diferentes investigadores o autoridades de seguridad minera. Sin embargo, una aproximación de uso generalizado se refiere al tamaño del derrumbe, diferenciando entre los derrumbes pequeños de naturaleza leve y que tiene pocos efectos, y aquellos que tienen un tamaño

Dichos fallos tienden a ser más comunes en las minas subterráneas de carbón. Por cada derrumbe de techo que ocurre, normalmente se hacen intentos para determinar la razón del derrumbe, con el fin de impedir que vuelvan a producirse en el resto de la mina.

3.2 Causadas por Derrumbes

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacionales de los Estados Unidos publicó en 2010 un estudio realizado por G Molina MS y Chris Mark PhD sobre las causas y condiciones que conducen a la ocurrencia de derrumbes en minas subterráneas, en el que se resaltan los siguientes aspectos:

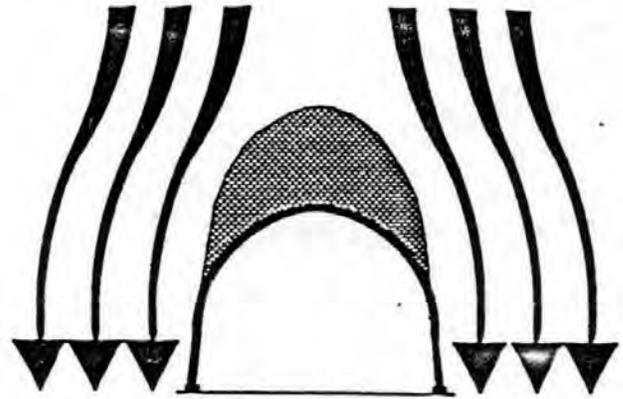
- El reconocimiento de los mecanismos de fallas es importante para el diseño de la secuencia de explotación minera y el sistema de sostenimiento
- El reconocimiento de las estructuras geológicas y su comportamiento bajo condiciones de tensión es un primer paso importante para el sostenimiento seguro del techo
- La transición de condiciones “normales” del techo a condiciones “anormales” o “adversas” es sutil
- En condiciones de rocas muy débiles, la mayor parte del tiempo se está más cerca de una condición “adversa” y se deberá considerar un soporte secundario regular y sistemático en las galerías importantes (de desplazamiento, bandas transportadoras y rutas de escape).

3.2.1.3 Causas de los derrumbes

Antes de que se realice cualquier operación minera, todos los estratos están sujetos a una fuerza de compresión vertical debido al peso de las capas superiores. Adicionalmente, la roca está sujeta a una fuerza lateral (horizontal o transversal) debido al hecho que están confinadas dentro de los materiales circundantes y por lo tanto no pueden expandirse transversal u horizontalmente; también puede haber una tensión horizontal remanente de los cambios ocurridos durante la formación de las montañas por el desplazamiento de la placa continental o vulcanismo. Estas fuerzas verticales y laterales parecen estar en equilibrio (se equilibran la una a la otra) y los estratos se mantienen en reposo en su posición natural.

Con base en este entendimiento, los principios básicos para el control de los estratos aceptados por muchos años, se referían a que un bloque de carbón “en el sitio” tendría fuerzas que actuarían sobre él en todas las direcciones y que había un balance entre las fuerzas opuestas. Cualquier trabajo en la capa de carbón crea un vacío que altera el equilibrio y las fuerzas verticales y horizontales se redistribuyen formando zonas de “alta” y “baja” presión. Se asumía que el comportamiento de la tensión sobre una vía en arco estaba distribuido como se indica en la figura 3.2 – 1.

Figura 3.2 – 1 Tensiones verticales sobre vías en arco



Fuente: Mines Rescue Service Ltd.

Ya que el vacío no puede transmitir una fuerza, entonces los volúmenes adyacentes de roca deben acomodar las tensiones redistribuidas, y por lo tanto deben estar fuertemente tensionadas. Esto causa que los estratos alrededor del túnel se “muevan” hacia él, generando una disminución de la altura del techo, el cierre de los lados y la elevación del suelo. Este comportamiento se asumía para cualquier tamaño de excavación.

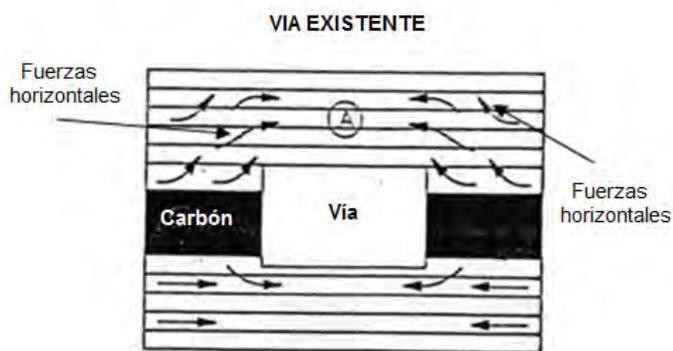
La perturbación de los estratos de carbón, por lo tanto, causará movimiento y acumulará tensiones en el macizo rocoso que constituyen las fuerzas destructivas que causan los derrumbes del techo, levantamientos del suelo y el “apretamiento general” de los socavones excavados bajo tierra. La resistencia a la compresión que presentan los diferentes mantos de carbón son variables y ello afecta seriamente las medidas de sostenimiento utilizadas en la minería. Los mantos “más fuertes” pueden ayudar a controlar los estratos en ciertas condiciones, pero las tensiones asumidas en dichos estratos a menudo fallan de repente y causan el movimiento considerable afectando un área grande. En el peor de los casos, puede crear la liberación de la energía del tipo “estallido de roca” que puede ser tanto destructiva como peligrosa en su peor forma.

Esta liberación de energía puede resultar en un movimiento muy rápido de los estratos superiores hacia abajo. El piso y los lados de los pilares de carbón por lo general no son lo suficientemente fuertes para resistir, por lo que el piso se eleva y los pilares son triturados y colapsan.

Hoy en día se reconoce que además de las tensiones verticales que afectan las excavaciones según lo ya descrito, también existen tensiones horizontales en

los estratos, cuya magnitud puede ser mayor a la tensión vertical. Los valores típicos están entre 1,5 y 2 veces el valor de la tensión vertical. En la figura 3.2 – 2 se muestra cómo las tensiones horizontales se comportarían en la excavación. Como se describió anteriormente, el vacío de la excavación no puede transmitir las fuerzas horizontales y estas se distribuyen de la manera indicada por las flechas. La tensión horizontal puede ser local o regional.

Figura 3.2 – 2 Tensiones horizontales sobre una vía



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El efecto de esta distribución de la tensión horizontal puede ser demostrado considerando la figura 3.2 – 3.

Esta muestra una serie típica de estratos duros y blandos cuya resistencia a la compresión y rigidez es diferente.

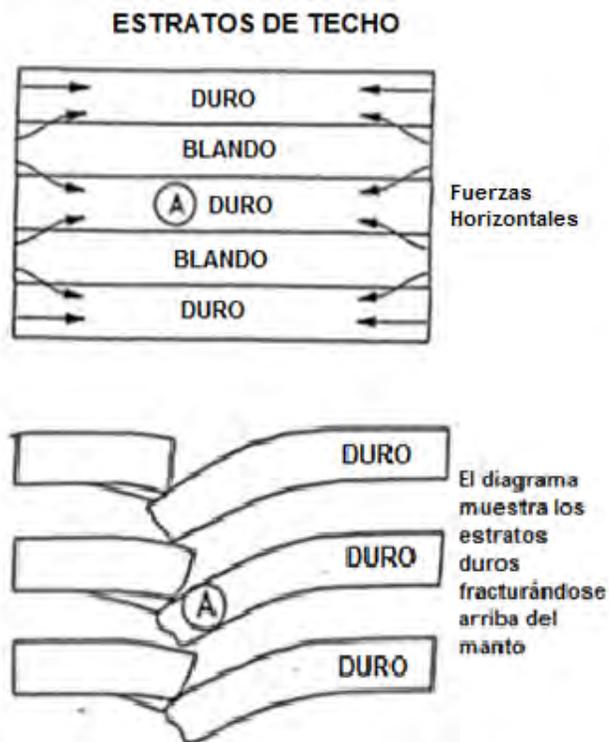
A medida que se aplican las fuerzas horizontales en la formación del túnel, las rocas más débiles y plásticas empiezan a deformarse, haciendo que las fuerzas se transmitan por las capas más fuertes; mientras estas fuerzas estén dentro de los límites de la resistencia a la compresión del estrato no representarán ningún problema.

Eventualmente, las tensiones superarán estos límites y los estratos se quebrarán debido a la compresión, fracturándose y perdiendo totalmente su capacidad de asumir las cargas.

En ese punto, los fragmentos de roca resultantes y los materiales de los estratos superiores, que eran soportados por el estrato fracturado, caerán dentro del túnel si su peso y presión totales superan la capacidad portante del sistema de sostenimiento.

Esta descripción corresponde a lo que ocurre en la gran mayoría de los derrumbes que se presentan en muchas minas.

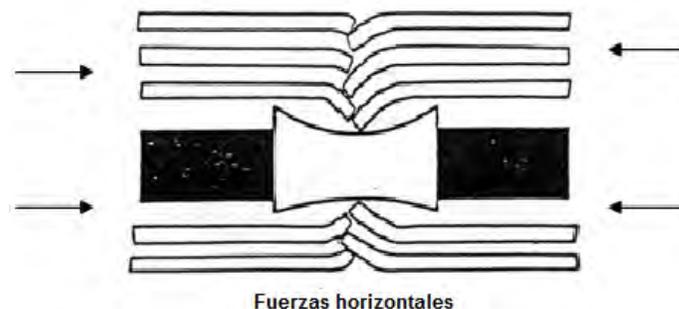
Figura 3.2 – 3 Tensiones y fractura de los estratos de techo



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El fenómeno descrito se presenta igualmente en los estratos rocosos que conforman el piso de la mina. En este caso, las tensiones son liberadas hacia la zona de menor resistencia invadiendo el túnel desde abajo. Una representación esquemática de las tensiones se muestra en la figura 3.2 – 4.

Figura 3.2. – 4 Efectos de la fractura de estratos de techo y piso sobre el túnel



Fuente: Mines Rescue Service Ltd.

Esta teoría de tensiones tanto verticales como horizontales ha sido utilizada exitosamente para diseñar sistemas de sostenimiento. Con base en ella, las minas de carbón de Australia, por ejemplo,

establecieron la instalación de pernos de anclaje como método primario de sostenimiento.

Está demostrado que las tensiones horizontales son direccionales, esto es, se desplazan mayormente en una dirección determinada que tiende a ser uniforme. Identificar esta dirección de las tensiones preponderantes permite un diseño más seguro de los túneles, los frentes de explotación y el sistema de sostenimiento.

3.2.1.4 Características del riesgo de derrumbe

El diseño efectivo de un sistema de sostenimiento integrará dos resultados, el trabajo seguro en la mina y el éxito en la operación económica de la misma. Una eventual falla en el sistema de sostenimiento dará origen, no solo a la caída de rocas desde el techo o los costados de una vía o de un frente de trabajo con el grave peligro que ello implica para las personas que allí trabajan, sino que interrumpirá la capacidad de producción de la mina misma. Cualquier evaluación del riesgo que se tome al efectuar trabajos subterráneos en una mina, identificará el derrumbe como una amenaza potencial.

El análisis de todos los factores que pueden afectar la estabilidad de los sistemas de sostenimiento bajo tierra, con base en el riesgo, se ha constituido en una tendencia de rápido crecimiento en el sector minero en todo el mundo. En muchas oportunidades una administración formal del riesgo ha sido puesta en vigor por la legislación pertinente y apoyada con guías documentadas apropiadas. Los hechos derivados de tales medidas han demostrado que la aplicación rigurosa de los principios de administración del riesgo ha tenido un impacto significativo e importante en la seguridad.

Perspectiva de administración del riesgo para el diseño del sostenimiento.

El operador minero, después de identificar los peligros presentes en su mina y de haberse concentrado principalmente en los que representan mayor amenaza, incluyendo el sostenimiento de los respaldos que rodean el manto de interés que pretende excavar, podrá aplicar las perspectivas de la administración del riesgo para identificar las medidas que se requieren para garantizar la seguridad de aquellos que trabajarán bajo tierra. Un sistema típico de administración del riesgo incluirá los siguientes elementos:

- a) Identificación del peligro

- b) Cuantificación del riesgo (probabilidad, severidad, eliminación)
- c) Evaluación de las opciones de control disponibles, entrenamiento, monitoreo, factibilidad técnica del método de producción
- d) Implementación de las medidas de control
- e) Monitoreo efectivo de las medidas de control y revisiones necesarias

Algunos peligros no pueden eliminarse por completo, pero si están claramente identificados pueden ser monitoreados y controlados, v. gr. Un cruce de túneles en una explotación por cámaras y pilares es considerado como un posible foco de derrumbe con un nivel de riesgo mayor al normal del resto de la mina. Sistemas adicionales de sostenimiento pueden instalarse en el cruce y dotar el sistema con instrumentos de monitoreo.

El peligro potencial para un derrumbe lo crea la operación del sistema de producción, corte, explosivos, sostenimiento, mezclando los parámetros geotécnicos y geológicos. La habilidad para monitorear, identificar situaciones fuera de lo normal, y reconocer los cambios de cualquier tipo que se presenten es fundamental para La efectividad de cualquier sistema de sostenimiento y para la prevención de derrumbes.

Evaluación del riesgo

Los Artículos 75 y 76 del Decreto 1886 de 2015 o Reglamento de Seguridad en las labores Mineras Subterráneas, asigna al operador minero la responsabilidad de tomar medidas de control de sostenimiento necesarias para hacer seguros todos los lugares de la mina donde las personas trabajen o transiten. También exige que se identifiquen las medidas de sostenimiento apropiadas y que se implementen sistemáticamente en toda la mina. Con el fin de decidir qué es apropiado, el operador minero debe inicialmente efectuar una revisión de las condiciones del macizo rocoso antes de diseñar un sistema de sostenimiento adecuado y apropiado.

La verificación de las condiciones del macizo rocoso en un área de la mina que será desarrollada es la revisión adecuadamente registrada de todos los factores que pueden intervenir en la estabilidad e integridad de los trabajos subterráneos propuestos. La determinación de la naturaleza de los peligros habilitará el desarrollo de los sistemas de sostenimiento y métodos de producción adecuados para la seguridad de los trabajadores mineros.

Cuando se pretenda confiar en diseños de sostenimiento y métodos de producción ya empleados la evaluación puede validar el sistema y evitar o controlar el riesgo para los trabajadores.

La evaluación de las condiciones del macizo rocoso puede, en algunas circunstancias, basarse exclusivamente en el conocimiento previo y la experiencia donde se considere que, puede no requerirse sostenimiento o bien se usará el sostenimiento tradicional por arcos, puertas en marcos metálicos o puertas de madera, etc. ya que las condiciones son muy similares. Un análisis técnico muy detallado será necesario si, por ejemplo, el uso de pernos de anclaje se está contemplando en una mina de carbón, aunque este sea el sistema más usado en minas de carbón en otros países. En todos los casos seguir el resultado de las observaciones y medidas es necesario para verificar que se instale un sostenimiento adecuado. En los casos en los que se utilicen palancas de fricción o hidráulicas como parte de un sostenimiento temporal o definitivo, debe tenerse presente la altura del soporte, la carga probable que deberá soportar cada palanca y el hundimiento del extremo de la palanca en el piso que puede presentarse.

Estas evaluaciones deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a. información geológica: espesor y tipo de estratos adyacentes a la excavación propuesta
- b. propiedades mecánicas de los diferentes tipos de roca que pueden encontrarse
- c. el efecto de las tensiones verticales y laterales, incluyendo aquellas susceptibles de afectar la extracción de minerales
- d. la posible extensión y naturaleza de los movimientos de los estratos que se desean controlar
- e. los posibles mecanismos de fallo
- f. los posibles efectos en otros lugares de trabajo
- g. los resultados de las investigaciones de interés en las zonas a trabajar
- h. la experiencia previa y los datos históricos
- i. el ambiente de la mina, incluyendo los efectos de las aguas subterráneas

La consideración de los puntos (c), (d), (e) y (f) debe tener en cuenta el diseño propuesto y las dimensiones de la excavación.

Esta evaluación se debe poder revisar en cualquier momento si existe una razón para sospechar que se ha producido un cambio sustancial en su contenido, o este se modifica a medida que se obtiene más información durante los trabajos de la mina, por ejemplo, información de seguimiento del desempeño del sistema de soporte implementado. El registro de la información relativa a las características mecánicas del macizo rocoso debe continuarse en la medida que el avance de los trabajos de excavación y explotación permiten evidenciar tales condiciones.

Si el operador de la mina posee los conocimientos necesarios de mecánica de rocas y geología necesarios para ello, podría realizar tales evaluaciones por sí mismo. Sin embargo, se aconseja contratar los servicios de un especialista geotécnico calificado y competente antes de implementar un sistema de sostenimiento o de hacer un cambio significativo a cualquier sostenimiento existente.

Una vez finalizada la evaluación de las condiciones del macizo rocoso, la información obtenida se debe utilizar para definir e implementar el Plan de Sostenimiento previsto por el Artículo 76 del Decreto 1886 de 2015. Cuando ya haya sido probado un sistema de sostenimiento, este puede ser utilizado como una base para las nuevas excavaciones siempre y cuando las evaluaciones en ambos sitios no sean muy diferentes.

El diseño resultante de los soportes se debe poder implementar sin riesgos indebidos para las personas. El diseño debe incluir:

- (a) el límite de extracción
- (b) las dimensiones de la excavación
- (c) las dimensiones de los pilares
- (d) la densidad de los soportes y/o refuerzos
- (e) las especificaciones de los materiales de soporte
- (f) el método de explotación propuesto y la secuencia de trabajo
- (g) el procedimiento para hacer frente a las anomalías
- (h) la información sobre otros riesgos que pueden haber sido identificados como fallas, proximidad a otras labores, agua o gas

Las posibles tensiones del macizo rocoso, los movimientos anticipados de los estratos durante la



vida de la excavación, los requisitos de ventilación y los espacios libres para las personas y los equipos son factores que también tendrán que ser tenidos en cuenta en el diseño del sistema de soporte.

Monitoreo

Una vez instalado un sistema de sostenimiento se debe mantener el monitoreo continuo de las galerías como parte esencial de la administración del riesgo y asegurar que el control de los respaldos implementado cumple su cometido con un comportamiento acorde con el diseño original. En la mayoría de las oportunidades, este monitoreo no es más que un programa formal de inspección ejecutado, con base a una frecuencia regular prefijada, por personas con experiencia que llevarán el registro de sus hallazgos por escrito. En algunas ocasiones, especialmente cuando el sostenimiento se basa en pernos de anclaje, se necesitarán sistemas de monitoreo completo para verificar el comportamiento de los soportes. Este tipo de monitoreo puede requerir el registro de los movimientos del techo o de los hastiales con precisión hasta de 1 mm. Se tomará la medida de la tensión tanto vertical como horizontal en el sitio y se calculará la carga apoyada en los soportes.

La información recopilada debe ser guardada y analizada por una persona competente, debidamente entrenada, para que sea útil en la confirmación de la evaluación del riesgo elaborada y se hagan los ajustes del Plan de Sostenimiento que resulten necesarios para responder a los cambios que puedan presentarse. La misma persona debe estar en capacidad de reconocer los niveles de advertencia que lleven a la implementación de soportes adicionales. Estos niveles de advertencia deben responder a dos factores, el movimiento excesivo de la masa rocosa o la sobrecarga de los elementos del sostenimiento.

Cabe señalar que el artículo 77 del Reglamento de Seguridad en Las Labores Mineras establece las dimensiones mínimas de una excavación minera.

3.2.1.5 Resultados de los derrumbes

Cualquier derrumbe puede provocar la suspensión temporal o definitiva de las actividades mineras. Además, puede resultar en una o más muertes, ya sea como un resultado directo de la roca que cae sobre los trabajadores o atrapando a otros de modo que no puedan escapar.

El resultado general de un derrumbe importante en una mina, sus consecuencias sobre las personas que trabajan bajo tierra y en las operaciones mineras puede describirse mejor mediante el análisis de acontecimientos reales. Hay muchos que han tenido lugar en todo el mundo y algunos son particularmente bien conocidos, ya sea como resultado de múltiples muertes o el atrapamiento de personas o rescates exitosos. Uno de estos incidentes demuestra muy bien los resultados de un gran derrumbe.

Stillingfleet Colliery – 6 de abril de 1992

Un derrumbe importante ocurrió en una galería de desarrollo en la Mina Stillingfleet el 6 de abril de 1992. El derrumbe interrumpió la ventilación auxiliar en el frente de excavación y atrapó a 8 hombres que se encontraban en el frente en ese momento. El sitio del incidente estaba a unos 2.450 metros de la parte inferior del pozo de entrada principal, a una profundidad de 750 metros. El frente había sido avanzado 1.175 metros de distancia por un minador continuo.

Los soportes principales del túnel en el sitio eran soportes de acero. Con la viga superior recta, la sección transversal de la mina era de 5,2 metros de ancho por 3,0 metros de alto; la sección de la viga de techo de 152 x 127 mm. La sección de las palancas verticales era 127 x 114 mm. Estos soportes se fijaron con un espaciamiento de 1,2 metros, conectado por 9 conectores o amarres. Se proporcionó soporte secundario adicional con pernos de anclaje con resina de largo completo de 2,4 metros distribuidos uniformemente en el espacio de 1,2 metros.

El extremo del derrumbe, más cercano a la salida se encontraba a 256 metros de distancia desde la entrada de la galería en desarrollo y se extendía por unos 17 metros.

Aproximadamente a las 1650 horas el 6 de abril, los 8 hombres en el frente se dieron cuenta que la ventilación y la cinta transportadora se habían detenido. Un funcionario de la mina que caminaba por el frente encontró el derrumbe y alertó a la superficie. Afortunadamente, el cable de comunicaciones sobrevivió al derrumbe y pudo hablar con los hombres atrapados detrás del derrumbe. Él dio cuenta de todos ellos. El sistema de despliegue en la superficie dio cuenta de todos los demás en la mina y confirmó que nadie podía estar debajo del derrumbe.

Al cabo de 30 minutos, se desplegaron cuadrillas de salvamento bajo tierra junto con el personal y la

gerencia de la mina de carbón. Dándose cuenta que el frente tenía un nivel de metano normal, se desconectó un tubo de agua de 150 mm de diámetro que pasaba a nivel del piso bajo el derrumbe en ambos lados del derrumbe, y se conectó un tubo de ventilación al extremo del tubo. Esto permitió que aquellos que se encontraban en el extremo que no daba al aire libre, pudieran recibir aire fresco.

El personal de salvamento y de la mina de carbón examinó el derrumbe para determinar el medio más accesible para sacar a los trabajadores. La esquina inferior derecha del derrumbe parecía ser la zona con menos escombros y comenzó el trabajo para limpiar un paso de acceso. Esto involucró tanto la remoción de escombros como el trabajo a mano y colocación de soportes. Los hombres atrapados, todos mineros experimentados, también ayudaron a limpiar el camino, trabajando por turnos en una atmósfera que presentaba temperaturas muy elevadas. En algún momento, se encontró una obstrucción muy grande de roca que no se pudo romper. Se obtuvo un paso realizando un túnel por debajo de la roca permitiendo a los hombres salir a las 0800 horas del día siguiente, unas 13 horas después del derrumbe.

En este momento, las cuadrillas de salvamento que habían trabajado en turnos con la cuadrilla de la mina regresaron a sus tareas usuales. La recuperación del área del derrumbe luego comenzó atravesando sistemáticamente el derrumbe, colocando arcos de acero de 4.85 m x 3.64 m. Este trabajo se completó finalmente el 18 de mayo, permitiendo reanudar el trabajo normal unos 40 días después que ocurriera el derrumbe.

La investigación posterior indicó:

- el túnel fue cortado a un nivel más ancho de lo debido y los laterales (sin refuerzo) se estaban fragmentando, aumentando el ancho efectivo
- el estándar de anclaje del techo era deficiente; faltaban algunos pernos, la resina se había aplicado en cantidad insuficiente y algunos de los pernos instalados no estaban ajustados hasta el techo
- el agua que goteaba del techo indica una señal temprana de que el techo está bajando. Áreas en otras partes del camino donde estaba goteando agua también habían bajado y requerían soportes adicionales. La zona del derrumbe había sido reportada por goteo presentando goteo desde 2 días antes del derrumbe.
- el derrumbe mismo demostró que los estratos dentro y encima de la altura del anclaje de techo estaban muy debilitados, indicando que había ocurrido un ablandamiento significativo de los estratos por encima de los pernos antes de la caída del techo por lo que; los pernos habían dejado de tener un efecto como soporte hacia mucho tiempo. La estabilidad del techo en ese momento, por lo tanto, dependía de los soportes de acero
- ningún sistema de apoyo fue suficiente para contener la altura de roca reblandecida. Como los dos sistemas de apoyo actúan de manera totalmente diferente, la capacidad del sistema combinado no es mayor que el sistema individual
- no hubo características geológicas “anormales” relacionadas con el derrumbe
- el sistema de soporte fue utilizado en otros lugares en los 1.175 metros de vía y por lo tanto se concluyó que podrían ocurrir más derrumbes si no se implementaba un refuerzo. El túnel fue utilizado para un frente de tajo largo en retroceso y se esperaba que se mantuviera en pie por unos 2 años

Si bien el resultado del derrumbe en esta instancia no resultó en pérdida de vida o lesiones, sus efectos en la mina y aquellos que trabajaban en ella se sintieron de varias maneras durante un tiempo considerable.

- El atrapamiento de 8 personas condujo a que se generara publicidad considerable en la TV y en los periódicos, tanto durante el día del atrapamiento como por un buen tiempo después.
- Había presión sobre el Gobierno para realizar una investigación pública del incidente, tanto respecto de los detalles del incidente mismo, la gestión de la industria y el papel del Regulador por permitir un diseño inseguro del sistema de soporte
- Los mineros requirieron mayor seguridad para renovar su confianza en los sistemas de soporte en la mina
- El túnel tuvo que ser reforzado en toda su longitud antes de poder trabajar en el frente de carbón
- El impacto financiero y operacional en la mina se sintió por un tiempo considerable

3.2 Causadas por Derrumbes

Los efectos del derrumbe, que pueden analizarse en el ejemplo transcrito, afectan a los trabajadores, pero de manera más grave a la mina, más allá del impacto sufrido por quienes resultan atrapados.

Estos resultados afectan normalmente:

A los mineros por:

- Alteración de la ventilación que puede afectar otras partes de la mina
- Alteración del suministro de energía eléctrica a equipo fundamental como ventiladores y bombas
- Alteración de las comunicaciones que pueden ser cortadas por distancias relativamente grandes
- Impacto en la atmósfera por acumulación de gases
- Incremento de la humedad y el calor
- Falta de agua
- Falta de alimentos

A la mina

- Por daño en los equipos de producción, de transporte etc.
- Daño al suministro de energía
- Suspensión indefinida de la producción

3.2.1.6 Acciones preventivas para evitar derrumbes

Luego de realizar una evaluación plena y completa de las condiciones del macizo rocoso y habiendo formulado un diseño de sistema de sostenimiento idóneo para las conclusiones de la evaluación, el operador de la mina debe asegurar que se prepare suficiente información escrita e instrucciones a modo de Reglamento para la implementación de su diseño de sostenimiento. Al redactar este Reglamento, el operador de la mina debe tener en cuenta:

- El sistema de sostenimiento propuesto
- el método de explotación
- la secuencia de las operaciones
- el mantenimiento de la ventilación
- los requisitos de mantenimiento
- operación segura de los sistemas de transporte

Este Reglamento incluye el Plan de Sostenimiento establecido por el artículo 76 del Decreto 1886 de 2015 y el documento que lo contenga debe estar fechado y firmado por el operador de la mina o quien esté designado como su remplazo en sus ausencias. El Reglamento debe incluir los diagramas que resulten necesarios para el correcto entendimiento de sus descripciones y texto explicando la secuencia de las operaciones. También deben mostrar en planos adecuados el diseño, patrón y dimensiones de la excavación y el sistema de soporte a ser instalado, así como las especificaciones de los componentes de soporte.

Para reducir el riesgo de un derrumbe durante el proceso de excavación, el Reglamento debe restringir la cantidad de avance (techo y costados) expuestos durante cada ciclo de operación al mínimo posible antes de colocar el sostenimiento previsto. También se debe tener en cuenta el método de explotación (corte con máquina; uso de explosivos, etc.).

El operador de la mina debe preparar resúmenes adecuados del Reglamento cuyo contenido específico corresponda a secciones completas del mismo, y asegurarse que se encuentren disponibles para aquellos que supervisan e implementan el sistema de sostenimiento. Puede entregar resúmenes específicos a las personas involucradas en actividades asociadas con el contenido del resumen, y al mismo tiempo publicar copias en el lugar de trabajo y en lugares apropiados para que todo el personal los pueda revisar.

El Reglamento incluirá instrucciones o reglas redactadas de manera adecuada para el proceso de excavación, para las operaciones de producción, para la remodelación de una vía existente o aun para remover un derrumbe. Una de las principales razones para la falla prematura de soportes de sostenimiento es la mala realización de su instalación, esto es un mal estándar de instalación. Es por eso que las instrucciones o reglas contenidas en el Reglamento deben incluir, según sea apropiado, detalles sobre:

- (a) el método de explotación y el uso de sostenimiento durante su aplicación.
- (b) los materiales de soporte y equipo a utilizar
- (c) las distancias a que deben colocarse los soportes a utilizar
- (d) el diseño y las dimensiones del sistema de soporte para controlar el movimiento de los respaldos, incluyendo, cuando sea adecuado

para el sitio de trabajo, la(s) distancia(s) máxima(s) entre:

- los centros de los escudos o cápicos adyacentes en un tajo
- la punta de un capíz instalado y el frente del tajo
- la primera fila de soportes y el frente
- soportes adyacentes
- barras de techo adyacentes
- arcos adyacentes u otro soporte independiente de vía
- pernos de anclaje adyacentes
- la última fila de pernos de anclaje o el último soporte independiente y el frente en su punto máximo
- el frente de cualquier relleno de roca usado como soporte y el frente del tajo

- (e) cualquier método de soporte temporal necesario para garantizar la seguridad
- (f) procedimientos para manejar condiciones anormales
- (g) el método y equipo para retirar cualquier soporte
- (h) cualquier disposición de monitoreo – visual o de medición – para confirmar que el sistema de soporte sigue siendo efectivo

En minas que no son de carbón donde los respaldos se consideran capaces de mantener la excavación segura sin refuerzo o soporte, el Reglamento debe contener, según aplique, los siguientes elementos planeados:

- (a) secuencia de excavación
- (b) avance máximo por ciclo
- (c) procedimientos para corte y relleno
- (d) dimensiones de la excavación
- (e) procedimientos para manejar las anomalías tales como fallas, fisuras, estratos blandos.

Es claro que los sistemas de sostenimiento son más seguros cuando se diseñan con base en una evaluación geotécnica integral del macizo circundante y se ajustan a dicha evaluación. No obstante, el sostenimiento diseñado para mejorar las fortalezas propias del macizo, como es el caso de los pernos de anclaje, ha dado evidencias de que puede

resultar aún más seguro. De todas maneras, asegurar la integridad general del sostenimiento dependerá de la adecuada comprensión del diseño por los instaladores y de un estándar alto en la operación de colocarlos.

Por lo tanto, el diseño del sistema de sostenimiento al menos deberá tener en cuenta:

- La naturaleza geotécnica de los estratos superiores e inferiores
- El tipo, espesor y condición de los lechos rocosos inmediatamente adyacentes al manto que se quiere extraer
- La posible extensión y naturaleza del movimiento de las masas de roca que se debe controlar
- La falla potencial de los mecanismos empleados
- La experiencia previa en sistemas de sostenimiento
- Potencia o espesor del manto a extraer

La naturaleza de los estratos superiores y de la capa de carbón no puede ser alterada. El control del techo, sin embargo, depende del entendimiento de estos factores en la zona de trabajo y del método de explotación, en términos de la amplitud y la tasa de extracción y el método de soporte para controlar el movimiento de los estratos.

La calidad de la mano de obra en la instalación de los soportes, tanto temporales como definitivos determinará, invariablemente, la calidad de las vías mantenidas para dar soporte a la infraestructura de la mina.

El control del techo en general es un asunto de sostenimiento del estrato superior que puede incluirse en el diseño del método de explotación de la mina:

- Considerando la naturaleza del estrato de roca inmediato y de esa forma decidiendo el límite de la excavación a realizar en cualquier momento
- Controlando de manera subsecuente las tensiones que pueden afectar la estabilidad de las vías abiertas por un movimiento excesivo
- Aplicando rápidamente un soporte rígido en el punto de extracción

Estándar de soporte

Cualquier persona a cargo de la instalación de algún tipo de soporte, palanca, arco, ademe hidráulico, etc. en cualquier lugar de la mina deberá establecerlo de

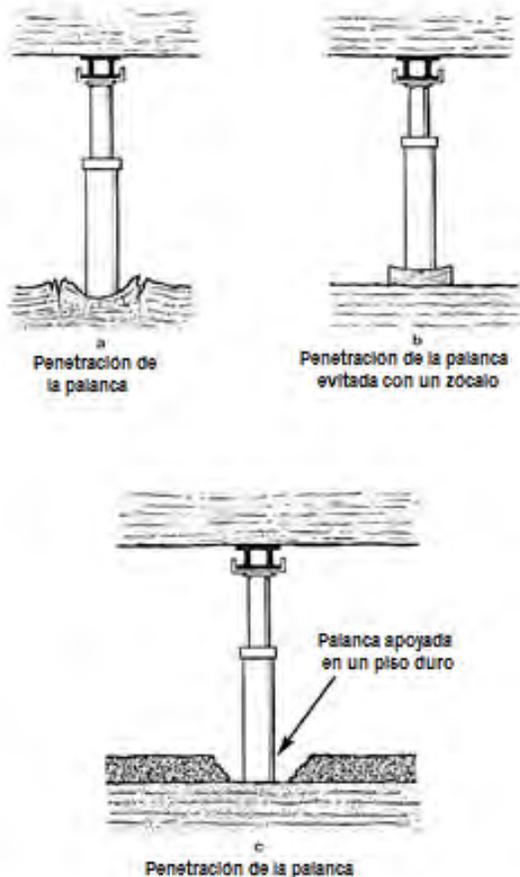


3.2 Causadas por Derrumbes

forma segura en una base adecuada y encuadrado con el techo.

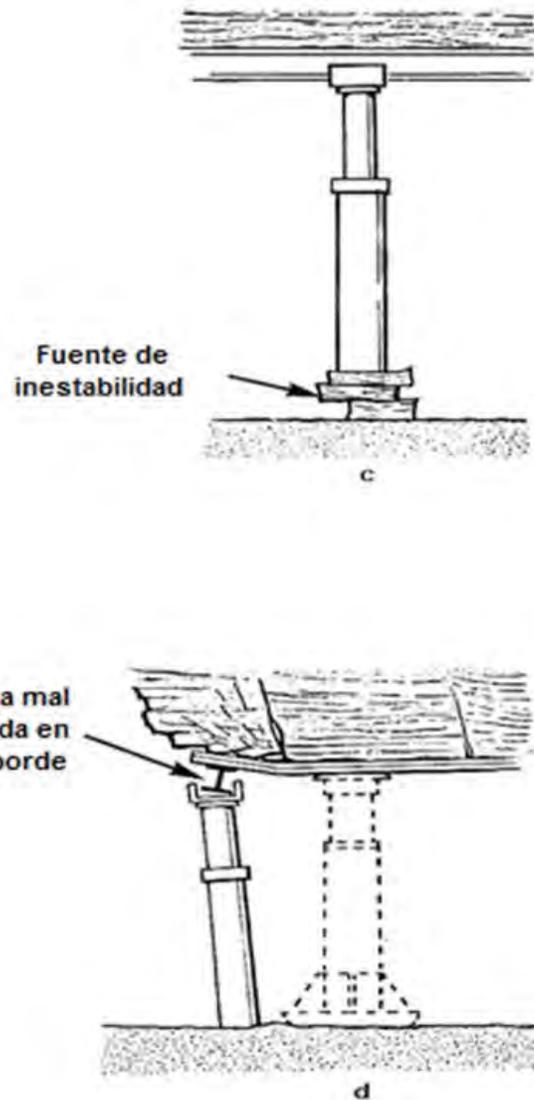
Cualquier espacio entre el techo y el soporte deberá ser rellenado firmemente. Del mismo modo, cuando se utilicen pernos de anclaje, su inserción y ajuste correcto tan pronto como sea posible, será beneficioso. Entre más temprano pueda instalarse el soporte después de la extracción de minerales o carbón, más probable será que el movimiento de los estratos se pueda mantener bajo control, reduciendo la probabilidad de deslizamientos o derrumbes.

Figura 3.2 – 5 Colocación correcta de una palanca y errores comunes



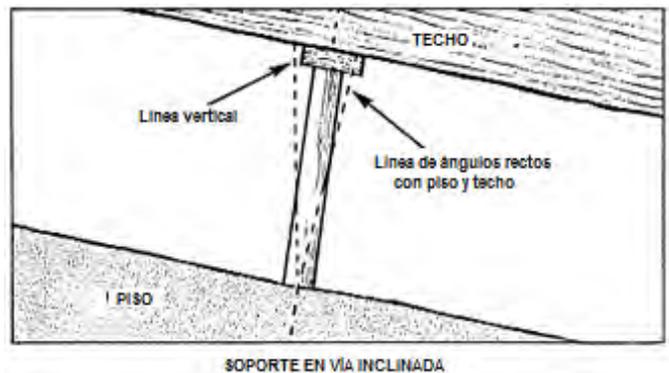
Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.2 – 6 Causas de inestabilidad en la colocación de soportes



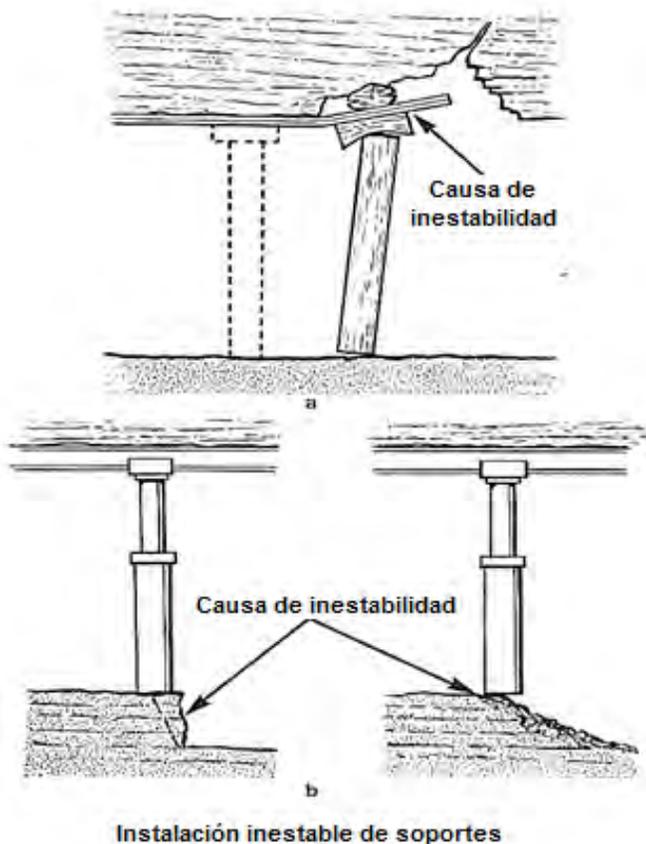
Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.2 – 7 Colocación correcta de una palanca en una vía inclinada



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.2 – 8 Causas de inestabilidad en la colocación de soportes 2

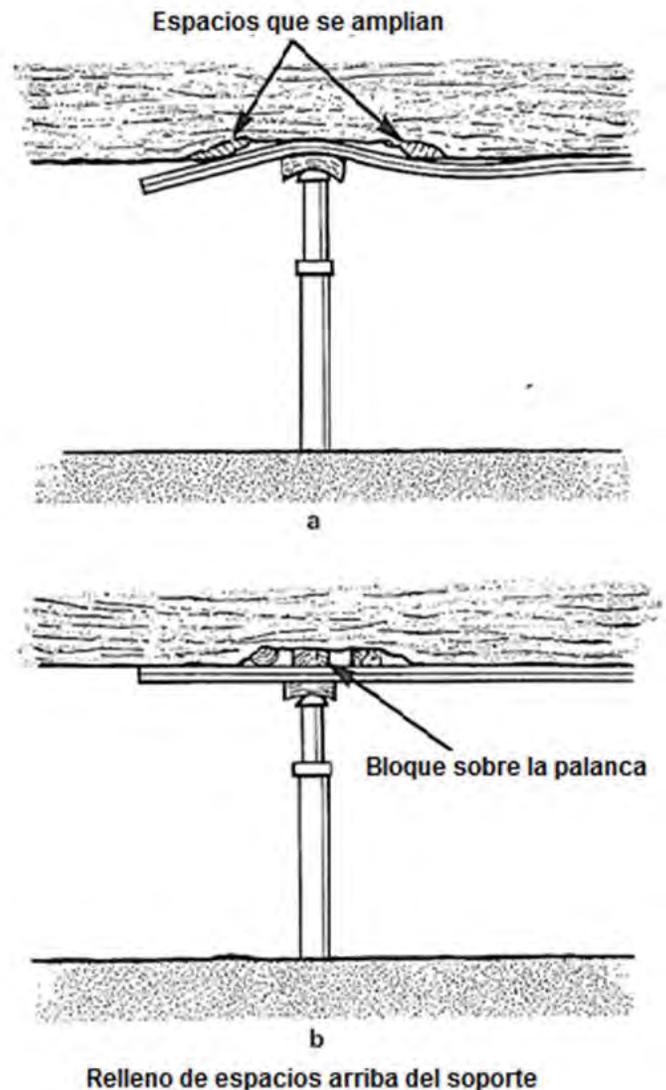


Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Las figuras 3.2 – 5 a 3.2 – 9 muestran la importancia de garantizar la integridad incluso del soporte más simple establecido bajo tierra. La persona cuyo trabajo incluya el establecimiento de soportes, deberá reconfigurar o reubicar cualquier soporte que parezca haberse vuelto ineficaz. Los soportes inestables deberán ser corregidos o reemplazados. Si no es posible hacerlo, entonces el supervisor deberá ser informado de inmediato.

Este mismo principio se aplicará a la instalación de cuñas de madera permanentes o las cuñas de madera o acero reutilizables. Ambos deberán ponerse ajustados al techo con una base apropiada, no sobre escombros. Los puntales de los arcos deben ponerse con bases apropiadas, ajustados al techo y lados y sujetos a su arco vecino adyacente para asegurarse que ninguno pueda ser desplazado por la carga esperada. Cuando se utilicen explosivos, los arcos deberían estar atados sistemáticamente, evite el uso de cadenas y/o postes adicionales para evitar movimientos excesivos.

Figura 3.2 – 9 Espacios rellenados entre el techo y el soporte

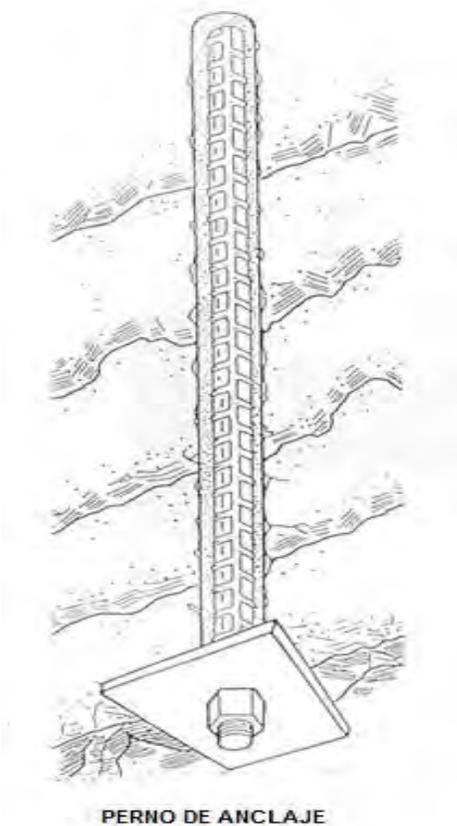


Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Pernos de anclaje de roca

Los pernos de anclaje se han convertido en el método de soporte primario en minas más común en los últimos 20 años, después de un estudio detallado de la tecnología australiana. Los pernos de anclaje de roca hacen el mismo papel de la varilla de acero de refuerzo en una estructura de concreto. Proporciona un refuerzo a la roca con el fin de permitirle tener fuerza suficiente para resistir las tensiones que actuarán sobre ella. Los pernos de anclaje son soportes activos ya que resisten el movimiento de la roca, mientras que los soportes verticales (o pasivos) lo acomodan. El dibujo anterior muestra un perno de roca en una columna completamente anclada. La expresión "columna completamente anclada" significa que está totalmente rodeada por la resina de anclaje en la perforación.

Figura 3.2 – 10 Perno de anclaje



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

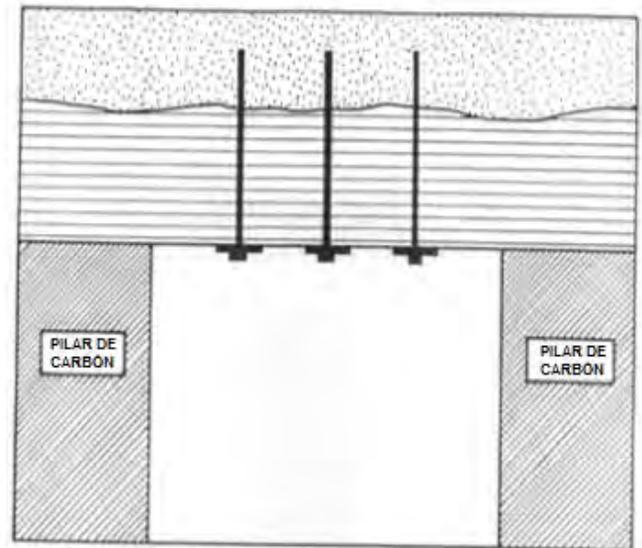
Las minas estadounidenses han estado usando con éxito los pernos con puntos de anclaje al techo por casi 65 años. “Quizás el desarrollo más significativo en el control de techos en minas de carbón durante el siglo pasado fue la introducción de los pernos a finales de la década de 1940 y durante la década de 1950. Desde el punto de vista de la ingeniería, los pernos de techo son intrínsecamente más eficaces que las maderas que sustituyeron” [Mark 2002]. El desarrollo más reciente incluye resina y pernos de combinación y pernos de cable.

Los pernos de anclaje aumentan la capacidad portante del estrato de tres maneras distintas:

- Suspensión simple
- La formación de una columna mixta o
- Aumentando la resistencia por fricción de rocas fracturadas a lo largo de los planos de la falla.

Los diagramas a continuación ilustran estos métodos.

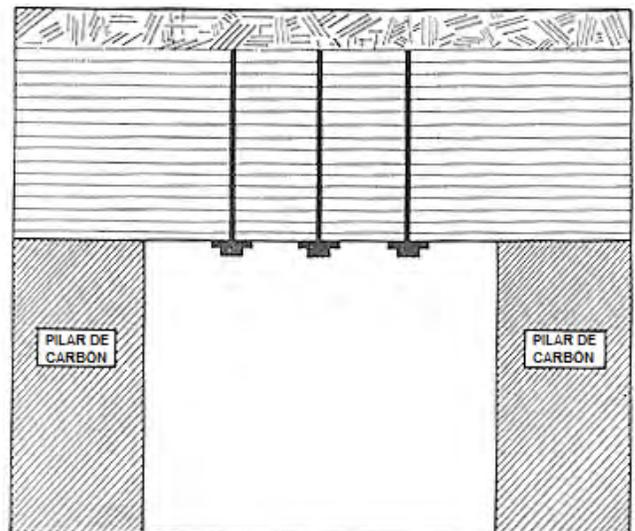
Figura 3.2 – 11 Efecto de anclaje por suspensión simple



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Cuando los pernos de anclaje proporcionan el elemento principal de soporte en un túnel, decimos que proporcionan “el soporte principal”. La experiencia varía para cada zona minera o incluso en diferentes áreas de una misma mina.

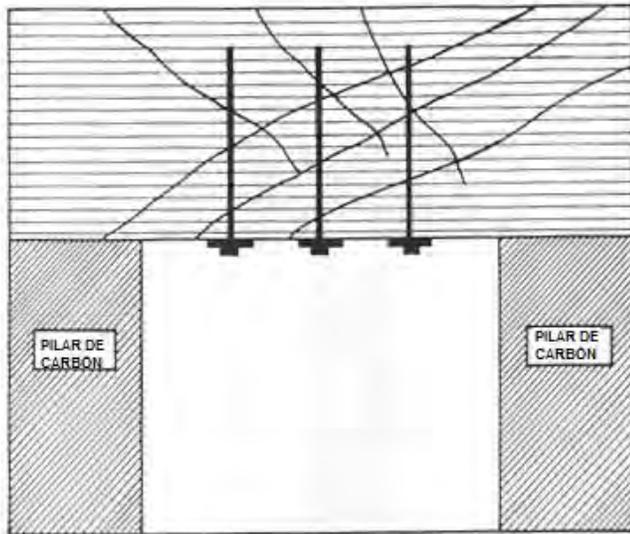
Figura 3.2 – 12 Efecto de anclaje por fricción



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Diferentes países han desarrollado sistemas para el soporte del techo que han mostrado que su uso tradicional es efectivo. Un ingeniero geotécnico o de minas competente será consciente de las diferentes opciones para el soporte primario y secundario y propondrá una solución que debería ser probada para verificar su conveniencia, seguida de una supervisión a lo largo del tiempo para garantizar que es eficaz.

Figura 3.2 – 13 Efecto de anclaje por reforzamiento en el plano de falla



Fuente: Mines Rescue Service

Por ejemplo, la siguiente lista incluye los sitios comunes en una mina donde los pernos de anclaje son utilizados como soporte principal. Estos son:

- Apertura de frentes de excavación e intersecciones
- Galerías de desarrollo de tajo largo o corto
- Túnel de desarrollo del tajo para retroceso, incluyendo las intersecciones con vía de servicio y vía de transporte
- Zonas de producción de carbón en cámaras y pilares
- Galerías con fines específicos, por ejemplo: almacenar equipos eléctricos

Los pernos de anclaje de roca no podrán ser utilizados para el soporte principal en:

- Reapertura de áreas ya explotadas
- Las galerías adyacentes a las áreas ya explotadas
- Las galerías de servicio de tajos en avance
- Cruzadas
- Frentes de desarrollo avanzados por voladura

Los estratos en estos casos no serán los adecuados para la instalación de pernos de anclaje de roca debido a su ubicación en roca inherentemente fracturada. Habrá ocasiones en que otros factores puedan contribuir a la ocurrencia de derrumbes. Es posible que se tenga que introducir rápidamente un

cambio significativo en las medidas existentes de sostenimiento como resultado de la entrada de galerías de excavación en estratos afectados, por ejemplo, por formación de fallas. Del mismo modo, la presencia de flujo de agua desde el techo podría indicar que los estratos superiores se han debilitado debido al agua, por lo que se deberá inspeccionar la zona con regularidad. Invariablemente, se requerirán soportes adicionales en esas zonas para evitar problemas más adelante.

Frentes de carbón de tajo largo

El Reglamento debe contener instrucciones específicas para las personas que operen en actividades diversas en los frentes mecanizados de tajo largo cuando dicho método de explotación se emplee en la mina. Las extensas áreas de techo no soportado que genera el método al momento de cortar y extraer el carbón conllevan un régimen particular de riesgos de caída de roca que deben ser atendidos apropiadamente.

Si bien los soportes de techo hidráulicos han permitido mejoras significativas en el trabajo seguro y el control inmediato del techo, puede resultar difícil ajustar los soportes cuando surgen cavidades en el techo. Por lo tanto, se deben incluir métodos para soportar esas cavidades por encima de los soportes de techo en las instrucciones del Reglamento.

3.2.1.7 Influencia de los derrumbes sobre la seguridad de la mina

Un análisis histórico de los accidentes relacionados con los derrumbes durante los últimos 50-70 años indica que la mayoría ocurrieron en frentes de trabajo, ya sea en tajos de producción, en frentes de avance en carbón o en desarrollos de túneles. Los demás casi se pueden dividir por igual entre derrumbes en túneles en reparación o ampliación y derrumbes en túneles mientras las personas pasaban por ellas. El número total de las víctimas resultantes de los derrumbes fue totalmente inaceptable ya que hubo cientos de muertes cada año y la industria minera llegó a conocerse como peligrosa para trabajar.

A medida que aumentó el uso de cintas transportadoras y la mecanización de la producción, hubo una mejora gradual en la densidad del sostenimiento con énfasis en soporte "adecuado" así como "sistemático". Sin embargo, la tasa de accidentalidad por derrumbes disminuyó lentamente. Era evidente que muchos accidentes ocurrían porque los sostenimientos, si bien eran probablemente lo

suficientemente fuertes, no ejercían su función de apoyo hasta que el techo era demasiado bajo, a menudo porque los soportes de madera penetraban el suelo blando. Hubo muchos derrumbes en los frentes como resultado de una demora en colocar los soportes. Se hizo más evidente la necesidad de mejores sistemas de sostenimiento.

De forma gradual, se fueron adoptando mejores medidas de soporte en un número cada vez mayor de minas logrando que los accidentes se redujeran. Se introdujo más acero en lugar de madera y se introdujeron soportes de acero rígidos, de fricción e hidráulicos. Los soportes hidráulicos y de fricción podían precargarse y liberarse lentamente bajo una carga fija, en lugar de, como los soportes de madera rígida o de acero, que tendían a penetrar el suelo o a romperse. Las barras de acero se convirtieron en el soporte de techo usual y las tasas de accidentalidad cayeron fuertemente.

La introducción posterior de la cinta transportadora blindada para uso en el frente de producción (panzer) y de máquinas que podían cortar y cargar el carbón, y los soportes de techo de accionamiento hidráulicos asociados al transportador blindado, redujeron sustancialmente los accidentes en los frentes. Una mejora importante en las tasas de accidentalidad, aún al día de hoy, no ha sido alcanzada en lugares de trabajo estrechos, aunque ha habido avances considerables en la mecanización de los ciclos de corte y cargue. La colocación del soporte requiere participación de personas que trabajan más allá del último soporte permanente, aunque se proporcionan sistemas de soporte temporal hasta que se coloca el "siguiente soporte permanente". Esto aplica tanto al uso de sostenimiento convencional, esto es palancas y capices de madera o metálicos, puertas en madera o arcos de acero, como para pernos de anclaje.

Las técnicas de minería modernas buscan que el avance de los trabajos realizados en la mina se logre más rápidamente y los niveles de producción se incrementen, logrando mejores rentabilidades y la recuperación más pronta de la inversión. Las evidencias muestran que la introducción de estas técnicas modernas de producción está acompañada de un mejoramiento importante de la seguridad, sin embargo, un desempeño adecuado de los trabajadores y su conocimiento de las técnicas seguras empleadas en la industria minera siguen siendo necesarios para lograr una operación libre de accidentes.

El riesgo potencial para derrumbes aún existe. Se han hecho avances, pero siempre se requieren mejoras continuas. La minería hoy en día no se debería considerar peligrosa. Tiene riesgos implícitos, pero una correcta evaluación de los factores hasta ahora descritos tomada como base para decidir un diseño de sostenimiento adecuado para las circunstancias particulares, puede evitar los derrumbes.

Los derrumbes frecuentes en una mina deterioran la confianza de quienes trabajan en ella. Las consecuencias pueden ser fatales o pueden dejar a las personas con discapacidades graves, dolor o largos periodos de incapacidad. La ocurrencia de este tipo de emergencias también genera afectaciones financieras sustanciales para la mina, generadas por la suspensión de la producción, en algunos casos el reemplazo de maquinaria o cintas transportadoras dañadas, el tiempo que toma remover y soportar el derrumbe y, si aplica, pagos sustanciales de indemnización a las familias de aquellos que murieron o resultaron lesionados. Una fuerza laboral afectada por la incertidumbre no es una fuerza laboral productiva y se encuentra dentro del interés de todos diseñar sistemas de soporte que no fallen.

3.2.2 Acciones para controlar los derrumbes

3.2.2.1 Principios para controlar los derrumbes

Esquema de monitoreo

Luego de la instalación inicial de cualquier forma de sistema de soporte y sostenimiento, es esencial que exista un procedimiento adecuado para evaluar su comportamiento y comprobar su efectividad. Para su implementación debe contarse con una descripción adecuada de los pasos a seguir para registrar cómo se comporta del sostenimiento. Debe ser adecuado para cada tipo de sistema de sostenimiento utilizado en la mina y deberá incluir las observaciones que deben realizarse por parte del inspector y las medidas que deban tomarse como resultado de las condiciones observadas.

Toda mina operará un sistema de inspección de todas aquellas áreas que sean accesibles a la fuerza laboral. Dichas inspecciones incluirán observaciones del techo y laterales de todos los túneles, así como una evaluación de la efectividad de los soportes, y la información deberá ser registrada. La frecuencia de inspección variará de acuerdo con el uso del túnel, donde haya gente trabajando o no, y la necesidad de asegurar la integridad del circuito de ventilación.

Para algunos sistemas de sostenimiento, particularmente aquellos sistemas de soporte que utilizan métodos tradicionales tales como palancas verticales y cápices, puertas de madera o arco de acero, un esquema de monitoreo apropiado puede depender completamente de la información obtenida en dichas inspecciones y de los resultados anotados en el registro correspondiente, para permitir evaluar su evolución con el tiempo.

Sin embargo, para minas de carbón donde los pernos de anclaje se usan como el medio principal de soporte, dicho esquema de monitoreo basado exclusivamente en la observación no es recomendable y, por ejemplo, la regulación del Reino Unido no lo admite como suficiente.

Por el contrario, y continuando con el ejemplo, en los EE.UU. cientos de minas dependen de exámenes regulares efectuados por parte del capataz. La frecuencia de las inspecciones puede variar desde una inspección por turno en las áreas de producción, hasta una semanal en los túneles poco transitados. Un diseño de sistema de soporte con pernos de anclaje y resina de columna completa que sea exitoso, depende de la densidad, la calidad de ejecución del proceso de instalación y la calidad del acero empleado por el proveedor en la confección de los pernos y de los materiales de la resina empleada.

Si se quiere establecer un sistema de monitoreo en el que se cuente con el registro permanente del comportamiento de los respaldos, se puede diseñar con base en la instalación de instrumentos en aquellos puntos donde se ha considerado necesario el monitoreo. Puestos los extensómetros en funcionamiento se deberá establecer un plan de lectura y registro de los resultados en una base de datos muy sencilla de manera que los datos puedan generar gráficas para visualizar la evolución de los estratos objeto del soporte. Si bien esto puede parecer costoso y que consume mucho tiempo, los costos generales de un sistema de soporte con pernos han demostrado ser menores que los sistemas de soporte de acero convencional y las condiciones de los túneles mejoraron considerablemente. El uso de monitoreo por instrumentos también es adecuado para cualquier otro sistema de soporte que no se puede inspeccionar fácilmente por medio de una revisión visual únicamente.

En el Anexo 2, se incluyen algunos ejemplos de extensómetros que resultan apropiados para este tipo de monitoreo.

Los resultados del monitoreo deben analizarse cuidadosamente y deben ser tenidos en cuenta en cualquier revisión de la evaluación de las condiciones del macizo rocoso, y deben asumirse para mejorar los diseños de soporte actuales y futuros.

Materiales de soporte

Los materiales para sostenimiento deben ser apropiados para el propósito para el cual se utilizan y cumplir con las especificaciones indicadas en el diseño del sistema de soporte. Los materiales principales utilizados son acero, compuesto, cemento, y productos de madera, pero todos pueden tener grandes variaciones en sus propiedades, particularmente bajo condiciones de cargas altas y constantes o bajo agua. Además, el acero utilizado en pernos de anclaje de roca requerirá altas propiedades de resistencia a la tracción.

La disponibilidad continua de los materiales de soporte también es importante. Un suministro suficiente de material de soporte idóneo debe estar disponible en todo momento donde se requiera. En este caso, suficiente significa unidades completas en cantidades que permitan el trabajo continuo. Todos los materiales deben estar en el sitio o cerca cuando los trabajadores necesiten que se instalen. El Artículo 79 del Reglamento de Seguridad en las Labores Minerales Subterráneas aplica en este caso.

Potencial de los derrumbes

El proceso de diseño de soporte también debe tener en cuenta el soporte complementario si el régimen de monitoreo indica movimiento excesivo. Esto puede ser una cavidad pequeña que requiere ser rellenada y se debe volver a asegurar el soporte fuertemente al estrato, o una caída de roca que genera una cavidad de tamaño apreciable. Los materiales de soporte adicionales pueden ir desde la instalación de canastas o cuñas, soportes de acero o de madera, soportes hidráulicos o incluso una remodelación total de un tramo del túnel.

El uso de anclajes de cable tensado completamente inyectados elaborados en cable se ha convertido en algo mucho más generalizado. Estos anclajes se conocen como "pernos de cable". Estos pernos de cable se pueden usar:

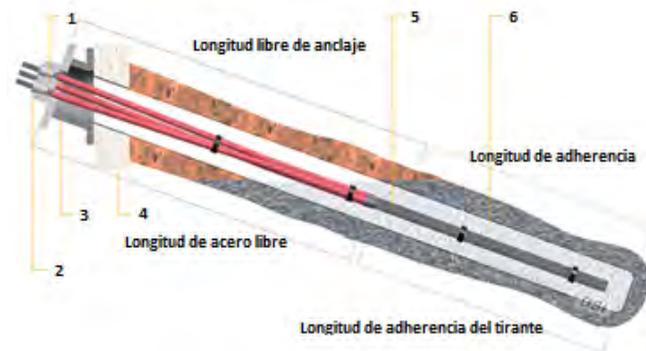
- (a) como soporte adicional cuando se detecta o se anticipa un movimiento excesivo del estrato en los túneles,



3.2 Causadas por Derrumbes

(b) como parte de un sistema de soporte principal junto con pernos de anclaje o con soportes de vigas de acero.

Figura 3.2 – 14 Perno de cable Dywidag



- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1 - Placa de cuñas | 2 - Cabeza de anclaje |
| 3 - Estructura de soporte | 4 - Elemento estructural |
| 5 - Tirante | 6 - Bulbo |

Fuente: Dywidag Sistemas Constructivos S.A.

Los pernos de cable normalmente tienen una longitud mínima de 8 metros o más para túneles más amplios y el grouting (lechada) usado es de especial consistencia y resistencia para recubrir la longitud total del perno.

La figura 3.2 - 14 muestra un perno de cable Dywidag y sus componentes

3.2.2.2 Acciones o métodos de salvamento para controlar los derrumbes

Ante la ocurrencia de un derrumbe, la preocupación inmediata es dar cuenta de todos los trabajadores que estaban operando en la zona afectada.

Los procedimientos usuales para recuperar las explotaciones son:

- asegurar el techo y los laterales
- asegurar que los socorredores no sean afectados por gases (esto se hace por medio del muestreo frecuente en la cavidad formada por el derrumbe, y otras áreas probables)
- restaurar la ventilación al nivel normal
- asegurar que se cumplan los procedimientos correctos en todo momento – no se deben tomar riesgos
- asegurar buenos estándares de mano de obra

Históricamente, muchos accidentes que causaron lesiones personales y muertes y que fueron atribuidos

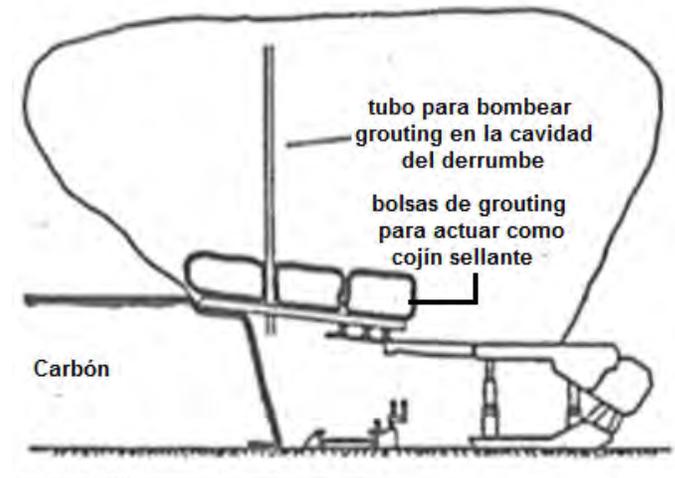
a “derrumbes” ocurrieron por caídas de roca secundarias. Mientras que trabajan en la recuperación de un evento inicial de esta naturaleza, otras secciones del techo caen, lesionando o acabando con la vida de aquellos que trabajaban en la remoción del material caído.

Manejo de un derrumbe de techo significativo en el frente del tajo largo

Aun con el desarrollo de soportes de techo modernos y los escudos auto-marchantes, varias minas se han encontrado con un derrumbe de techo significativo en el frente de producción. Un método para manejar dicha situación es operar la técnica de reemplazo del estrato. Si la situación se detecta antes de que caiga el techo, la roca puede ser reforzada inyectándole un pegante tal como poliuretano en las fracturas.

Asuma una situación donde la extensión del derrumbe es 25-30 metros a lo largo de la línea de frente. La altura de la cavidad es 10 metros y, como es usual en estos casos, el derrumbe ha sobrepasado la línea del frente por una distancia de 6 metros. Esto da una sección a lo largo del frente que se muestra en la figura 3.2 - 15.

Figura 3.2 – 15 Relleno de una cavidad en un tajo largo mecanizado con cemento espumado



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Como ocurre en todos los derrumbes de techo significativos, sea en el frente o en la vía, los extremos sólidos de la cavidad se deben consolidar antes de que se pueda iniciar la recuperación. Otro principio importante es el manejo de la operación de recuperación. Todos los turnos deben ser liderados por hombres con experiencia y funcionarios idóneos. Los funcionarios deben ser informados del plan de

recuperación, que debe ser cumplido por todos los involucrados.

Uno de los primeros pasos es organizar y llevar al sitio las herramientas, materiales y equipo necesarios para iniciar el trabajo.

El procedimiento de recuperación es el siguiente:

- asegurar los bordes sólidos del derrumbe para evitar que se propague, colocando soportes temporales, cápices o vigas, palancas del tipo que esté disponible y pernos en el techo si se usan en la mina.
- operar la transportadora blindada (panzer o transportadora de cadena) para retirar todos los escombros sueltos de la cavidad
- colocar puntales horizontales a través de las vigas de los soportes de techo; es importante que sean lo suficientemente largos para cubrir tres soportes
- colocar palancas desde estos puntales hacia el frente; estas se intercalan con divisiones o listones de madera, formando así un paraguas
- se colocan bolsas de sostén sobre el enrejado formado por el paraguas de sostén y se rellenan de lechada. Esto proporciona un amortiguador para cualquier escombros que caiga
- un tubo 6 metros de largo con 65mm de diámetro se coloca en el centro de la cavidad a través del cual se bombea el cemento espumado
- se insertan dos tubos de 3 metros, uno en cada extremo de la cavidad; estos actuarán como indicadores de nivel, con el cemento espumado saliendo de los tubos cuando se llega a una altura de 3 metros
- el cemento espumado luego se bombea dentro de la cavidad
- si se intenta llenar totalmente la cavidad, el tubo de alimentación debe llegar más cerca al techo y se debe insertar un tubo de respiradero que llegue a la parte superior
- al terminar el bombeo y ajustar el material de relleno, la máquina de corte puede reanudar la producción en la zona de derrumbe
- puede ser necesario reforzar el frente con tacos de resina según sea necesario; cualquier cavidad menor debe rellenarse inmediatamente

Muchos frentes de tajo largo han sido recuperados durante los últimos años por este método o un método muy similar.

Recuperación de un derrumbe significativo en el túnel

Un derrumbe significativo en un túnel usualmente ocurre debido a una falla en el soporte. Esto significa que los soportes se mueven a medida que pierden su fuerza acumulada, permitiendo que se extienda el derrumbe del techo. No se podrá pasar por el túnel y el flujo de ventilación se reducirá significativamente. Es poco probable que la ventilación deje de fluir completamente porque en el área del derrumbe el aire fluye a través de la cavidad creada por el derrumbe de roca.

Se deben responder dos preguntas inmediatas:

- acceso al área – si el derrumbe no deja pasar entonces se tiene una situación “de extremo no derrumbado” (*fast end*), es decir que puede solo haber una forma de entrar y salir del túnel
- ventilación – ¿está fluyendo suficiente ventilación por encima del derrumbe para permitir que se adelanten los trabajos necesarios? La alternativa es colocar ventilación auxiliar y tratar cada lado del derrumbe como un extremo no derrumbado o *fast end* – si el otro lado es accesible por medio de otros caminos. Esto, por supuesto, limitará el número de hombres que podrán trabajar.

El procedimiento es el siguiente:

- asegurar el techo y los laterales en ambos extremos para garantizar que el derrumbe no se extienda
- examinar los cables eléctricos, tubería hidráulica, ductos de ventilación, etc. que pueden estar ubicados en el túnel

Si por cualquier razón no se requieren, se debe aislar la energía y suprimir el suministro de agua a la zona del derrumbe. Los tubos y los cables deben ser colocados en sus posiciones y asegurados con cadenas adicionales.

Entre tanto, se debe organizar la operación de recuperación. Esto incluye:

- el personal necesario para remover los escombros

- organizar el transporte si no hay cinta transportadora, o disponer la cinta transportadora adecuadamente para el transporte de los escombros
- organizar los soportes necesarios para el sostenimiento de la zona derrumbada o el remplazo de los soportes dañados en las zonas aledañas (todos los materiales requeridos)
- limpiar sistemáticamente los escombros cargando el transporte dispuesto para ello y, de ser posible, rellenar al lado del túnel tal como se llenarían galerías en desuso
- los soportes se deben colocar lo antes posible y la cavidad superior se debe asegurar cuando sea posible o se debe anclar completamente
- en este caso, es más seguro colocar vigas de madera sobre los arcos como un paraguas para proteger a los trabajadores a medida que avanzan y para utilizar como retenedor cuando se realice bombeo
- controles frecuentes del metano presente en el borde de la cavidad y por sonda al interior de la cavidad
- cuando se recupera completamente, la cavidad puede rellenarse con un material previamente mencionado de relleno de cavidades. Cuando se usan anclajes para asegurar la cavidad del derrumbe no suele rellenarse esta, pero debe ser monitoreada para detectar acumulaciones de gases y se pueden instalar deflectores de ventilación.

Para realizar el trabajo de recuperación de manera segura y eficiente, se deben aplicar las siguientes reglas:

- los trabajadores se encuentran capacitados para realizar la tarea
- entienden plenamente la tarea que deben realizar
- los hombres entienden los peligros y no toman riesgos que los pongan en peligro a ellos o a otros
- se encuentran disponibles las herramientas correctas
- se encuentra disponible el equipo correcto (equipos de elevación, etc.)
- los soportes y otros materiales se encuentran en el sitio cuando se requieren

Las descripciones hechas también se aplican en los casos en que haya personas atrapadas detrás del derrumbe, aunque se debe asegurar la provisión de aire respirable y tener presente la posible magnitud del área del derrumbe y el tiempo necesario para liberar a los trabajadores atrapados.

En algunos casos, se han hecho intentos exitosos para hacer un túnel de un lado del derrumbe (vea la historia de Stillingfleet Colliery en 3.2.1.5), en el piso, techo o lado sólido. Esto requiere una cuidadosa consideración y revisión muy detallada de las circunstancias individuales en ese momento y puede ser un planteamiento de alto riesgo. Solo se debe considerar si hay vidas que puedan estar en riesgo debido al tiempo que tomaría obtener acceso a las personas atrapadas detrás del derrumbe.

3.2.2.3 Supresión de resultados de derrumbes

La función principal de una cuadrilla de salvamento minero es el uso de su conocimiento y sus habilidades para portar aparatos respiratorios en una atmósfera irrespirable. Sin embargo, limitar su despliegue a esto es socavar su papel general. Son una “élite” dentro de su propia fuerza de trabajo minero y tienen conocimientos, entendimiento y habilidades en muchas otras técnicas de minería que les permiten desplegarse a otros tipos de incidentes subterráneos, incluyendo un derrumbe.

Es posible que aún se requieran aparatos respiratorios en algún momento. Un derrumbe interferirá con la ventilación de parte de una mina, o de toda la mina, dependiendo de su sitio. Las explosiones pueden y efectivamente crean derrumbes que se pueden tener que superar para permitir a las cuadrillas de salvamento buscar sobrevivientes. El calor y la humedad de los incendios pueden debilitar algunos estratos de pizarras y esquistos y otras rocas de techo haciendo insegura el área circundante. Los socorredores, por lo tanto, deben poder manejar dichos obstáculos, si bien algunos tomarán tiempo y requerirán ayuda del personal de la mina.

Despliegue de cuadrillas de salvamento a la mina

Debe haber un esquema común para el despliegue de cuadrillas de salvamento en un incidente subterráneo. Los incidentes subterráneos pueden tener un efecto de interacción. Incluso la entrada de agua a la mina o el derrumbe tienen el potencial de generar gases de mina, atmósferas irrespirables y

peligros eléctricos y mecánicos. Las cuadrillas de salvamento pueden involucrar a socorredores provenientes de diferentes minas, algunos de ellos estarán familiarizados con la mina en emergencia quienes se integrarán a diferentes cuadrillas para asegurar una mejor respuesta. También es esencial que exista capacitación común en un sistema estándar para enfrentar la emergencia

Debe haber procedimientos estándar para la asistencia y realización de cualquier operación de salvamento sin importar la razón. Esto implicará que se lleve equipo esencial a la mina cada vez que se requiera, evitando y minimizando así situaciones que pueden requerir tener que esperar por algún equipo o elemento. Habrá una “lista de verificación” racional para las personas y el equipo, con el fin de asegurar que se cubran todos los aspectos pertinentes, y se otorgue la prioridad correcta.

Respuesta de emergencia a los derrumbes - Ejemplo. Se asume, en esta narrativa relacionada con un derrumbe, que un minero se encuentra desaparecido. Los procedimientos para organizar cualquier rescate son similares y este ejemplo se puede utilizar para capacitación y discusión.

Grupo de Comando de Incidentes Mineros

Este grupo consistirá de al menos:

- un representante del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero de la Agencia Nacional de Minería
- el operador de la mina y/o miembros de su personal

Idealmente, este grupo será complementado por un especialista de salvamento minero, un policía y un miembro de los Servicios de Emergencia en calidad de asesor.

Este grupo será el punto focal de las comunicaciones y la información y tomará todas las decisiones relacionadas con el despliegue de las cuadrillas de salvamento subterráneas. Habrán tomado la decisión de desplegar cuadrillas de salvamento con su equipo, inicialmente a un lugar subterráneo seguro seleccionado (base de aire fresco), cerca al derrumbe. Habrán establecido previamente los temas ambientales que pueden presentar peligro para la(las) cuadrilla(s), por ejemplo, presencia de gases, etc. y solicitado o establecido comunicaciones de la base de aire fresco a la superficie.

Base de Aire Fresco

Al llegar al base de aire fresco en la mina, la cuadrilla inicialmente realizará una exploración de aquellos túneles que llevan al derrumbe, revisando si hay gases, calor y humedad, así como las condiciones de los soportes y evaluando las formas de llevar al sitio las herramientas, el equipo y los materiales de soporte. La ventilación debe ser adecuada para el trabajo y el número de personas requeridas en el área. La cuadrilla de salvamento puede requerir establecer ventilación auxiliar si es necesaria.

También se evaluará si se requiere ayuda adicional para realizar este trabajo. Esta información será entregada al grupo de comando de incidentes mineros para que hagan los arreglos necesarios. Se recomienda que, para un incidente de derrumbe, un representante de la Agencia Nacional de Minería y el operador de la mina visiten el sitio del derrumbe, acompañados por las cuadrillas de salvamento, para evaluar los riesgos inmediatos que se presentan y para formular un plan y diseñar el sistema de soporte para buscar en los escombros a la persona desaparecida.

Debe haber un acuerdo con respecto a este enfoque y debe haber un conjunto de reglas en torno al soporte. Estas reglas en torno al soporte deben “ponerse en papel” y estar disponibles para todos en el sitio. Los materiales de soporte deben ser transportados al sitio antes que se pueda iniciar el trabajo. La preocupación inmediata es establecer el soporte adicional en los extremos del derrumbe para evitar que se propague. No se debe tomar ninguna acción para remover escombros hasta que esto se complete.

Los equipos de salvamento que no vayan a ser usados durante la eliminación del derrumbe se pueden almacenar en la base de aire fresco elegida en caso que se pueda necesitar en cualquier momento.

Cualquier derrumbe significativo requerirá que el comandante del incidente organice un arreglo de “planificación por turnos” para asegurar la continuidad del trabajo en el derrumbe, y la supervisión de este trabajo. Esto probablemente también aplicará a los miembros del Grupo de Comando de Incidentes Mineros que debe disponer de suplentes para sus funciones. Es imperativo que cualquier cambio del comandante del incidente sea monitoreado y organizado cuidadosamente para que las personas

reemplazadas sean informadas de su papel y el método de trabajo en el área del derrumbe.

También deberán considerarse las demás áreas en caso que las personas deban regresar después de su periodo de descanso.

Gestión del personal del Servicio Nacional de Salvamento Minero

Una función esencial de la gestión del personal del Servicio Nacional de Salvamento Minero en la Estación de Salvamento, en la superficie de la mina y en la zona bajo tierra de la mina en la base de aire fresco, es recopilar datos e información relacionada con las acciones y responsabilidades particulares. Esto aplica especialmente cuando un incidente se extiende y es continuo durante varios días, cuando es probable que se requerirá coordinación cuidadosa para asegurar que el equipo y el personal se encuentren siempre disponibles en su punto de uso, en este caso en el derrumbe en la mina.

El comandante de incidente en esta instancia debe:

- realizar informes frecuentes y útiles sobre el avance del trabajo, problemas e información que le entrega el jefe de la cuadrilla de salvamento
- realizar la organización y operación de los turnos para asegurar que la continuidad e intensidad del trabajo no afecte ni comprometa la seguridad
- mantener una cuadrilla de “reserva” en la base de aire fresco, constantemente preparada para proporcionar apoyo inmediato
- mantener un suministro adecuado y continuo de herramientas, equipo y materiales
- asegurar un intercambio completo y seguro de equipos que trabajan en el área del derrumbe
- las condiciones ambientales de la mina serán de temperaturas altas con ventilación limitada y se debe tener cuidado para asegurar que se tomen periodos de descanso suficientes y que haya suficiente líquido y alimentos disponibles
- cuando el trabajo se realiza sin máscara, la ventilación auxiliar es aún más importante
- una cuadrilla que abandone la mina después de trabajar debe desplazarse en grupo para asegurar que ningún individuo se enferme o se quede atrás

Finalización del trabajo de las cuadrillas de salvamento

El grupo de comando de incidentes mineros confirmará la finalización del trabajo de las cuadrillas de salvamento y la terminación del incidente. Se aconseja que una cuadrilla de salvamento nueva o, si no hay una disponible, un miembro de la gestión de salvamento supervise al personal de la mina mientras remueve el equipo de salvamento de la zona bajo tierra y lo lleva hacia la superficie. Este equipo luego se debe devolver inmediatamente a la Estación de Salvamento respectiva para hacerle mantenimiento.

3.2.2.4 Métodos de localización y rescate de víctimas en derrumbes

Cuando ha ocurrido cualquier tipo de incidente subterráneo significativo, no siempre es posible alertar a todas las personas sobre el peligro que puede afectarles ni establecer contacto con ellas debido al daño en la infraestructura. Para suplir esta situación, algunas minas utilizan liberaciones de gas con mal olor para alertar a los mineros, pero si el sistema de ventilación se encuentra dañado esto no funcionará; otras, que cuentan con banda transportadora pueden convenir que la detención súbita de la banda sea una señal de alarma respecto de la ocurrencia de un incidente. También puede emplearse como alarma el corte de la energía eléctrica.

Los sistemas modernos de comunicaciones y rastreo están mejorando, pero no son a prueba de errores. El comandante del incidente puede necesitar la información de la última ubicación conocida de los mineros para lograr el conteo definitivo de quienes están desaparecidos y quiénes no.

Muchas minas subterráneas modernas y grandes cuentan con una red de teléfonos y de transmisión de datos. En general, las posibilidades de comunicación entre personas bajo tierra y quienes se encuentran en superficie se limitan al uso de teléfonos de punto fijo o sistemas de radiodifusión. Las comunicaciones persona a persona son posibles utilizando sistemas de radio, pero dichos sistemas pueden ser muy costosos para cubrir áreas grandes. La desventaja principal del sistema de teléfonos es depender de conexiones fijas y cableadas cuyos cables son relativamente livianos con robustez limitada que difícilmente sobreviven a un derrumbe significativo. La protección de los cables se puede mejorar poniendo el cable cerca al piso, tal vez bajo una cubierta protectora, o a lo largo de tubos utilizados para agua o aire comprimido. Enterrar las líneas de cable radiante o del teléfono ha mejorado la supervivencia, y también proporciona redundancia,

conectando el sistema de múltiples pozos o perforaciones con la superficie.

La provisión de comunicación a cámaras de refugio es particularmente importante. Si sigue funcionando, permite que el grupo de comando de incidentes mineros priorice las acciones de salvamento y enfoque su área de búsqueda en otros lugares, sabiendo que quienes se encuentran en el refugio, están relativamente seguros, mientras quienes no, pueden estar expuestos a graves afectaciones.

Las cuadrillas de salvamento deben estar preparados para proporcionar sus propias comunicaciones entre el equipo y base de aire fresco y el exterior.

Con base en el trabajo anterior de la Oficina de Minas de los Estados Unidos y su programa de investigación para entender la propagación de las ondas de radio a través de la tierra (Parkinson 1973), se han desarrollado varios sistemas para proporcionar un sistema de alerta temprana de radiodifusión de la superficie a la zona bajo tierra utilizando señales electromagnéticas de ultra baja frecuencia. Para recibir la señal, el minero se encuentra equipado con un receptor en el cuerpo de su lámpara, dentro de la caja de las baterías, que hará que la lámpara se prenda intermitentemente. Este es un sistema de una sola vía y los mineros no podrán responder. La debilidad potencial de este sistema radica en la necesidad de colocar o enterrar una antena de transmisión en superficie cuyo tamaño es bastante grande y poco práctico en muchos casos. Las investigaciones han desarrollado sistemas de comunicación que permiten el envío de texto de doble vía.

Hay muchos de estos sistemas desarrollados recientemente. Un sistema se conoce como PED, acrónimo de Dispositivo Personal de Emergencia. Su desarrollo inicial se gestó por un desastre minero en Australia (Mina de Carbón Moura 2) en la que se identificó que contar con un sistema de comunicación durante un desastre sería muy útil para salvar vidas.

El PED es un dispositivo de comunicación de texto de doble vía usado hoy en día en minas de Australia, Estados Unidos, China, Canadá, Mongolia, Chile, Tanzania y Suecia. La firma australiana Mine Site Technologies inició su desarrollo en 1987 y fue lanzado al mercado y aprobado por MSHA en 1991. La ocasión en que fue empleado exitosamente y que está más ampliamente documentada fue la emergencia de incendio con generación de humos tóxicos de la mina Willowefe Creek en Utah en 1998,

donde se pudo alertar oportunamente a los mineros quienes evacuaron a tiempo las instalaciones. Si se desea conocer más de este incidente, se puede consultar la página web de MSHA:

<http://www.msha.gov/disasterhistory/WCREEK/CHRONO/C0.HTM> o

<http://www.msha.gov/disasterhistory/WCREEK/WCREEK.HTM>

Las tecnologías de rastreo y ubicación de emergencia minera pueden ser de importancia crítica para el resultado del salvamento en una emergencia. Para que estas tecnologías se apliquen exitosamente como apoyo de la evacuación y salvamento en una emergencia minera, se deben usar aquellas que resulten apropiadas para este propósito, que su uso sea sencillo y que pueda ser usado fácilmente sin ser susceptible al error humano. Dicha tecnología también debe tener soporte de alta calidad y capacitación para su uso por parte del proveedor

Una de las preocupaciones principales luego de un derrumbe o colapso significativo es la posibilidad de que una o más personas se encuentren atrapadas bajo el derrumbe. Esto solo se puede establecer por medio de “eliminación” de esta posibilidad contando a todos los que se encuentran bajo tierra. El despliegue de información de monitoreo, por lo tanto, ya sea que se encuentre disponible como información continua en tiempo real o en momentos específicos, es de vital importancia en la activación de los planes de emergencia. Esta información juega un papel determinante para establecer los lugares en donde se debe realizar la búsqueda inicial por parte de los socorredores. La ubicación rápida de las personas después de un incidente grave es un tema significativo del salvamento. Con este propósito se han desarrollado sistemas de rastreo para ubicar mineros dentro de rangos de aproximadamente cien metros en todas las zonas de trabajo de una mina de carbón.

Este tipo de sistemas se implementaron en los EE.UU. luego de los desastres en 2006 en SAGO, Darby y Alma. La tecnología empleada proporciona un esquema de ubicación en tiempo real que permite a los socorredores establecer rápidamente la posición de las personas dentro de la mina. Si el incidente daña el sistema de rastreo, al menos se registra en el mapa de la mina, la última ubicación conocida de todos los mineros.

Se deben utilizar sistemas de control de permanencia en superficie y de ingreso bajo tierra en todas las minas. Estos son sistemas de bajo costo que pueden



3.2 Causadas por Derrumbes

ser manuales, como la colocación de etiquetas de “adentro” y “afuera” en un tablero o con base en computadores. Es vital tener conocimiento preciso de quién se encuentra dentro de la mina y dónde debe estar trabajando, aun si ésta información solo está actualizada hasta el momento en que ocurre el incidente.

Un requisito ideal es poder rápidamente determinar las ubicaciones del individuo en casos de atrapamiento, posiblemente bajo muchos metros de derrumbe. Si bien la ambición inicial de desarrollar sistemas para localizar a las personas a una larga distancia usando transmisión electromagnética o sísmica a través de los estratos es inicialmente factible para minas superficiales, tiene serias limitaciones en minas profundas. En general, la ciencia y la tecnología de ubicación subterránea y detección de señales de vida pueden ofrecer una ayuda considerable para cuadrillas de salvamento. La aplicación de esta tecnología está mejorando rápidamente, especialmente después del atrapamiento de personas en una serie de incidentes de minas en los últimos 10 años. Los enfoques de investigación incluyen:

- sísmica – en la superficie y en el manto
- dispositivos sísmicos portátiles
- técnicas electromagnéticas en la superficie
- pozos – cámaras, micrófono, geófonos

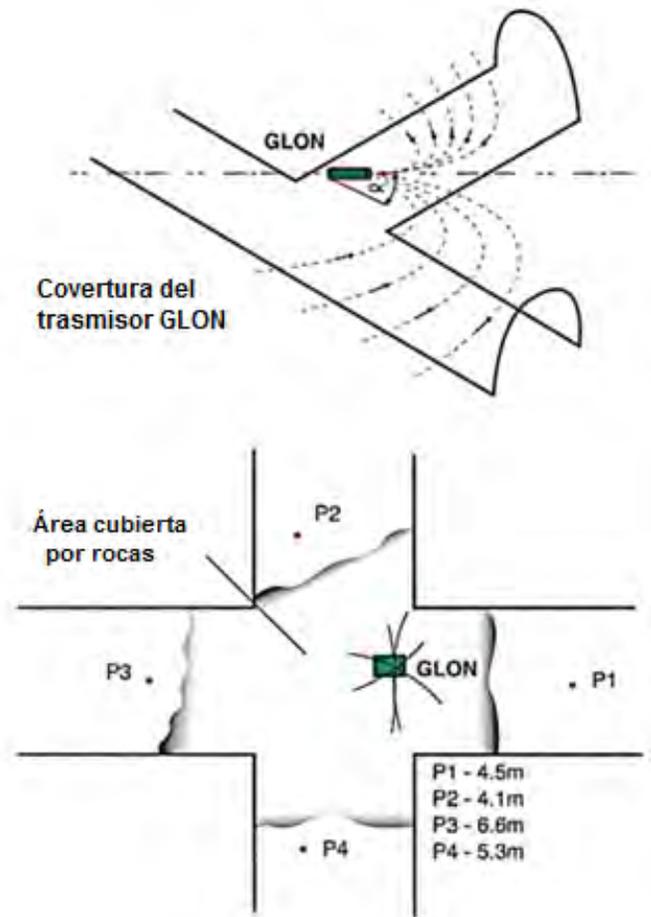
Existen múltiples sistemas de rastreo disponibles en el mercado, la mayoría basados en la existencia de sistemas de comunicación previamente instalados en la mina, como cables radiantes, o cableados de comunicación telefónica o de transmisión de datos.

Todos ellos requieren que los mineros lleven consigo dispositivos que emitan señales de radio en alguno de los múltiples sistemas disponibles tales como radio de banda ancha, de onda corta, wi-fi, bluetooth, etc. y receptores instalados a lo largo y ancho de la mina donde se planea tener personal desplegado; estos receptores cuentan con software especializado para identificar cada una de las diferentes frecuencias que identifican a los trabajadores y están conectados a la red de comunicaciones de la mina.

A través de la red de comunicación de la mina la información así identificada se transmite a superficie, donde un PC dispuesto para ello y dotado del software adecuado, convertirá la información recibida

y mostrará cada ubicación en el mapa de o plano de la mina.

Figura 3.2 – 16 Señal del faro GLON/GLOP



Fuente: Estación Central de Rescate Minero Bytom

Ubicación en la mina a corta distancia

Dados los problemas en el desarrollo de sistemas de localización capaces de penetrar las profundidades considerables del frente de excavación, la investigación "dentro de la mina" en Europa se ha concentrado en la detección de señales de vida y ubicación hasta rangos de 50 metros, donde el minero se encuentra equipado con un dispositivo de localización diseñado para ese propósito.

El sistema polaco GLON/LOP ha permitido la localización y rescate exitoso de mineros atrapados. El sistema se encuentra incorporado en la batería de la lámpara de casco del minero. El último desarrollo de este sistema puede proporcionar determinación precisa a distancias hasta de 30 metros, incluyendo la transmisión a través de estratos intermedios o derrumbes.

Otros dispositivos similares se han desarrollado y se utilizan en Alemania para proteger los medios de transporte y para la ubicación de corto alcance.

La figura 3.2 – 16 muestra el esquema de alcance de la señal de un faro GON/GLOP para la localización de quien lo lleve consigo.

Las acciones para localizar a los mineros en una emergencia por derrumbe se pueden resumir en el siguiente listado:

1. Confirmar el funcionamiento de los sistemas de comunicación usados en la mina y su cubrimiento del área afectada por el derrumbe. Usarlo para intentar comunicarse con el personal atrapado.
2. Confirmar si la mina tiene en uso algún sistema de rastreo y localización y hacer uso de él.
3. Confirmar con el control de ingreso de personal bajo tierra de la mina quienes no responden al conteo posterior a la ocurrencia del incidente, y llamarlos por su nombre durante la búsqueda.
4. Confirmar los sitios de trabajo registrados en el control de ingreso bajo tierra de las personas que no responden al conteo.
5. Correlacionar los sitios de trabajo con la ubicación del derrumbe para determinar la condición de atrapamiento de dicho personal.
6. Entrevistar al personal evacuado para obtener toda la información pertinente de quienes hayan sido testigos del incidente, en especial sobre la posible ubicación de los trabajadores que no responden al conteo.
7. Determinar la condición de las vías de evacuación determinadas por el plan de emergencia de la mina.
8. Determinar en el plano de la mina todas las posibles vías de acceso al área detrás del derrumbe.
9. Confirmar con el operador de la mina que los mineros atrapados han sido entrenados en el uso de señales auditivas para indicar su localización en caso de atrapamiento por derrumbe.
10. Durante el ingreso a la mina de las cuadrillas poner especial atención a los posibles sonidos característicos que pueden estar generando los mineros atrapados para facilitar su localización.
11. Intentar comunicación de voz, de señales o de cualquier otra índole con las zonas detrás del

derrumbe, usando el nombre propio de los mineros atrapados.

3.2.3 Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar derrumbes en la atención de emergencias mineras.

Cuando las cuadrillas de salvamento se utilizan para remover derrumbes, es importante que reciban orientación en torno a cuál es su tarea principal. Puede haber personas atrapadas al otro lado del área del derrumbe o se puede sospechar que alguien se encuentra atrapado bajo el derrumbe. Su prioridad inicial, sin embargo, será asegurar el área del derrumbe desde el lado en el que se aproximan. Cuando sea posible, por ejemplo, un derrumbe en una intersección – entonces todos los extremos del derrumbe se deben asegurar antes de intentar remover los escombros. Ha habido numerosos salvamentos exitosos cuando se ha tomado la decisión de realizar un túnel al lado, sobre o aún bajo el área del derrumbe para liberar a las personas atrapadas más allá del derrumbe. Obviamente, si se conoce o se sospecha que hay alguien bajo el área del derrumbe, se debe iniciar el trabajo lo antes posible para remover sistemáticamente el derrumbe e instalar soportes a medida que se remueven los escombros.

Las cuadrillas de salvamento usualmente disponen de una mezcla de habilidades que dependen de su trabajo usual en su propia mina. Trabajar en incidentes de derrumbes, por lo tanto, solo se hará en intervalos poco frecuentes y el comandante del incidente debe considerar los niveles de habilidad de la cuadrilla para realizar este trabajo peligroso y difícil. Resulta de gran ayuda que cuenten con orientación por medio de capacitación y experiencia sobre las reglas de sostenimiento y su interpretación. Las reglas de sostenimiento se pueden establecer rápidamente para un derrumbe particular, pero tener “reglas estándar” disponibles puede resultar útil en caso de ser requeridas en una mina.

Si la mina donde se ha presentado la emergencia de derrumbe ha establecido su Plan de Sostenimiento y el Reglamento respectivo como se describe en la sección 3.2.1.6, las reglas de sostenimiento allí establecidas pueden proporcionar la base para evaluar los métodos de enfrentar la emergencia.

Relleno y soporte de cavidades

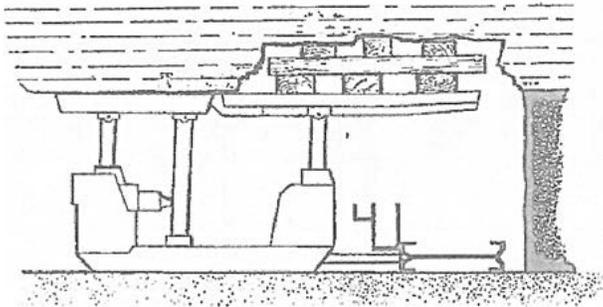
En frentes de tajo largo



3.2 Causadas por Derrumbes

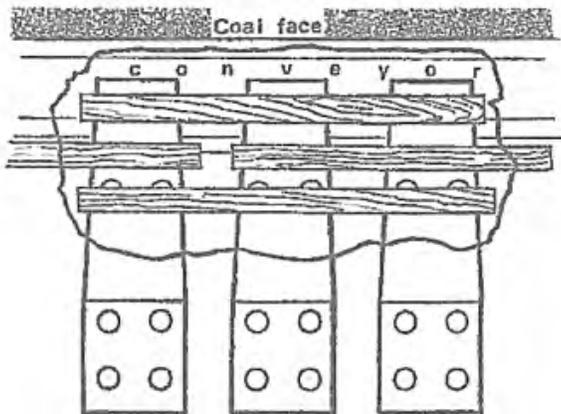
Las siguientes figuras muestran cómo se pueden asegurar las cavidades resultantes de caídas de rocas de pequeña proporción. Las figuras 3.2 – 17 y 3.2 – 18 corresponden a un frente de tajo largo con banda transportadora blindada.

Figura 3.2 – 17 Soportar una cavidad



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.2 – 18 Vista en planta del soporte de una cavidad

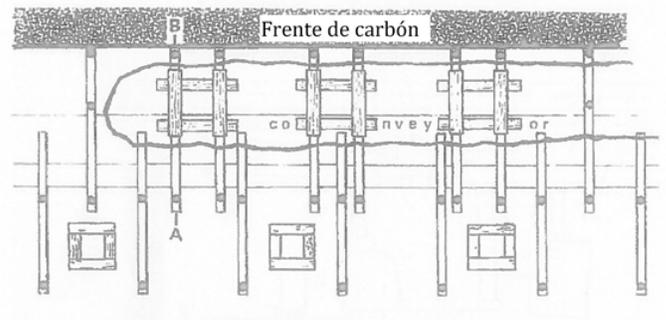


Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Es importante que la madera ubicada sobre el soporte abarque por lo menos tres soportes como se muestra, permitiendo que cualquier soporte sea adelantado sin molestar las vigas de madera superpuestas. Esto es, siempre que un soporte vaya a ser movido, para adelantarlo después del corte, la viga de madera estará apoyada en dos soportes sin perder estabilidad.

Las figuras 3.2 – 19 y 3.2 – 20 corresponden a una situación similar, pero con soporte convencional – pilares de madera y barras de techo. En este caso, los soportes se fijan al techo de la cavidad en todo su ancho; la figura muestra el uso de canastas. Los costados de la cavidad deben estar soportados.

Figura 3.2 – 19 Vista en planta soporte de una cavidad 2



Primero se previene que una cavidad se extienda y luego es soportada

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.2 – 20 Vista de corte en alzada de la figura 3.2 – 19

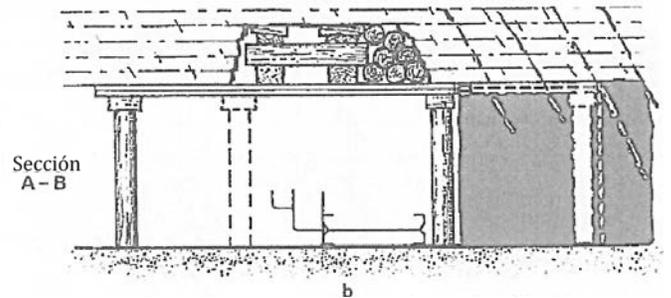


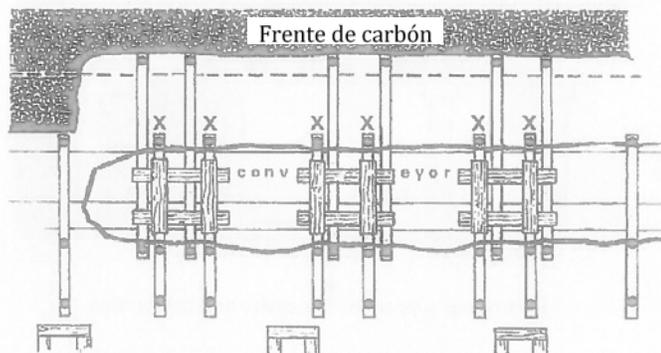
Ilustración del soporte de la cavidad y del costado de la cavidad

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Las figuras 3.2 – 21 y 3.2 – 22 muestran el resultado de un avance del soporte mostrado en las figuras 3.2 – 19 y 3.2 – 20, en donde el carbón ubicado a continuación de la cavidad formada por el derrumbe puede ser trabajado a mano, con soportes instalados como se muestra, para mantener el soporte en la cavidad. Se ha colocado una fila de barras delante de la cavidad y luego los pilares marcados con "x" podrán removerse y la banda transportadora podrá ser adelantada, sin perturbar el soporte de la cavidad.

El trabajo a mano debería continuar hasta que el techo sobre la banda transportadora esté apoyado por barras bajo el techo firme (d). Las clavijas de madera ancladas a la columna de resina se pueden usar para reforzar los estratos de techo débil tan pronto como aparezcan.

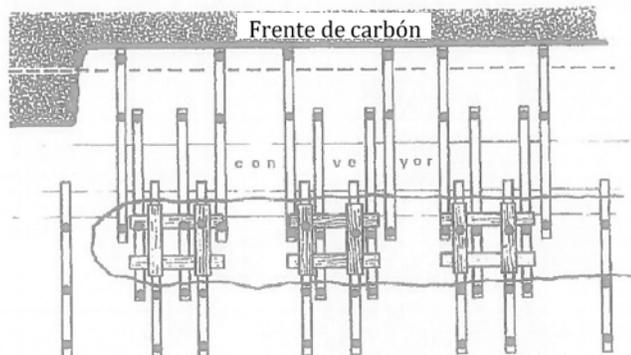
Figura 3.2 – 21 Avance del soporte de control de una cavidad



Carbón trabajado a mano al frente de la cavidad, nuevo techo de conjunto de barras que permiten que los pilares marcados con "X" sean removidos para adelantar la banda transportadora.

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.2 – 22 Avance del soporte de control de una cavidad 2



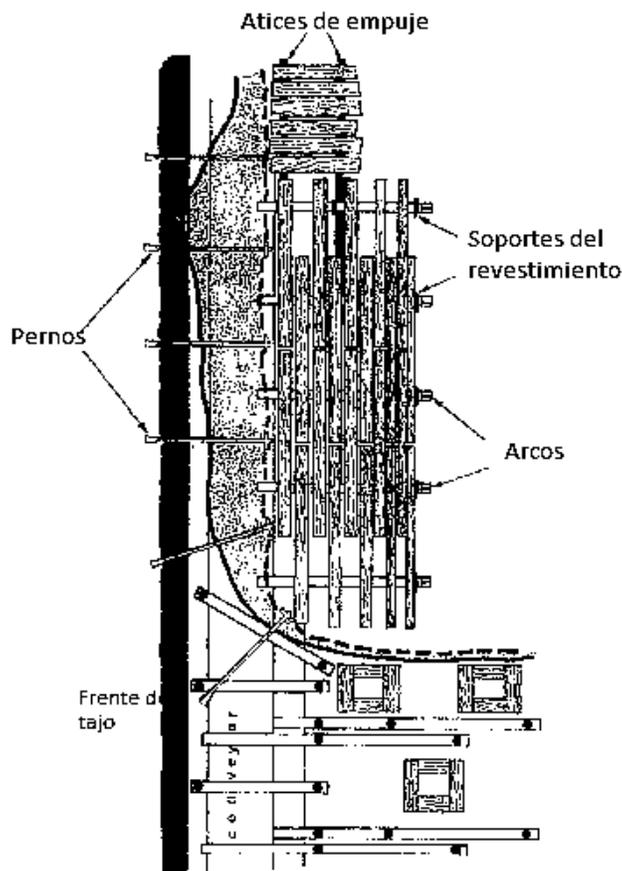
Una fila de barras establecidas en el techo firme en frente de la cavidad permite la extracción más allá de la cavidad para reiniciar producción

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Si ocurre un gran derrumbe, los escombros se pueden retirar únicamente soportando el borde de la cavidad a todo lo largo del frente y se necesitará para ello el uso extenso de atices de empuje y de revestimiento.

La figura 3.2 – 23 incluida más adelante muestra una posible forma de llevar a cabo este tipo de control, mediante el uso de pernos de anclaje para el control del borde avanzado de la cavidad generada por el derrumbe y arcos de acero.

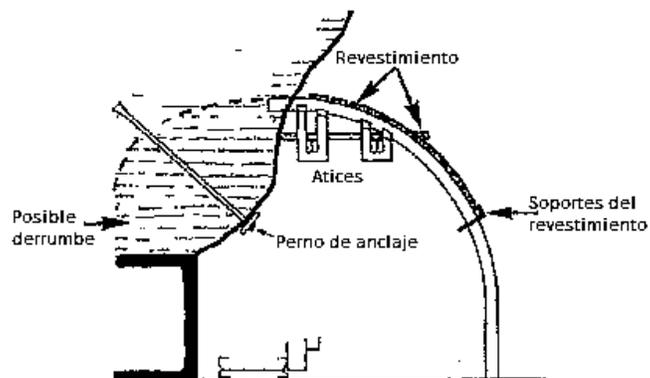
Figura 3.2 – 23 Recuperación de un derrumbe mayor en un tajo largo



Las primeras canastas y barras se colocan para prevenir que el derrumbe se extienda. Después, se trabaja en borde de la cavidad, se avanzan los atices de empuje para permitir el retiro de los escombros y la colocación de los arcos. Los lados de la cavidad se aseguran con pernos

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.2 – 24 Vista de perfil de la figura 3.2 - 23



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

3.2 Causadas por Derrumbes

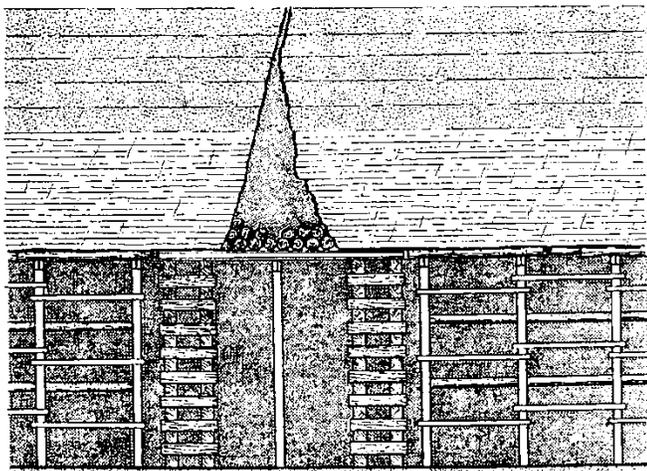
Los arcos se instalan a medida que se retiran los escombros. El frente de la cavidad puede estar soportado con pernos de techo.

Existe la posibilidad de caídas adicionales como se muestra por medio de la línea punteada en la figura 3.2 - 24 ya que las palancas de soporte deben retirarse para mover la banda transportadora. Incluso puede ser necesario dismantelar la banda transportadora para poder reconfigurar la cara del tajo.

Vías

Cuando se forma una cavidad en el techo de una vía por efectos de un derrumbe, la roca más allá de la superficie visible puede estar tan rota que el proceso de soportar el techo y los extremos expuestos sería peligroso.

Figura 3.2 – 25 Solución en una cavidad alta y estrecha



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

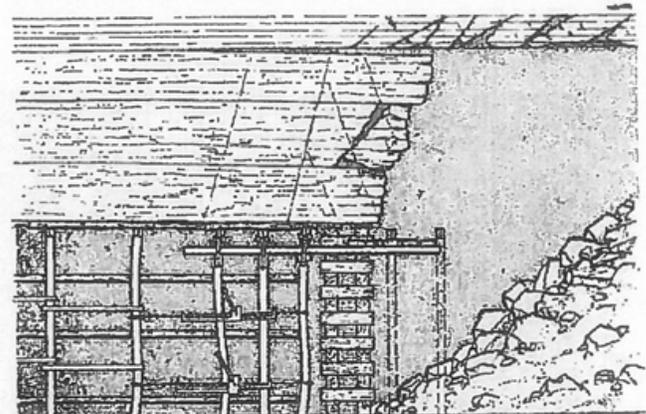
Para algunas situaciones, puede ser posible especificar un método de proceder en la recuperación, pero en el peor de los casos, el operador minero debe examinar cuidadosamente el sitio por sí mismo.

Las caídas desde las cavidades pueden involucrar una ignición de metano como un peligro adicional.

La figura 3.2 – 25 muestra una cavidad alta y estrecha que podría desarrollarse cerca de un plano de falla y que se podría manejar cruzando la cavidad con vigas que deben contar con un soporte y revestimiento seguros. En este caso se muestran canastas de soporte.

Las figuras 3.2 – 26, 3.2 – 27, 3.2 – 28 y 3.2 – 29 muestran un derrumbe mayor en roca gravemente perturbada. Para prevenir que el derrumbe se extienda, se estabilizan los soportes existentes usando cadenas y palancas adicionales. Se usan entonces atices de empuje para proteger el área del derrumbe, permitiendo que los escombros sean removidos gradualmente y se reemplacen progresivamente los soportes averiados.

Figura 3.2 – 26 Manejo de derrumbe mayor en una vía 1



Derrumbe mayor en una vía mostrando las canastas de soporte para evitar la extensión del derrumbe, los soportes estabilizados con cadenas y los atices de empuje revestidos

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.2 – 27 Manejo de derrumbe mayor en una vía 2



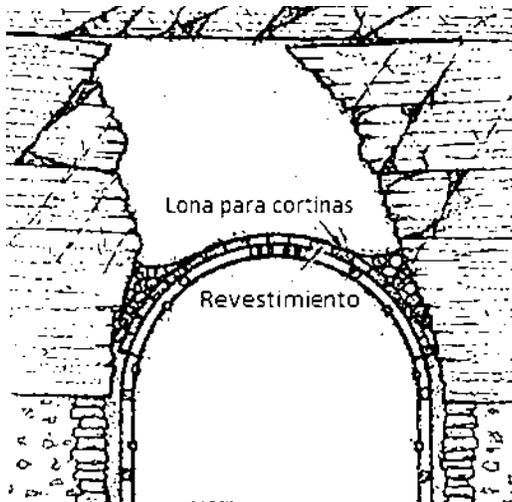
Avance en la sustitución de soportes dañados, revestidos con madera y tejido para cortinas de ventilación

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Durante esta operación, la cavidad debe ser ventilada por medio de tuberías. Es posible que una sonda de drenaje de metano deba ser insertada sobre el borde de la cavidad para reducir el riesgo de acumulación de metano en la cavidad.

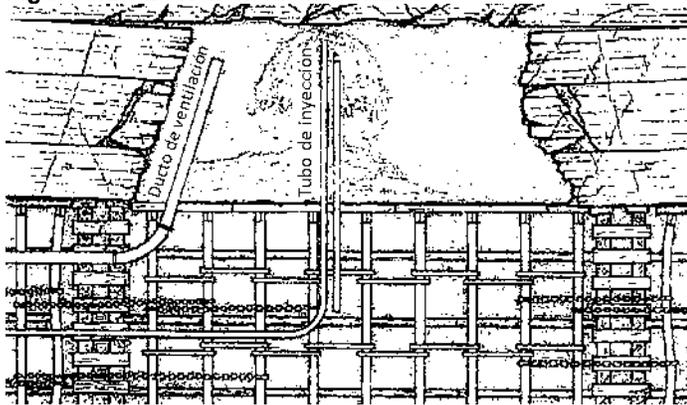
Generalmente, dichas cavidades grandes deberían ser llenadas con materiales livianos adecuados para este propósito. Si bien lo más aconsejable es el relleno fluido con materiales cementantes, el uso de canastas y material de madera asegurando que se logre un soporte idóneo de la cavidad de buen resultado. Sin embargo, la tendencia del metano a acumularse en las partes altas se convierte en una amenaza cuando la cavidad no se ha relleno totalmente.

Figura 3.2 – 28 Vista trasversal de la vía de 3.2 - 27



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.2 – 29 Relleno de la cavidad



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El uso de un material tejido resistente, como el usado para las cortinas de ventilación, es apropiado para revestir los encofrados de madera para dar apoyo al material de relleno fluido cementante, cuando se emplea esta técnica.

3.2.4 Equipo utilizados en las acciones de rescate en situaciones de emergencias mineras causadas por derrumbes

Las especificaciones detalladas de los equipos, el manual de instrucciones, las indicaciones de mantenimiento preventivo y los accesorios se incluyen en el Capítulo 4 EQUIPOS.

Se inserta a continuación la matriz de los Requerimientos Mínimos de Equipos para el Servicio Nacional de Salvamento Minero que contiene el listado de equipos mínimos recomendados y opcionales para atender las emergencias causadas por derrumbes según lo descrito anteriormente.

Al final de la tabla se encuentra el significado de los símbolos empleados en ella.

Matriz de Equipos Mínimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Derrumbes Cap 3.2
Proteccion Respiratoria			
1	Aparato de Respiración de presión positiva de autocontenido regenerativo		✓
2	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos		✓
3	Autorescatador Tipo Savox		✓
4	Autorescatador de Oxígeno Químico 90 Minutos		✓
5	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos SSR 30		✓
Monitoreo Ambiental			
6	Monitor Multigas de 6 gases		✓
7	Retractor para Monitor Multigas		✓
8	Anemómetro		✓
9	Anemómetro y termómetro		✓
10	Higrómetro giratorio y tabla		✓
11	Bombas y Tubos de Muestreo		✓
12	Bomba y fuelle y Tubos detectores		✓
Incendios y Explosiones			
13	Tuberías		○
14	Mangueras contra incendios		○
15	Acoples y accesorios para manguera		○
16	Tubos bifurcados		○
17	Boquillas		○
18	Recámaras de división		○
19	Adaptador de espuma		○
20	Pica contra incendios		○

3.2 Causadas por Derrumbes

21	Extintor de Incendios	✓
22	Baldes para Incendios	○
23	Hidrantes contra incendios	○
24	Hidrantes Mineros	○
25	Maquina de Colocamiento	○
26	Cámara de Imagen Térmica	○
Corte y Expansion		
27	Expansor Hidraulico	✓
28	Cortador	✓
29	Herramiento de Combinacion	✓
30	Cilindro hidraulico	✓
31	Bomba hidraulica de mano	✓
32	Manqueras hidraulicas	✓
33	Acoples hidraulicos	✓
34	Cadena	✓
Bolsas de Aire		
35	Cojin neumático (elevador)	✓
Caída de Alturas		
36	Dispositivos de control de descenso automático y manual	○
37	Trípode tipo Airshore	○
38	Descensores manuales	○
39	Cabos o cuerdas de anclaje	○
40	Eslinga de Sujecion	○
41	Absorbedor de energía	○
42	Eslinga con absorbedor de energia	○
43	Línea de vida retractil	○
44	Trípode	○
45	Winch o Tomo	○
46	Pescante Davit	○
47	Amés de Cuerpo Completo	○
48	Trípode flexible y adaptable con marco tipo A y sistema de soporte	○
49	Correas	○
Primeros Auxilios y Recuperacion		
50	Sistema de Rescate (Camilla Sked)	✓
51	Camilla de canasta	○
52	Camilla rígida	✓

53	Cobijas	✓
54	Collarín	✓
55	Cobijas de arrastre	✓
56	Resucitador (Tipo Mars)	✓
57	Férulas	✓
58	Bolsas para cuerpos	○
Trauma Primeros Auxilios		
59	1x tarjeta guía	✓
60	Vendajes surtidos	✓
61	20 x vendajes triangulares	✓
62	3 x venda estéril para ojos	✓
63	2 x rollos pequeños de cinta autoadhesiva	✓
64	1 x Tijeras grandes	✓
65	2 x Tijeras pequeñas	✓
66	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
67	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
68	4 x Resusci aids	✓
69	2 x 500 ml enjuague ocular	✓
70	3 x vendajes superabsorbentes	✓
71	3 x vendajes para sangrado profuso	✓
72	20 x vendajes para heridas grandes	✓
73	6 x vendajes adaptables	✓
74	1 x pulsómetro	✓
75	1 x Torniquete (vendaje triangular alternativa)	✓
76	5 x gazas hemostáticas (coagulante)	✓
Primeros Auxilios Personales		
77	1x tarjeta guía	✓
78	Vendajes surtidos	✓
79	6 x vendajes para heridas grandes	✓
80	2 x venda estéril para ojos	✓
81	6 x vendas triangulares	✓
82	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
83	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
84	4 x Resusci aids	✓
Caída de Rocas		
85	Puntales	✓
86	Palancas de fricción	✓
87	Palancas hidráulicas	✓

Herramientas Generales		
88	Caja de herramientas	✓
89	Cortador de pernos	✓
90	Llave de expansión	✓
91	Llave de tubos	✓
92	Segueta y hojas de segueta	✓
93	Martillos	✓
94	Formones	✓
95	Alicates	✓
96	Destornillador plano	✓
97	Destornillador de estrella	✓
98	Cortado/cuchillo stanley	✓
99	Maseta y picas de minero	✓
Proteccion Personal		
100	Protección ocular y anteojos de seguridad	✓
101	Cascos	✓
102	Relojes	✓
103	Tabla de calor y humedad	✓
104	Lámpara Minera	✓
105	Cuerda para línea de vida	✓
106	Botellas de agua	✓
107	Línea de vida personal	✓
108	Piezas livianas de madera	✓
109	Caja de tiza	✓
Comunicaciones		
110	Sistema de comunicación emergencias mineras	✓
Libros, turnos etc		
111	Libro de registro de la base de aire fresco	✓
112	Libro de registro del comandante de incidente	✓
113	Libro de registro de superficie	✓

114	Planillas de turnos de cuadrillas	✓
115	Planillas varias	✓
116	Hojas de tiempo	✓
117	Libreta de apuntes	✓
118	Rótulos	✓
119	Señalización para base de aire fresco	O
Otro Equipo y Repuestos		
120	Electrobombas	O
121	Ventilador Axial	✓
122	Bomba de trasiego de oxígeno	✓
123	Testor 2100	✓
124	Test-it 6100	✓
125	Termómetro	✓
126	Gases para calibración de multidetectores	✓
127	Agua destilada	O
128	Desinfectante para los equipos	✓
129	Secador	O
130	Tablas, tubos y agua	✓
131	Baterías para los bodyguard	✓
132	Tabla para mapas, regla, plumas y lápices	✓
133	Tablas clip	O
134	Registros médico y de entrenamiento socorredores	✓
135	Planillas de chequeo de BG4	✓

✓	Requerido
O	Opcional pero sugerido
A	Detalles proporcionados

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5 Referencias

Mark, C [2002] The Introduction of Roof Bolting to U.S. Underground Coal Mines (1948-1960): A Cautionary Tale, 21st International Conference on Ground Control in Mining. Morgantown, WV: West Virginia University, 2002 Aug; :150-160, disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/mining/works/coversheet734.html>

Molina, G. and Mark, C. [2010] "Ground Failures in Coal Mines with Weak Roof", J Geotech Eng 2010 Jan; 15(F):547-588, disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/mining/works/coversheet1162.html>

MSHA [2008] Roof and Rib Control Coal Miner's Handbook, U.S. Department of Labor, Mine Safety and Health Administration, National Mine Health and Safety Academy, Other Training Material: OT 44 June 2008, disponible en http://arlweb.msha.gov/Safety_Targets/Roof%20Bolt%20Safety%20Target/roofandribcontrolhandbook.pdf

Anexo 1

Este anexo contiene, a manera de ejemplo, las estipulaciones de una Evaluación del Riesgo de una mina de carbón de tamaño promedio. Es específico para dicha mina y en consecuencia contiene alusiones a sus características particulares. No se pretende que constituya una directriz de cómo elaborar una evaluación de este tipo, pero puede emplearse para entender su elaboración.

Evaluación del Riesgo de Derrumbes Resumen

El peligro principal asociado con la pérdida del control del terreno es un derrumbe que tiene el potencial de causar múltiples víctimas dentro de la mina. Las víctimas podrían ser afectadas por:

- Lesión directa (la(s) persona(s) son impactadas por el derrumbe causando lesiones físicas)
- Lesión indirecta (por ejemplo, la pérdida de ventilación causada por un derrumbe, llevando a una atmósfera deficiente en oxígeno)

Actualmente, los medios primarios del control del terreno en la mina son las columnas de acero, palancas y puertas de madera, barras, arcos de acero, pernos de anclaje y pernos de cable con placas y mallas.

La siguiente documentación (evaluación de riesgo, documento de política y gráfico de responsabilidad) identifica la forma en la que se maneja el control del terreno en la mina.

Evaluación de Riesgo del Control del Terreno

La evaluación de riesgo realizada (tablas incluidas al final de este Apéndice) identifica los peligros, decide quién podría resultar herido, evalúa el riesgo e identifica las medidas de control asociadas con la pérdida potencial del control del macizo rocoso. Estos controles se describen en más detalle en el documento del cual forma parte esta evaluación. Cuando hay otros documentos relacionados, estos son referenciados.

Competencia

Las competencias requeridas de todo el personal involucrado en la gestión e implementación de las

medidas de control del terreno se identifican en el Sistema de Gestión de Competencias (CMS) de la mina. La matriz de responsabilidades al final de este capítulo ayuda en la determinación de las competencias requeridas para los diferentes roles de trabajo.

Diseño

Antes de una excavación propuesta, se debe realizar una evaluación de riesgo de movimiento de los estratos y del macizo rocoso y se deben identificar las medidas de control requeridas. La evaluación considerará:

- i) Información geológica
- ii) Propiedades mecánicas de los diferentes tipos de roca
- iii) El efecto de tensiones verticales y laterales
- iv) El alcance y la naturaleza probable del movimiento de los estratos que se debe controlar
- v) Mecanismos de falla potenciales
- vi) Posibles efectos en o desde los lugares de trabajo y las minas adyacentes
- vii) Resultados de investigaciones del sitio relevantes para el área que se debe trabajar
- viii) Experiencia previa y datos históricos relevantes
- ix) El ambiente minero incluyendo los efectos de las aguas subterráneas.

Se debe preparar un documento de diseño para la extracción de carbón; el diseño tendrá en cuenta:

- i) Los límites de extracción
- ii) El método de explotación propuesto
- iii) Las dimensiones de la excavación
- iv) Tamaños de los pilares
- v) Densidad de apoyo
- vi) Especificación del material o equipo que forma parte del sistema de sostenimiento
- vii) Procesos para manejar anomalías
- viii) Información sobre cualquier otro riesgo (por ejemplo, proximidad a otras obras, agua, gas)
- ix) Tensiones probables del terreno
- x) Requisitos de ventilación
- xi) Verificaciones para transporte, equipos y personas

Cuando se considere algún cambio significativo en las medidas de sostenimiento, la mina asegurará que la evaluación y el documento de diseño sean



revisados por el especialista geotécnico competente. Dichos cambios incluyen:

- i) De un sistema de soporte independiente a otro que no haya sido usado antes en la mina.
- ii) De un sistema de soporte independiente a un sistema de pernos de anclaje
- iii) Una reducción en el tamaño de los pilares y/o un aumento en las dimensiones de apertura en los trabajos de cámaras y pilares
- iv) Una reducción en los factores de seguridad de los pilares (como un aumento en la altura de la apertura o discontinuidades)
- v) Cuando el sistema propuesto haya sido usado anteriormente en la mina, pero el personal actual no tenga experiencia en su uso en la mina.
- vi) Luego de un cambio significativo en el estrato y/o, información obtenida a partir del monitoreo.

Control

Todos los sistemas de control cumplirán al menos con la legislación vigente en relación con al sostenimiento. Las normas de sostenimiento serán producidas para cada área de trabajo de la mina en la que se extraiga mineral. Estas normas incluirán:

- i) Método de explotación y secuencia de operaciones (diagramas y texto)
- ii) Equipo de soporte a ser utilizado
- iii) Distancia máxima entre las barras o pernos adyacentes
- iv) Número máximo de accesorios, correas, etc.
- v) Distancia máxima desde la última barra o perno y el frente
- vi) Coeficiente máximo de extracción
- vii) Procedimientos para condiciones anormales
- viii) Requiere soporte temporal y un procedimiento en caso de trabajar más allá del último conjunto de soporte permanente

Las normas de sostenimiento serán preparadas por el Ingeniero de la Mina y validado por el gerente de la Mina.

Los soportes verticales de acero y en forma de arco deberán retirarse sistemáticamente de las partes abandonadas de la mina, en caso de ser requerido por una evaluación y procedimiento de riesgo documentado.

La implementación o puesta en vigencia de las normas de sostenimiento o Reglamento o Plan de Sostenimiento se efectuará con la participación de los operarios y funcionarios de la mina a quienes correspondan las responsabilidades de sostenimiento. Esta acción será registrada y constará en un acta levantada con dicho fin.

Se elaborará un plan (Plan de Riesgos) para todas las áreas de desarrollo o producción de la mina; el plan identificará las medidas adicionales de control de techos en las áreas que presenten riesgos adicionales a los de la situación general de la mina (ej. fallas, bordes de columnas, etc.)

Los túneles de un solo ingreso se limitarán a un máximo de 9 personas para trabajar en el frente de excavación; para garantizar que este número no se exceda, se implementará un tablero de revisión en el extremo exterior de la única entrada. En donde hayan más de dos entradas más allá de una unión común, el máximo número de personas más allá de la unión común será 18 y no más de 9 en cada una de las entradas individuales.

Medición/monitoreo

Las inspecciones de la seguridad de las medidas de sostenimiento serán realizadas por los funcionarios de la mina como parte de su régimen de inspección documentada. Las inspecciones deberán incluir la observación del techo, piso y lados (paredes) y la evaluación de la efectividad de los soportes. Las áreas de interés particular incluyen las ubicaciones con mayor carga como puntos de tracción, entradas adyacentes a áreas cavadas o inundadas, bajo antiguos trabajos de minería, valles de arroyos, afloramientos de fallas cercanas, afloramientos subyacentes u otras anomalías geológicas.

La administración también llevará a cabo inspecciones similares durante sus visitas a la mina.

Las auditorías por parte de la administración con relación al cumplimiento de los sostenimientos se desarrollarán al menos una vez por año.

Indicadores de Eficacia de la Seguridad del Control de Terreno

Los indicadores de desempeño en seguridad (SPI) prospectivos y retrospectivos para el control proactivo del macizo rocoso se encuentran a continuación.

Estos indicadores serán revisados por el equipo de administración con intervalos mensuales.

Número de accidentes con relación a la caída de roca (retrospectivo)

Número de defectos con relación al control de terreno (retrospectivo)

Número de auditorías/inspecciones de la administración con relación al plan (prospectivo)



Sostenimiento

	Sistema de Administración de Competencias	Evaluación de Condiciones Terrestres	Documento de Diseño	Estándares de instalación y mantenimiento del sostenimiento	Diseño, instalación, puesta en marcha y mantenimiento de equipos	Monitoreo, Inspección y pruebas	Acuerdos de mitigación
Operador de Mina	<p>Proporcionar un Sistema de Administración por Competencias apropiado</p> <p>Establecer y registrar la estructura de gestión</p>	<p>Evaluación de condiciones del macizo rocoso</p>	<p>Elaborar documento de diseño</p>		<p>Garantizar esquema de mantenimiento adecuado e inspección de mina</p>	<p>Esquema de monitoreo adecuado</p>	<p>Desarrollar plan de escape y de salvamento.</p> <p>Desarrollar política de investigación de incidentes.</p> <p>Asegurarse de que estén planeadas los simulacros de seguridad.</p> <p>Asegurar la instalación de salvamento</p>

Sostenimiento

	Sistema de Administración de Competencias	Evaluación de Condiciones Terrestres	Documento de Diseño	Estándares de instalación y mantenimiento del sostenimiento	Diseño, instalación, puesta en marcha y mantenimiento de equipos	Monitoreo, Inspección y pruebas	Acuerdos de mitigación
Gerente de Mina	Implementar CMS	Implementar política	Desarrollar, aprobar y emitir normas de soporte de comandantes Procedimiento de retiro de soporte	Garantizar normas apropiadas	Desarrollar esquema de mantenimiento adecuado e inspección de mina. Puesta en marcha de normas de soporte	Desarrollar esquema de monitoreo y los niveles. Esquema de defectos adecuado. Planear y dirigir auditorías del sistema	Implementar simulacros de seguridad. Seleccionar, asegurar personal competente de Salvamento Minero.
Ingeniero Mecánico	Identificar requisitos de entrenamiento y revisión de competencias				Esquema de mantenimiento adecuado	Proporcionar cronograma de mantenimiento planeado mecánico y listas de verificación de inspección	
Sub gerente	Competencia para inspeccionar y auditar el control del terreno		Implementar Normas de Comandantes		Puesta en marcha de normas de soporte		

Sostenimiento

	Sistema de Administración de Competencias	Evaluación de Condiciones Terrestres	Documento de Diseño	Estándares de instalación y mantenimiento del sostenimiento	Diseño, instalación, puesta en marcha y mantenimiento de equipos	Monitoreo, Inspección y pruebas	Acuerdos de mitigación
Funcionarios de la Mina	Competencia para supervisar, inspeccionar y auditar el control del terreno		Implementar Normas de Comandantes	Supervisar e implementar normas adecuadas	Implementar esquema de mantenimiento Puesta en marcha de normas de soporte	Implementar esquema de monitoreo e inspección Implementar esquema de defectos	
Fabricantes	Asegurarse de que sea competente y autorizado				Implementar esquema de mantenimiento Contribuir a mejoras	Contribuir a especificación de equipos	
Operadores	Asegurarse de que sea competente y autorizado		Implementar normas de soporte del gerente (Plan de Sostenimiento) Contribuir a mejoras	Implementar estándares Contribuir a mejoras	Implementar esquema de mantenimiento Contribuir a mejoras Normas de soporte de comisión		
Topógrafo de la Mina			Redactar normas de soporte de control terrestre (Comandantes)		Registrar puesta en marcha de normas de soporte		

E = Empleados

C = Contratistas

P = Público

V = Visitantes

Riesgo no.	Peligro	Efecto del peligro	Evaluación inicial			Riesgo evaluado	Medidas de control del riesgo	Riesgo residual		
			Quién está afectado y cuántos	Gravedad	Probabilidad			Gravedad	Probabilidad	Riesgo evaluado
1.	Derrumbes (Colapso de techo, lados, frente de excavación, pilares)	Muerte		5	5	25	Medidas preventivas 1. Evaluación de riesgos de derrumbe registrado y revisado por la persona competente 2. Documento de diseño por la persona competente 3. Reglas de sostenimiento del gerente (Plan de Sostenimiento) 4. Medidas de sostenimiento 5. Sistema(s) de soporte 6. Procedimiento en condiciones anormales 7. Plan de riesgo que identifica riesgos adicionales, es decir lados de pilares de vigas adyacentes 8. Soportes temporales entre la última barra o perno y frente de avance 9. Procedimientos para la preparación de la superficie 10. Control de techo entre soportes (por ejemplo, malla) 11. Inspecciones oficiales de la mina 12. Auditorías de gestión 13. Operadores competentes 14. Especificación de equipos Medidas de Mitigación 15. Plan de Escape y Salvamento 16. Provisión de un Servicio de Salvamento Minero	5	1	5

Gravedad:	Probabilidad:	Riesgo evaluado:	Gravedad					Revisión	Autor	Fecha	Firmado
1 = Insignificante — sin lesiones de primeros auxilios, sin tiempo perdido	1 = Muy improbable que ocurra	Probabilidad	5	4	3	2	1	RA desarrollado/revisado			
2 = Menor — lesiones menores de 'primeros auxilios', menos de 7 días de tiempo perdido	2 = Improbable que ocurra		5	25	20	15	10	5	Siguiente revisión planeada		
3 = Tiempo Perdido — lesión o enfermedad que causa más de 7 días de tiempo perdido	3 = Probable que ocurra		4	20	16	12	8	4			
4 = Mayor — lesiones graves con tiempo perdido extremo	4 = Muy probable que ocurra		3	15	12	9	6	3	Cambios dinámicos (Notifique al cliente los sitios externos de Rep.)		
5 = Fatal — fatalidad o interrupción importante	5 = Casi seguro que ocurra		2	10	8	6	4	2			
			1	5	4	3	2	1			

Anexo 2

Se incluye a continuación la descripción general de la forma de instalación y operación de extensómetros, instrumentos diseñados para el control del movimiento del macizo rocoso, especialmente cuando el sostenimiento se realiza mediante pernos de anclaje.

Extensómetro Sonic

Introducción

El extensómetro de sonda Sonic diseñado para medir la distancia entre pares de imanes hasta 10 m de distancia con una precisión de 0.02 mm.

El instrumento consta de una sonda flexible que lleva el transductor en un extremo y una unidad de lectura de alimentada por una batería portátil. La sonda se inserta en un agujero previamente perforado, generalmente de 43 mm de diámetro, en el cual se han instalado hasta 20 imanes permanentes anclados a los estratos. El sistema de medición es conocido como extensómetro Sonic (ver figura 1).

Procedimiento de instalación

Se perfora un agujero vertical, de por lo menos 7 m de profundidad, en el centro del techo de la zona que se quiere controlar. Un tubo flexible de plástico se inserta en el agujero y se ancla en él. Hasta 20 imanes permanentes, a su vez, se colocan alrededor de este tubo que constituye una guía central y se anclan a los intervalos previamente establecidos en el agujero.

Las lecturas se toman insertando la sonda flexible en el tubo guía central y conectando el transductor de la sonda a la caja de lectura. Todas las distancias a los imanes toman como punto de referencia el imán que está ubicado en el cuello de la perforación y las ubicaciones de los imanes se miden desde ese punto.

Principio de funcionamiento

Cuando se conecta a la unidad de lectura, la sonda recibe un pequeño pulso de corriente que viaja a lo largo del tubo metálico que conforma la pared de la sonda. En la posición de cada imán la interacción entre el campo estático generado por el imán y el campo generado por el pulso eléctrico que viaja por la sonda produce una deformación por torsión en la delgada pared del tubo. Esta deformación se transmite por el tubo como un pulso 'sónico' y es detectada por el transductor de torsión situado en el extremo de la sonda. Cada pulso "sónico" generado en la posición de cada imán llega a la cabeza del

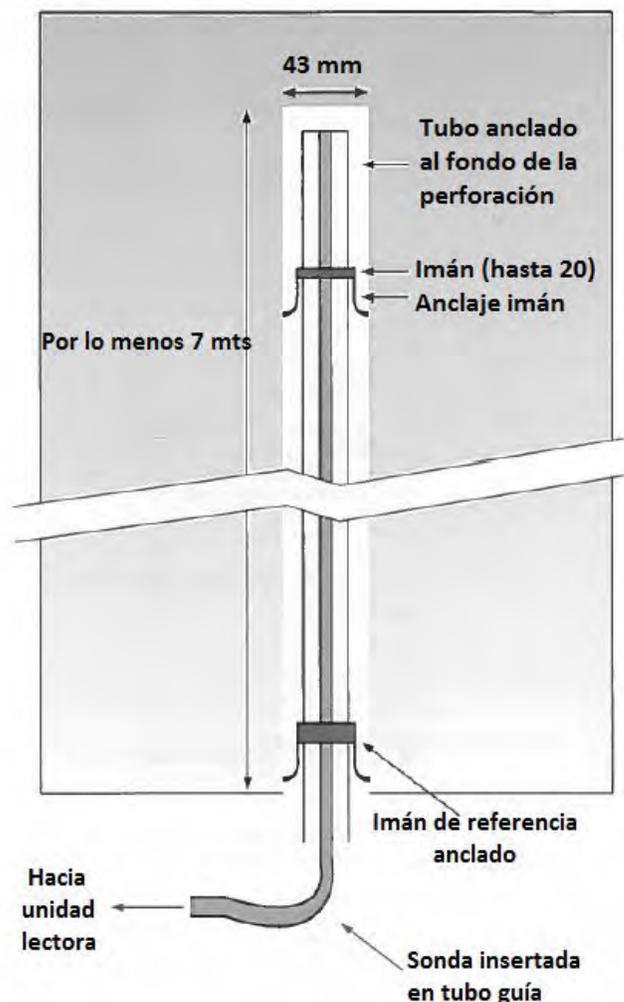
transductor en diferentes momentos, dependiendo de la distancia que ha tenido que recorrer. La velocidad del pulso transmitido mecánicamente, es conocida y, mediante un cronómetro muy exacto, la unidad de lectura calcula y muestra las posiciones de los imanes de alta resolución.

Resultados

El software del extensómetro Sonic está en capacidad de ser usado para analizar y presentar los datos en diversas formas, incluyendo:

- movimiento total de techo en las posiciones de anclaje en diferentes momentos;
- la tensión entre anclajes en diferentes momentos;
- movimiento total en las posiciones individuales de anclaje y sus cambios en el tiempo.

Figura 1 Extensómetro Sonic



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Indicadores de altura doble

Introducción

Los indicadores de altura doble están disponibles para su uso en una variedad de tamaños de agujero de diámetro nominal desde 27 mm hasta 55 mm. Su esquema general se muestra en la figura 2.

Instalación

- Perfore el macizo o estrato a controlar, utilizando el tamaño adecuado, hasta la profundidad requerida (2 veces la longitud de los pernos usados o 4,8 m, la que sea mayor de estas dos medidas).

- Inserte el tubo de referencia y presione firmemente.

- Insertar el ancla superior, conectada con el indicador pequeño 'B', a la parte más alta del agujero. Revise que el anclaje quede firme,

- Inserte el ancla inferior, conectada al indicador de mayor tamaño 'A', y fíjela 0,3 m por debajo de la altura de los pernos de anclaje; por ejemplo, a 2.1 m de profundidad para pernos de 2,4 m de longitud.

- Posicione la parte superior de la banda verde del indicador 'A' de forma que quede al nivel de la parte inferior del tubo de referencia. Alinee la escala. Ajuste el mecanismo de anclaje en la posición obtenida.

- Coloque la parte superior de la banda verde del indicador B al nivel de la parte inferior del indicador 'A'. Alinee la escala. Ajuste el mecanismo de anclaje en la posición obtenida.

- Registre la información del indicador: localización, fecha y hora y altura de anclaje.

Métodos de lectura (véase figura 3)

1. Por color

Registre las bandas visibles con el método de enteros y fracciones, por ejemplo:

'A': 1/2 verde, amarillo, rojo.

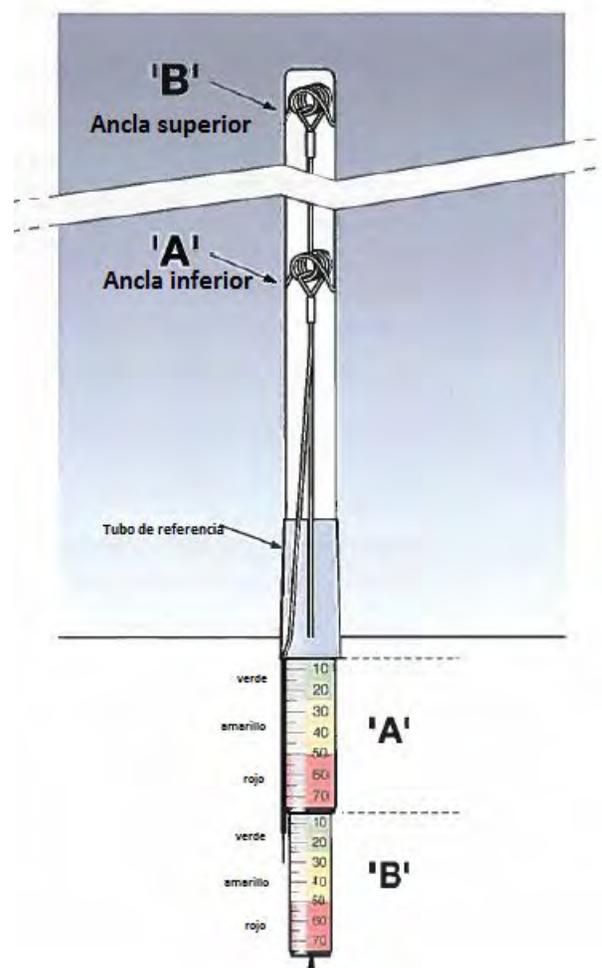
'B': 3/4 amarillo, rojo.

2. Por la escala

Registre la medida, en milímetros, leyendo la distancia indicada en la referencia de cada anclaje.

La referencia para 'A' es la parte inferior del tubo de referencia.

Figura 2 Indicadores de doble altura



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Referencia para 'B' es la parte inferior del indicador 'A'.

La escala tiene divisiones milimétricas, con marcas de centímetro. Por ejemplo:

'A': 12 mm;

'B': 31 mm.

Interpretación

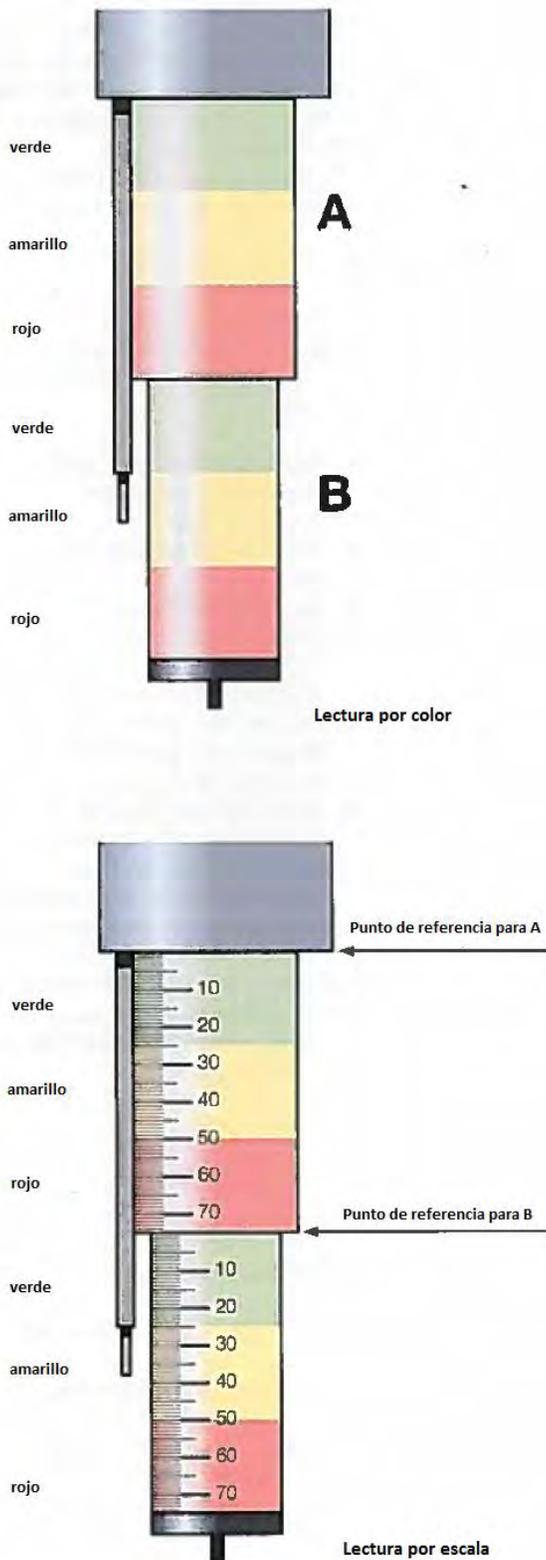
- Movimiento de 'A' en relación con el tubo de referencia es igual a la expansión de los estratos dentro de la altura de los pernos.

- Movimiento de 'B' en relación con su referencia (abajo de 'A') es igual a la expansión de los estratos entre la parte superior del perno y la posición de anclaje superior del indicador.

- La expansión total de estratos es 'A' + 'B'.

- La expansión de los estratos ubicados por encima del ancla superior del indicador no se detecta.

Figura 3 Métodos de medición



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Extensómetro de varios hilos

Introducción

El extensómetro de varios hilos consiste en un agujero largo, vertical de 7 m, generalmente de 35 mm de diámetro, perforado en el centro del techo que se quiere controlar, que contiene cuatro alambres separados, cada uno anclado a una altura diferente. Los cables se terminan justo debajo de la parte inferior del agujero. El sistema se puede leer manualmente mediante la medición de la distancia desde un punto de referencia de cada cable a la boca del agujero. Alternativamente, puede emplearse un sistema de monitoreo remoto con transductores y transmisión de datos.

Principio de funcionamiento

En la figura 4 se muestra un diagrama del sistema. Los cables están anclados a diferentes alturas en la perforación mediante dos resortes simples terminales. Estos son baratos, efectivos y de fácil instalación. Las alturas recomendadas de anclaje de los resortes son los siguientes:

- **Mínimo 7 m:** Cuanto más alto esté anclado el resorte superior es más probable de estar anclado en un estrato estable. Como constituye el ancla de la referencia contra el cual se compara el movimiento de todos los demás es muy aconsejable buscar la mayor altura.
- **Longitud de los pernos + 0,3 m:** Este anclaje mide la expansión del techo justo encima de la altura de los anclajes.
- **Longitud de los pernos - 0,3 m:** Este anclaje se coloca en el límite entre la altura de los pernos y el techo por encima de la altura atornillada. Se coloca debajo de la parte superior de los pernos ya que es posible que el extremo superior de los pernos se retire de los estratos inmediatamente superiores si una dilatación o expansión del techo se produce dentro de los 0,3 m superiores de los pernos.
- **0,5 m:** Este anclaje se coloca entre el techo inmediato o inferior, que puede ser propenso a deteriorarse por descamación, y corte longitudinal, y el resto de la altura de los pernos que corresponde a la zona que quiere estabilizarse con los pernos.

- Anclajes adicionales pueden colocarse en otras alturas, si es necesario. Esto sería adecuado si, por ejemplo, hubo un cambio brusco del tipo de roca dentro de la longitud del agujero. No se recomienda el uso de más de seis anclajes ya que hay peligro de que se enreden los cables.

- La posición del anclaje de cada cable debe registrarse con precisión.

Los cables se llevan a través de un punto de referencia adecuado en la boca del agujero y se terminaron unos 250 mm por debajo de la referencia con un conector eléctrico. Los cables tienen que ser etiquetados con una marca única. Habitualmente se usan los collares numerados para este propósito.

Método de lectura

Asigne la responsabilidad de la lectura del extensómetro de alambre a una persona competente, ya que requiere de cuidado, precisión y coherencia. Esa persona también tiene que hacerse responsable de registrar las lecturas, analizar de los datos y proporcionar los resultados al gerente de la mina, o a un representante.

Debe llevarse un registro claro de la posición de cada alambre y el número correspondiente.

Para leer un extensómetro se debe colgar un peso (como una lámpara de seguridad) de cada cable por turnos y medir la distancia entre el punto de referencia y el extremo superior del conector eléctrico. Una cinta de acero, o regla, es adecuada para la toma de las lecturas que deben registrarse en milímetros. Asegúrese de que cada medición se haga por la misma persona y con la misma cinta para reducir errores. Anote la fecha y la distancia para cada conjunto de lecturas

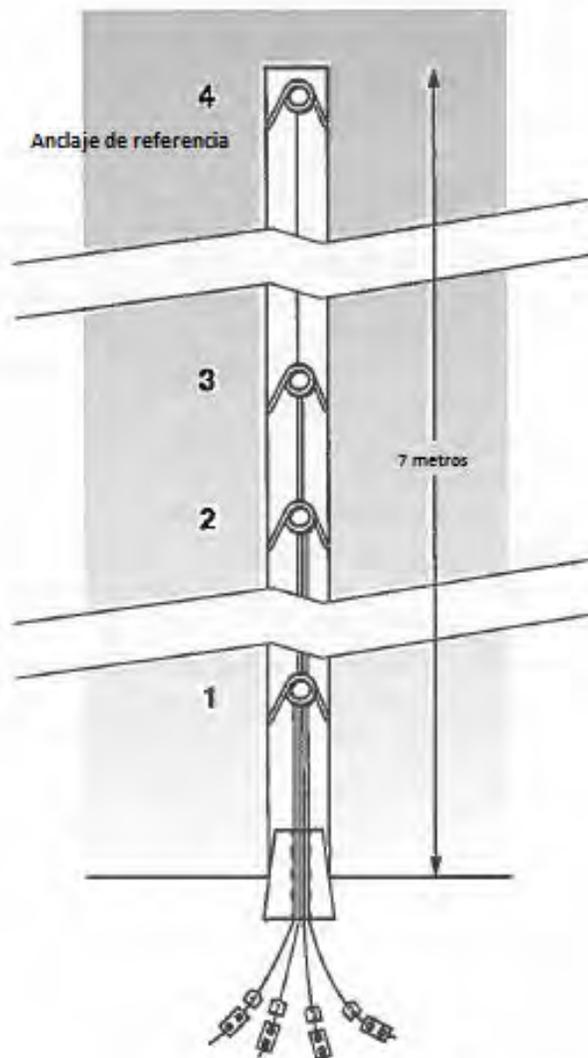
Resultados

Los resultados se pueden graficar a mano. Sin embargo, paquetes de software adecuados están disponibles que puede utilizarse para analizar y presentar los datos en una variedad de maneras, incluyendo:

- movimiento total de techo en las posiciones de anclaje en diferentes momentos;
- la tensión entre anclajes en diferentes momentos;

- total movimiento en las posiciones de anclaje individual y sus variaciones con el tiempo

Figura 4 Extensómetro de varios hilos



Fuente: Mines Rescue Service



3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.



3.3

Causadas por inundaciones.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>		<u>Página</u>
3.3	Irrupción de agua 269	Lista de Figuras	
	Diagrama de Flujo de Salvamento Minero 270	3.3 – 1 Frente inundado Mina La Cancha 283	
	Revisión Posterior al Incidente..... 274	3.3 – 2 Acceso típico a una explotación de cúbcos 284	
	Evaluación de Incidentes 275	3.3 – 3 Vía principal de Lofthouse Colliery después de la inundación 287	
	Entendimiento Inicial para la Respuesta a una Inundación 276	3.3 – 4 Vía de Gleision Mine después de la irrupción y drenaje 288	
3.3.1	Riesgo de inundación 277	3.3 – 5 Frente donde se originó la irrupción en Gleision Mine 288	
	3.3.1.1 Definiciones 277	3.3 – 6 Vía inundada Mina La Rampla Rio Sucio 290	
	3.3.1.2 Tipos de agua que amenazan las minas 278	3.3 – 7 Mina Santa Cruz Barranca de Loba inundada .. 290	
	3.3.1.3 Irrupción de agua 279	3.2. – 8 Mineros de Lofthouse Colliery durante la emergencia 290	
	3.3.1.4 Fuentes y causas de los riesgos de inundación 281		
	3.3.1.5 Zonas de riesgo de inundación 284		
	3.3.1.6 Características de los riesgos de inundación 285	Lista de Tablas	
	3.3.1.7 Resultados de una irrupción de agua de las minas 286	3.3 – 1 Entendimiento Inicial para la respuesta a una Inundación 276	
	3.3.1.8 Zonas de riesgo que pueden resultar de las inundaciones de las minas 288		
	3.3.1.9 Acciones preventivas en contra de los riesgos de inundación 289		
3.3.2	Acciones para controlar el riesgo de irrupción 291		
	3.3.2.1 Principios para el control del riesgo de inundación 292		
	3.3.2.2 Acciones de rescate o métodos para controlar el riesgo de inundación 294		
	3.3.2.3 Supresión de los resultados de irrupciones de agua en las minas y los métodos de localización y rescate de víctimas en inundaciones 297		
3.3.3	Implementación de acciones o métodos de seguridad para controlar el riesgo de inundación en respuestas a emergencia mineras 301		
3.3.4	Equipos utilizados en las acciones de rescate en situaciones de emergencia mineras causadas por inundaciones 302		
3.3.5	Referencias 305		

ANEXO 1
Evaluación del Riesgo de Inundación y Matriz de
Responsabilidades 306

3.3 Inundaciones

La tercera sección del Capítulo 3 define los conocimientos necesarios y los métodos empleados para la prevención de inundaciones y la gestión de la respuesta después de una irrupción de agua en la mina.

Una inundación o una irrupción subterránea tienen el potencial de generar múltiples víctimas mortales, ya que los mineros pueden quedar atrapados o ahogarse. Además, existe un riesgo de muerte debido a la falta de oxígeno en caso de que el rescate se vea retrasado. Es importante que los operadores de la mina detecten cuerpos de agua con anticipación a las actividades de minería o posibles estratos débiles entre la mina y un río, lago o labores mineras antiguas inundadas y de esa forma puedan tomar las precauciones necesarias o evacuar.

Para cuando el personal de la Agencia Nacional de Minería llegue a la mina con los equipos de salvamento, los mineros ya habrán estado atrapados por algún tiempo. Encontrar y controlar la fuente de agua o bombear el agua fuera de la mina requiere de tiempo, equipamiento y organización.

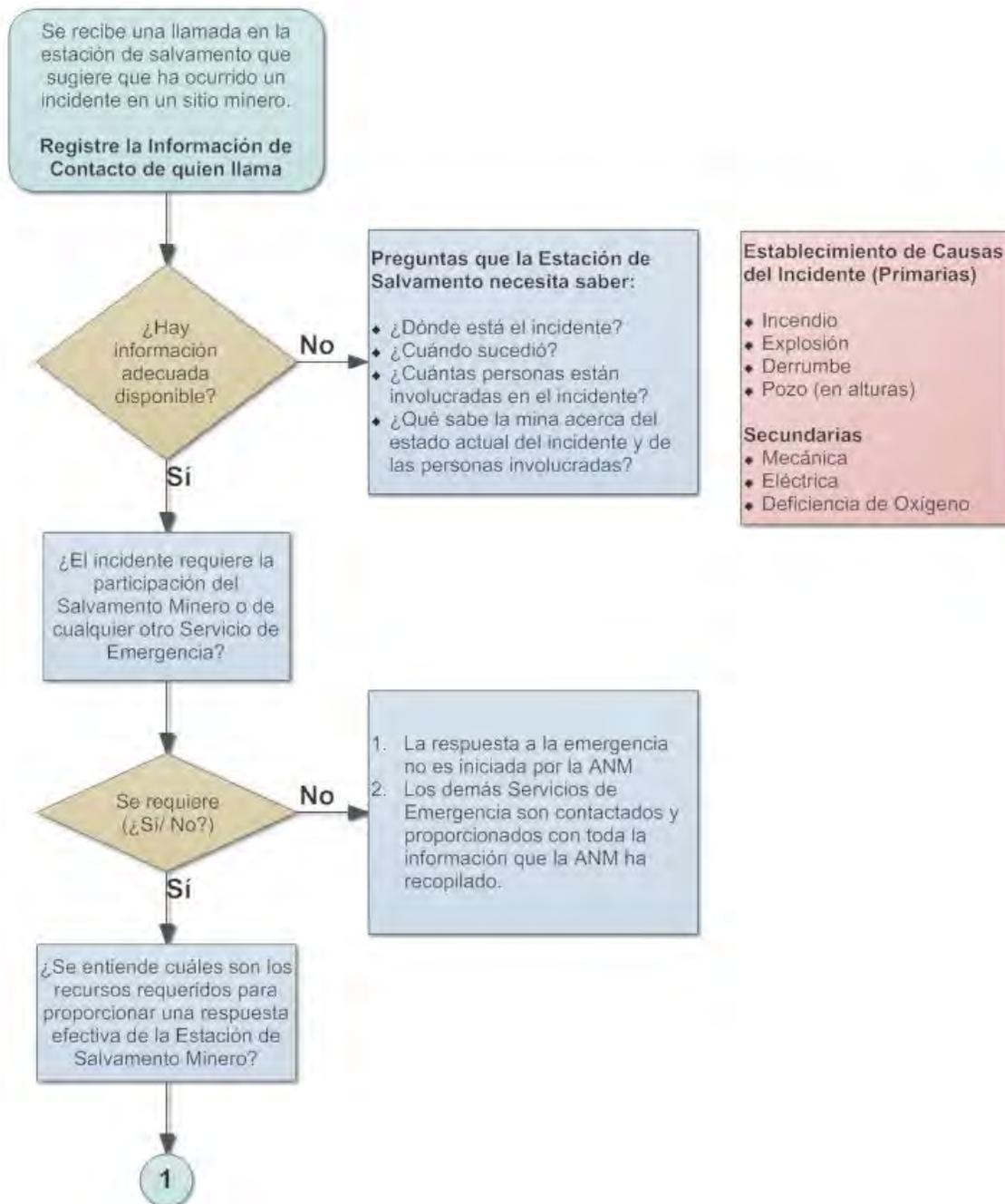
Diagrama de Flujo de Salvamento Minero

Esta sección proporciona un diagrama de flujo que fue diseñado para ayudar en la toma de decisiones en fases críticas del salvamento, a saber:

1. En el momento en que se recibe la llamada inicial, y;
2. Antes del despliegue

El diagrama de flujo también plantea una ruta para ofrecer informes efectivos después del despliegue de una cuadrilla de salvamento minero, con el fin de garantizar que:

1. Se identifique y se maneje de forma efectiva cualquier problema que potencialmente pueda afectar la capacidad de un socorredor minero para actuar adecuadamente (por ejemplo, el Estrés Postraumático).
2. Se identifique cualquier problema que haya afectado la efectividad y la eficiencia del esfuerzo de salvamento minero y, según corresponda, se revise la eventual necesidad de introducir ajustes a las directrices, normas y planes de lecciones previstos para el entrenamiento. (Diagrama de Flujo de Acciones de Salvamento, elaboración propia)



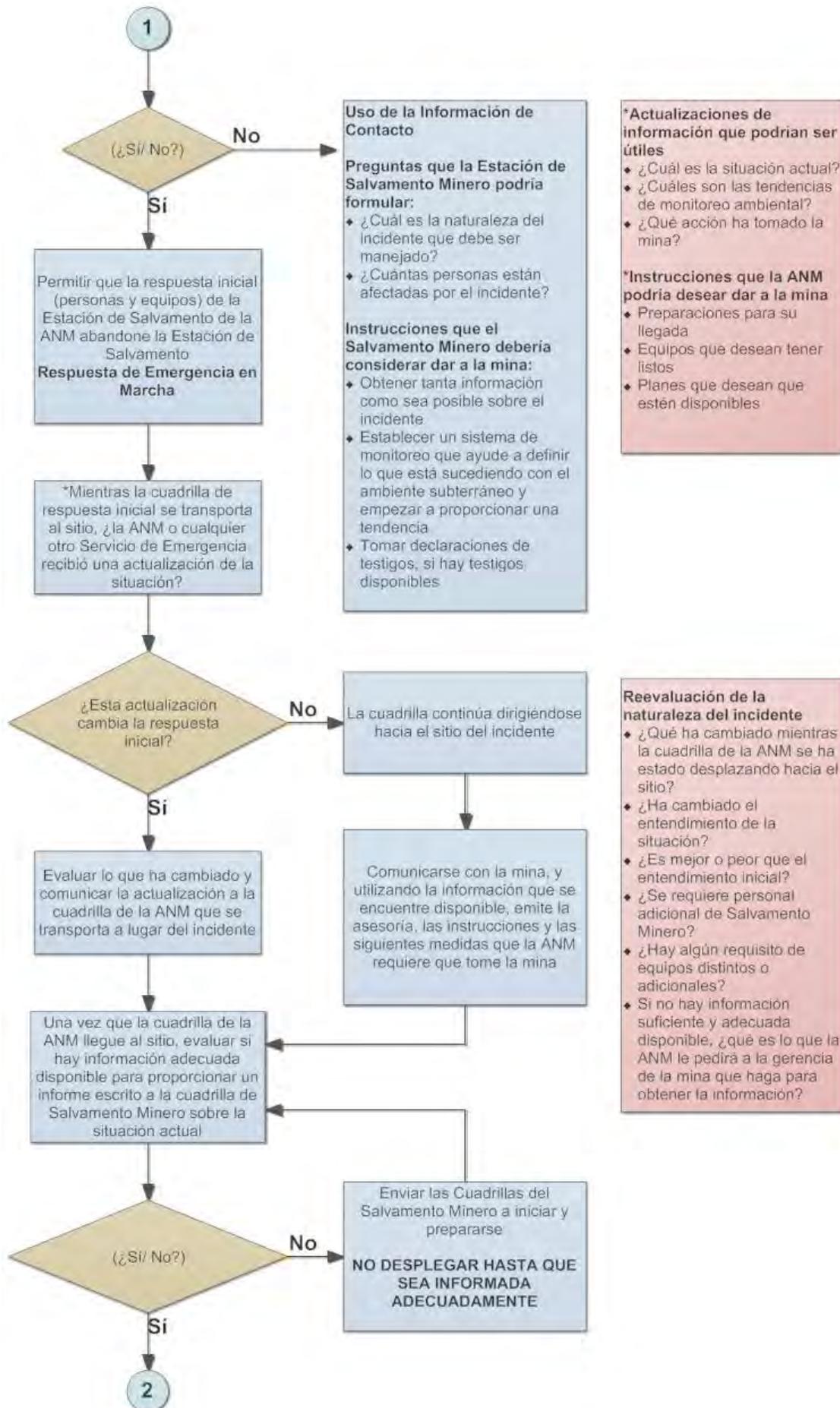
Establecimiento de Causas del Incidente (Primarias)

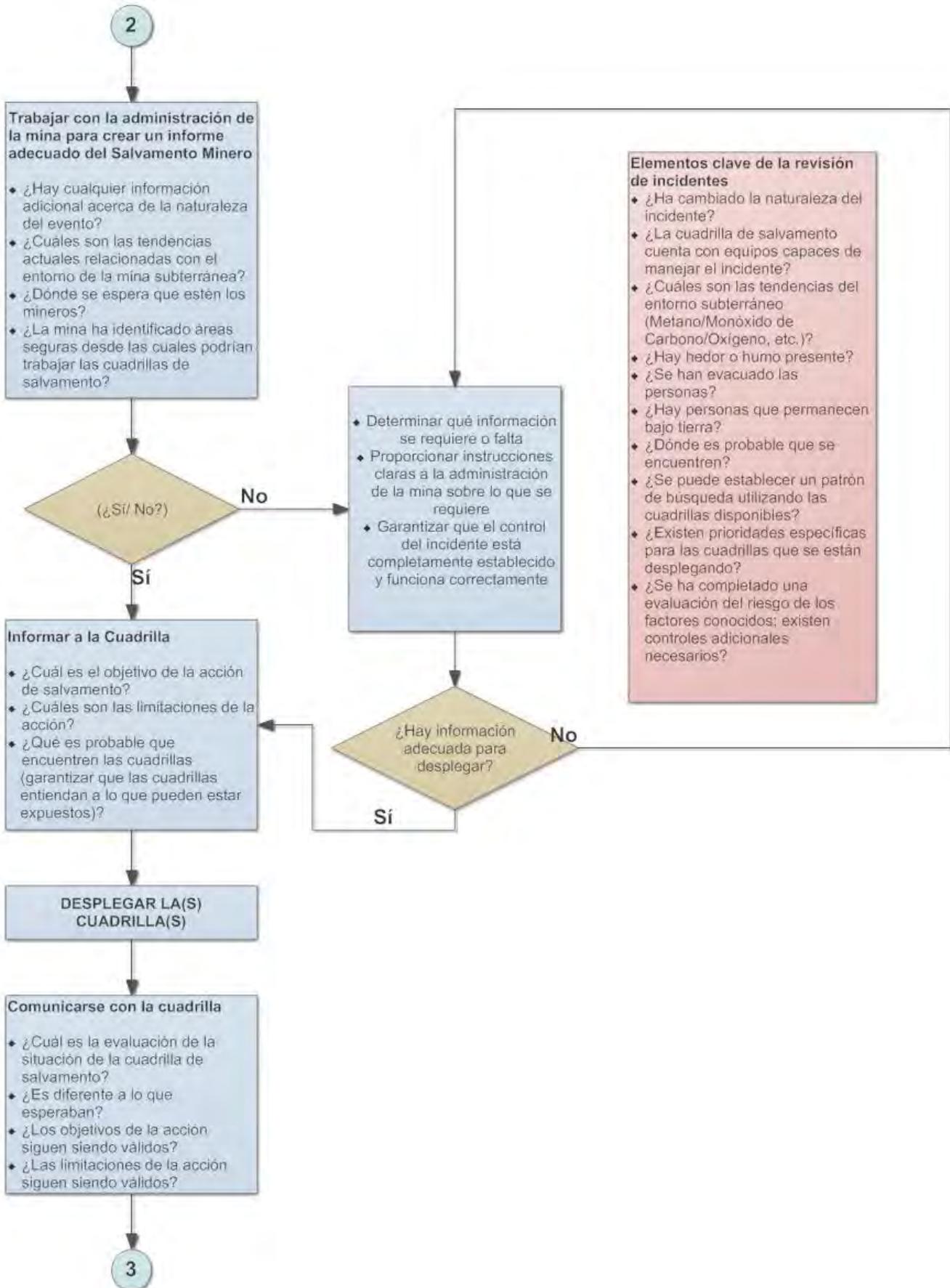
- Incendio
- Explosión
- Derrumbe
- Pozo (en alturas)

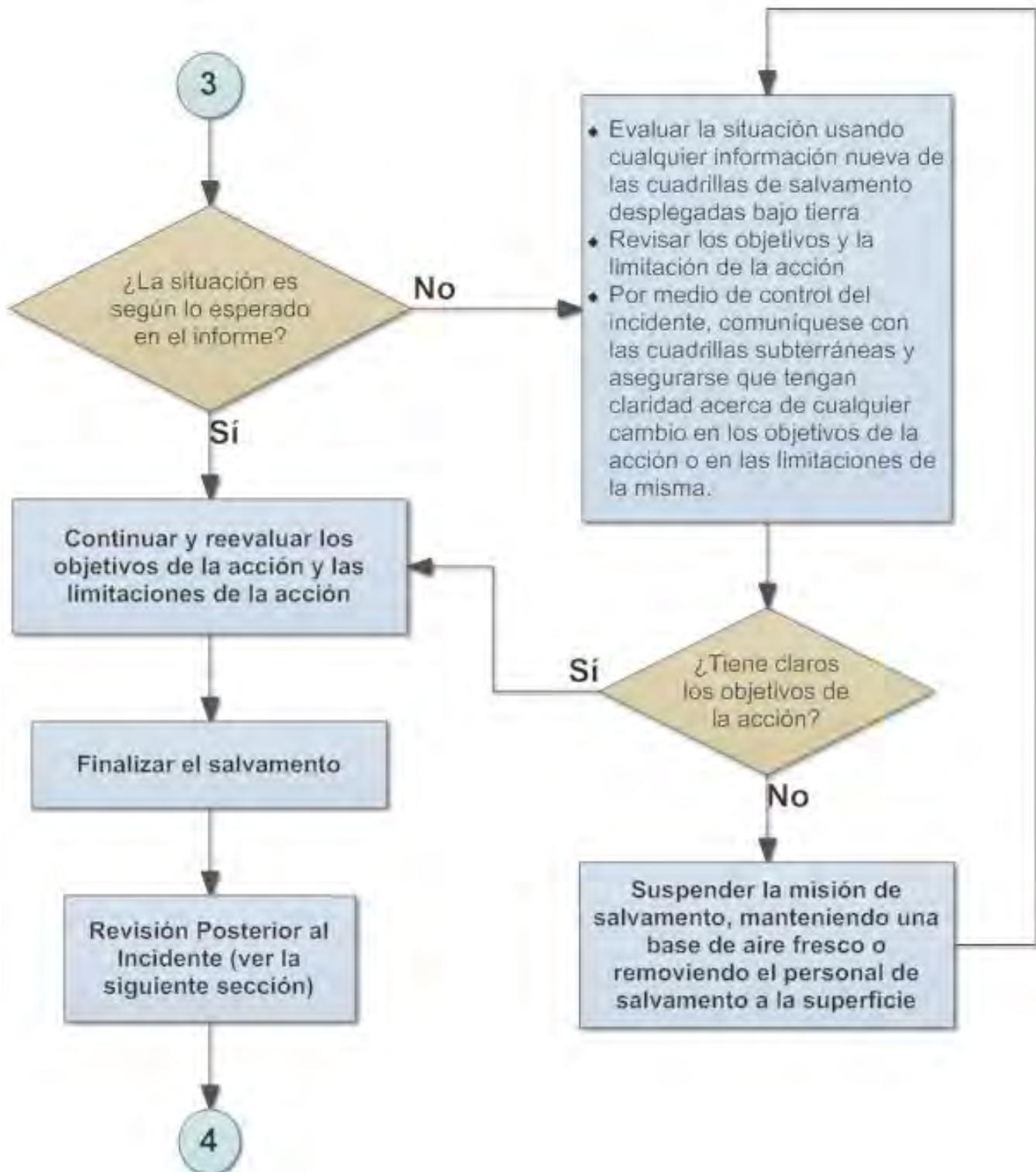
Secundarias

- Mecánica
- Eléctrica
- Deficiencia de Oxígeno









Revisión Posterior a un Incidente

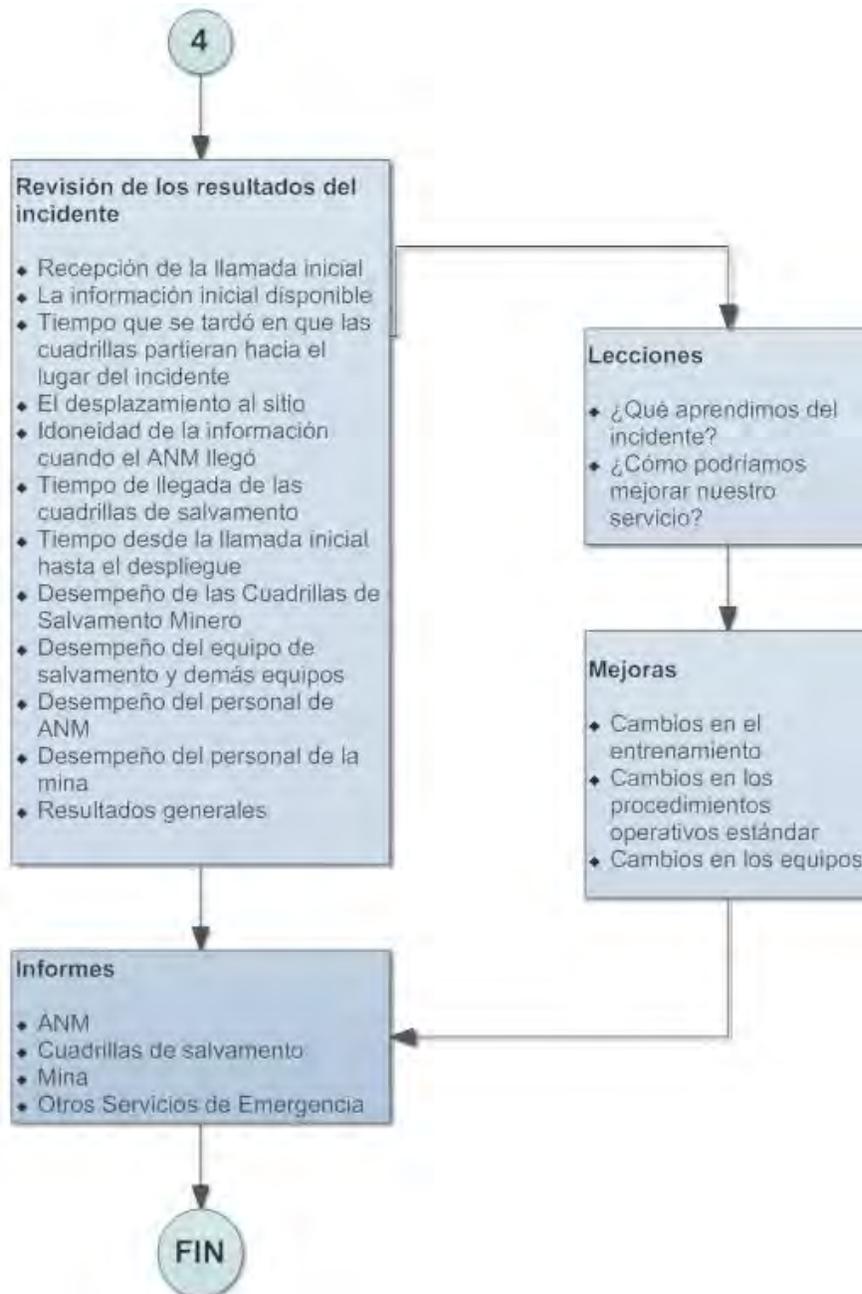
Una vez se haya completado el salvamento o incidente, se deberá realizar una revisión de las acciones ejecutadas y los resultados obtenidos tan pronto como sea posible. La revisión posterior al incidente se realizará con los objetivos clave de:

1. Tratar de establecer el motivo por el cual ocurrió el incidente (esto no hace parte de la mejora en la respuesta de salvamento, pero es importante para que la administración local de la mina y los operadores de la mina puedan tomar mayores medidas preventivas en el sector)

[si se hace alguna referencia a la investigación de incidentes, se puede hacer aquí]

2. Establecer la efectividad de la respuesta de salvamento

3. Documentar cualquier resultado clave del salvamento de manera que los lineamientos, estándares y entrenamiento se puedan mejorar continuamente



Evaluación de Incidentes

La naturaleza de una situación de emergencia puede significar que cada una es levemente diferente, y por lo tanto es casi imposible desarrollar un enfoque estándar para manejar una emergencia. Sin embargo, es posible desarrollar un enfoque común para el desarrollo de la comprensión inicial y la reacción inicial frente a la mayoría de los principales peligros mineros.

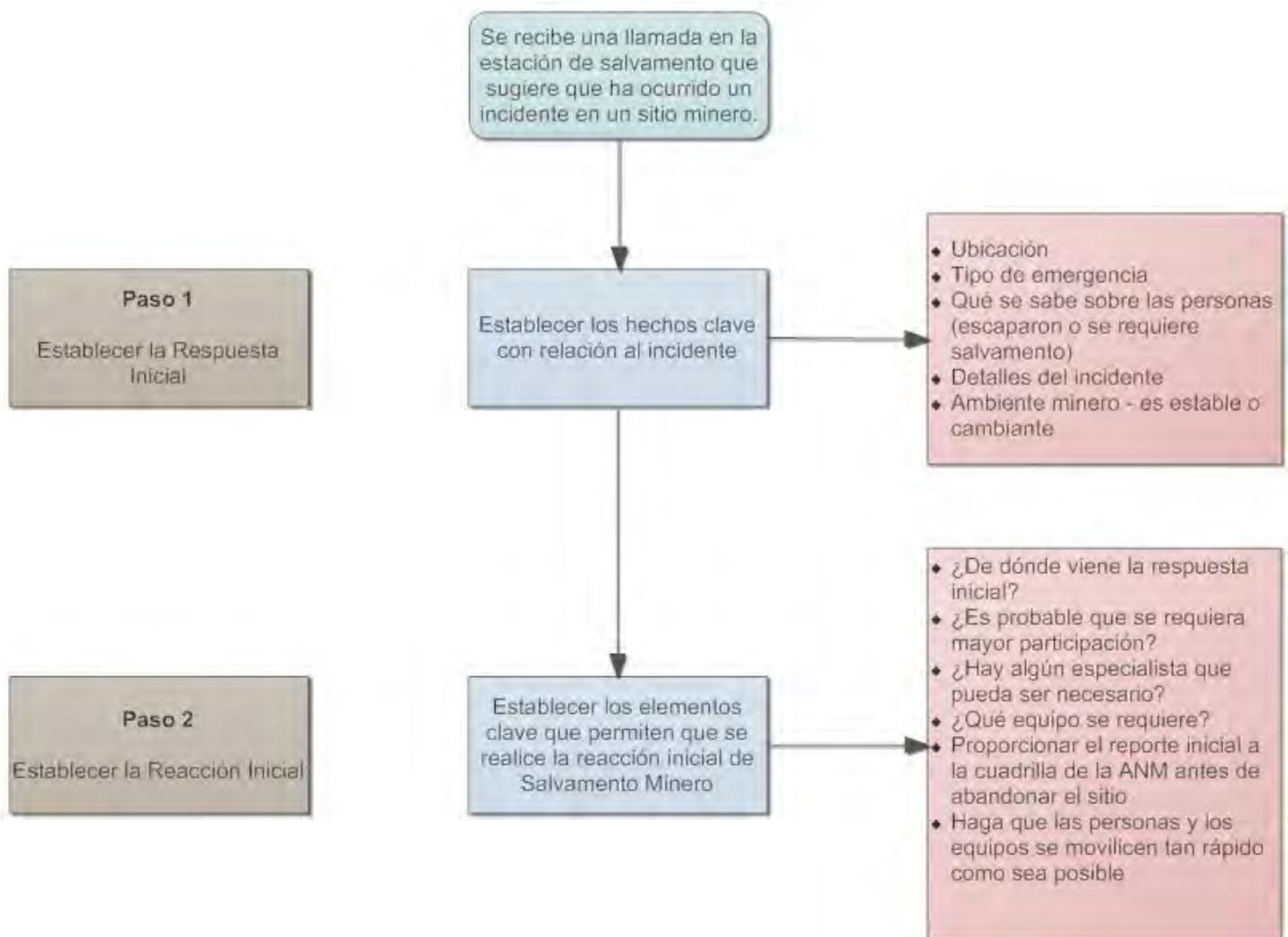
Esta sección considera que los principales peligros mineros son:

- Incendios subterráneos
- Explosiones subterráneas
- Control de suelo/deslizamiento
- Derrumbes
- Caídas de altura

Esta sección no tiene en cuenta los elementos que contribuyen a las principales amenazas mineras (especialmente incendios y explosiones subterráneas). Las áreas, por lo tanto, no cubiertas incluyen:

- Problemas mecánicos
- Problemas eléctricos

(Diagrama de Flujo de Evaluación de Incidentes, elaboración propia)



Entendimiento Inicial para la respuesta a una Inundación

Tabla 3.3 – 1 Tabla que muestra en mayor detalle el entendimiento inicial/respuesta inicial a una Inundación

Desarrollo del Entendimiento Inicial		
Ubicación	Personas	Evento
<p>La Estación de Salvamento Minero recibe una llamada que sugiere que ha habido una inundación de agua u otro material que es probable que fluya cuando haya humeado en una mina</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿En dónde está la mina? • ¿Hay algún problema para entrar a la mina? • ¿En qué parte está el incidente subterráneo? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Los mineros han podido escapar por sí mismos? • ¿Hay alguna posibilidad de que los mineros puedan escapar por sí mismos? • ¿La mina ha podido dar cuenta de todos los mineros? • En los casos en que no se ha podido dar cuenta de todos los mineros, ¿sabemos quiénes son y en dónde habían sido enviados a trabajar (o su última ubicación conocida)? • ¿Hay personas atrapadas hacia el interior de la mina, al otro lado de la inundación? • ¿Ha habido algún reporte subterráneo sobre la naturaleza y tamaño de la inundación? • ¿La gerencia de la mina ha podido interrogar a algunas de las personas que lograron escapar? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuándo ocurrió el evento? • ¿Cuánto porcentaje de la mina ha sido afectado por la inundación? • ¿Ha restringido la ventilación de la mina? • ¿Ha impactado o restringido el sistema de transporte de la mina (los materiales pueden ser llevados al sitio de forma rápida y fácil)? • ¿Se comprende el tamaño del evento? • ¿Hay alguna información que sugiera que la mina estaba trabajando en dirección hacia un cuerpo de agua conocido? • ¿Hay algún desencadenante conocido para el evento (hombres trabajando en el área, uso de explosivos, etc.)? • ¿Es probable que impacte a alguna otra mina con la que comparta un circuito de ventilación? • ¿La mina ha sido informada sobre el evento?
Desarrollo de la Reacción Inicial		
Personas	Equipos	Informe
<ul style="list-style-type: none"> • ¿A qué estaciones de la ANM se les ha pedido que respondan? • ¿A qué personas de la ANM se les ha solicitado que respondan? • ¿La evaluación inicial indica que puede haber necesidad de contar con personas adicionales? ¿Es probable que se extienda durante un periodo considerable? • ¿Qué tipo de salvamento minero tiene disponible la mina para el despliegue? • ¿Es probable que se pueda requerir mano de obra adicional de las minas vecinas? • ¿Se requiere de algún especialista? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tipo de equipo es más probable que se necesite? • ¿Hay equipo adecuado disponible con base en el entendimiento inicial del evento? • ¿Hay necesidad de hacer acuerdos alternativos para otros equipos? • ¿Hay necesidad de algún equipo especializado? • ¿Dónde se pueden obtener bombas adecuadas? • ¿Se requieren tuberías? • ¿Se requieren cables para alimentar las bombas? 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe a la cuadrilla de la ANM sobre lo que probablemente va a enfrentar cuando lleguen al sitio • Asegúrese que cualquier otro Servicio de Emergencia que pueda ser requerido, esté informado al respecto • Solicite asistencia de otros sitios o de otros Servicios de Emergencia si se cree que pueden ser útiles o necesarios • Despliegue las cuadrillas de la ANM al sitio de la mina tan rápido como sea posible • Asegure que cualquier equipo adicional suministrado por otra fuente sea conducido al lugar del incidente

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

3.3.1 Riesgo de inundación

Cuando se realiza cualquier excavación minera existe el peligro de que ingrese agua a la misma. Las formas tempranas de minería se realizaban principalmente en el afloramiento de carbón o cerca de la superficie en el caso de otros minerales. El acceso se lograba generalmente por medio de socavones inclinados y túneles de poca profundidad. A medida que estas excavaciones alcanzaban el límite de su capacidad de ventilación o de bombeo, eran abandonadas llenándose de agua, constituyendo de este modo un peligro en el futuro.

La presencia de agua en cantidades muy variables, ya sea en la superficie en forma de lluvia, ríos o lagos, o contenida en los estratos y en zonas ya explotadas de las minas, siempre ha exigido que se tomen precauciones frente a posibles inundaciones repentinas en explotaciones existentes.

Las irrupciones de agua en las minas, a veces en grandes cantidades, han tenido como consecuencia la pérdida de numerosas vidas humanas en todo el mundo. Por desgracia, todavía se producen incidentes de este tipo, dando lugar a circunstancias que hacen que el trabajo de salvamento se torne extremadamente peligroso y difícil.

3.3.1.1 Definiciones

Minas/explotaciones abandonadas

Una mina en la cual ya no se realizan trabajos (y con respecto a la cuales se ha entregado un aviso de abandono a la Agencia Nacional de Minería).

Planos de trabajo

1) Planos de todas las explotaciones en una mina donde se extraiga cualquier mineral, y de los límites de la mina, y de cualesquiera otras explotaciones vecinas

que puedan afectar la seguridad de la mina.

2) Secciones precisas de mantos donde se realizan trabajos actualmente y de los estratos circundantes

Planos que muestren el sistema de ventilación de la mina, de la dirección general del flujo de aire, de los puntos donde se toman mediciones, de los ventiladores y de la ubicación de los dispositivos principales para regular el flujo.

Un plan escrito y detallado de la explotación, que incluye detalles tales como aquellos previstos para una apertura de frente de excavación que se dirige hacia un peligro potencial, por ejemplo, zonas ya explotadas de la mina.

De la zona donde se encuentra localizada la mina, que muestre los límites de los trabajos mineros y de los diferentes depósitos de minerales o rocas que representados en 3 dimensiones en un mapa plano.

Un flujo súbito e inesperado hacia la mina que puede exponer a las personas a peligros.

La(s) persona(s) que está(n) a cargo de la operación de la mina.

Planos de ventilación

Esquema de trabajo

Mapa geológico

Irrupción

Operador de la mina

Explotaciones en desuso	Parte de una mina donde ya no se realizan trabajos pero que todavía puede ser accesible. Pueden también corresponder a explotaciones abandonadas o acordonadas en la mina, o de otra mina, o desde la superficie, por ejemplo, a través de un pozo.	Plan de Escape y Rescate	Plan escrito que establece las medidas que deben tomarse para efectuar de manera segura y oportuna, la evacuación y rescate de personas hacia un lugar seguro, en caso de una emergencia.
Área de peligro	Cualquier parte subterránea de la mina donde no sea seguro trabajar o transitar en un momento dado.	Emergencia minera	Una situación que requiere la evacuación y rescate de personas de la mina.
Área potencialmente peligrosa	Cualquiera de los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Explotaciones en desuso • Roca o estratos que contengan o que sea probable que contengan agua. • Turba, carbón fracturado, musgo, grava, limo u otro material que fluya o que sea probable que fluya cuando se encuentra mojado. • Una masa de agua superficial 	Auto-rescatador	Aparato o equipo personal, de protección respiratoria, diseñado para escapar de atmósferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno.
Masa de agua superficial	El mar, un lago, río o cualquier otra masa de agua superficial que se haya acumulado de manera natural o artificial.		
Explosión de gas	Liberación repentina de gas con o sin proyección de minerales o rocas.		
Cruzada	Un socavón uniendo o conectando vías de manera transversal.		

3.3.1.2 Tipos de agua que amenazan las minas

Las aguas de las minas por general se originan a partir de la lluvia en la superficie. Esta ingresa a las excavaciones de las minas por medio de:

- Percolación vertical a través de los estratos.
- Percolación lateral a través de los estratos, en ocasiones a largas distancias, antes de entrar a las obras de la mina.
- “Fugas” de minas vecinas que se encuentren ya sea en operación o abandonadas.

Las fallas geológicas también pueden convertirse en un conducto de agua ya que cruzan de forma vertical todos los estratos en una zona determinada y permiten que el agua transite de los estratos que contienen el agua, hacia el plano de falla y termine en las explotaciones mineras abiertas. A medida que los trabajos en la mina se desarrollan a mayor profundidad y se expanden lateralmente, se tornan más evidentes los problemas creados por las aguas ya que afectan las operaciones y constituyen un

peligro potencial cuando se presentan como un flujo o una “irrupción” repentina. Frente a este tipo de riesgo, el objetivo en una mina consiste en minimizar la amenaza de irrupción, sin importar el costo financiero, y eliminar el agua tan rápido y fácilmente como sea posible.

Desde los primeros días de la minería, la evacuación de las aguas subterráneas ha sido realizada por medio de:

- Descargas del agua en zonas ya explotadas de la mina u otras minas abandonadas vecinas.
- Bombeo del agua a la superficie y descargas en el arroyo o río más cercano (después del tratamiento correspondiente del agua para cumplir con las necesidades locales de calidad).

Cuando se cierra alguna mina, las minas cercanas se enfrentan a la posibilidad de que el agua represada procedente de las explotaciones abandonadas de la mina cerrada, migre hacia sus unidades operativas. Los mapas de las minas no representan con precisión la extensión de los trabajos realizados. Por otra parte, la presencia de minas ilegales hace que las operaciones legales e ilegales en la misma zona sean aún más peligrosas.

Por lo tanto, los operadores de la mina deben:

- Asumir que una irrupción es posible a menos que haya evidencia de lo contrario, por ejemplo, pruebas de que ya no existe ningún peligro de irrupción o de que el operador de la mina ha tomado medidas para eliminar el riesgo, probablemente mediante el suficiente desagüe vertical o lateral de explotaciones mineras inundadas, hacia donde se efectúan las actividades de minería. Las explotaciones mineras antiguas incluyen tanto pozos como perforaciones. Incluso los pozos de petróleo y gas pueden crear un conducto para que el agua ingrese a la mina.

- Tener en cuenta el riesgo de una irrupción repentina de agua superficial debido a fuertes lluvias.
- Investigar cualquier señal de posible irrupción en sus explotaciones que no haya sido reconocida previamente como una zona particularmente peligrosa.
- Considerar la realización de trabajos bajo masas de agua superficial, incluyendo acuíferos, estanques, lagos, lagunas, embalses, ríos, estuarios y el mar. Debe mantenerse un espesor adecuado de estratos impermeables entre la parte superior de los trabajos en la mina y la base de la masa de agua para asegurar que no se forme una conexión por la tensión inducida en la base de la masa de agua. Es esencial que el espesor total de los estratos involucrados sea determinado con el fin de que las personas se sientan seguras trabajando en el área.
- Considerar también cualquier cuerpo superficial de turba, musgo, arena, grava, limo, sedimentos o cualquier otro material que pueda fluir cuando está mojado.

3.3.1.3 Irrupción de agua

La naturaleza propia de la minería en cualquier formato es crear agujeros en la superficie o aberturas bajo tierra, que el agua intentará llenar. Durante el funcionamiento normal de la mina, el operador tendrá que mantener algún sistema de bombeo o de flujo por gravedad, que le permita controlar el nivel del agua de manera que no interfiera con las operaciones de la mina. Una vez que cesen las operaciones mineras, las medidas de control de agua también cesarán y permitirán que el agua encuentre su nivel natural. También crea un peligro potencial para cualquier operación minera futura y puede convertirse en un pasivo ambiental que requiere de tratamiento.

Por lo tanto, el operador de la mina debe evitar, en la medida en que le sea posible, el ingreso de agua en la mina. Se deben realizar trabajos preparatorios para prevenir o reducir al mínimo la cantidad de agua que

puede entrar en la mina idealmente antes de iniciar los trabajos. En la historia de la minería, por desgracia, existen muchos ejemplos de casos en los que se han presentado niveles de agua mucho más altos de lo previsto originalmente. Si bien es posible instalar sistemas de bombeo modernos para hacer frente a volúmenes crecientes de agua, con el tiempo puede resultar inevitable que haya un deterioro de las condiciones de trabajo por un aumento repentino y quizás violento en la cantidad de agua que entra en la mina, y por lo tanto la mina eventualmente deba ser cerrada. Desafortunadamente, este último caso ocurre y se produce con la consiguiente pérdida de vidas.

En muchos casos donde se ha producido una irrupción de agua, las investigaciones posteriores han demostrado que podía haberse prevenido, ya sea a través de una investigación más profunda con respecto a la información geológica y minera, o por medio de una mejor selección del diseño y del método de explotación de la mina.

Hay muchas medidas que el operador de la mina puede tomar antes de empezar la explotación minera y que le ayudarán en cualquier intento de reducir la entrada de agua, y en particular una irrupción de agua. El operador de la mina también deberá asumir la responsabilidad de estas medidas. En primer lugar, el operador de la mina:

- Debe asegurarse de contar en todo momento con toda la información relativa a cualquier forma de excavación, tanto en la superficie (por ejemplo, en canteras o depósitos de materiales o sustancias que podrían fluir si se mojan, pozos) y debajo de la superficie (explotaciones en desuso de la mina, estratos que probablemente contienen agua) e investigar dicha información.
- Cuando se pretende trabajar en las proximidades de una masa de agua en la superficie (lago, arroyo, río, laguna), debe determinar el espesor y el tipo de estratos que se extienden entre la explotación minera y el agua superficial. Se deben evitar o reforzar los estratos naturalmente débiles

o estratos que se debilitan por acción del agua, explosiones o debido al estrés de la minería.

- Debe asegurar que su Topógrafo cuente con toda la información, los planos y las secciones geológicas de estratos, que le permitan analizar e identificar las zonas potencialmente peligrosas en las inmediaciones de las explotaciones propuestas en la mina.

En la recopilación de la información, el operador de la mina debe específicamente:

- a) Llevar a cabo un examen exhaustivo de todos los planes de abandono disponibles y la documentación asociada con estos. Esto no debe limitarse a las explotaciones anteriores en las inmediaciones de la mina; debe extenderse tanto como sea necesario (las explotaciones actuales pueden verse afectadas por explotaciones antiguas a muchos kilómetros de distancia). Según sea el caso, deben establecerse los flujos de gas y agua y los parámetros críticos, como por ejemplo los niveles y operaciones de bombeo.
- b) Establecer el tipo, espesor y propiedades (por ejemplo, fallas, juntas, cavidades y estratificaciones) de los estratos cuando las explotaciones estén o estarán en las proximidades de aguas superficiales, incluyendo la resistencia y la permeabilidad probable entre la explotación y el agua y la posición de cualquier afloramiento interno o acuífero.
- c) Establecer vínculos con otras organizaciones, por ejemplo, la Agencia Nacional de Minería, las autoridades locales de planeación, el Servicio Geológico de Colombia, para identificar otras explotaciones superficiales o pozos dentro o cerca de los límites de la mina. Las perforaciones pueden haber sido realizadas por un número de razones no relacionadas con las minas, pero su ubicación debe ser reconocida, se deben sellar si no van a ser utilizadas y el agua debe ser registrada durante la perforación o la operación.

- d) Registrar la información geográfica de los ríos, quebradas, lagos y lagunas, y otros cuerpos de agua que se localicen dentro del título minero.

Esta lista no es exhaustiva. Si la información anterior va a ser revisada y utilizada como referencia por un experto adecuado en nombre del operador de la mina, el experto debe poseer un título profesional en topografía minera y, en su caso, en geología.

Cuando toda la información se encuentra completa, los operadores mineros deben asegurarse de que se correlacione con el plan de trabajo existente o propuesto para la mina. Luego debe asegurarse de que su equipo de administradores e ingenieros revise la información y acuerden un plan de trabajo adecuado. Todos los acuerdos deben ser registrados, junto con cualquier cambio convenido.

Luego el operador de la mina debe considerar si es posible que se produzca una irrupción cuando no se han adoptado medidas de precaución. Hay dos opciones posibles:

- a) Concluir que no se producirá ninguna irrupción incluso si no se toman medidas de precaución. Si posteriormente se presenta una ocurrencia en esta explotación que sugiera que podría producirse una irrupción, se aplicarán los procedimientos requeridos en el literal (b).
- b) Concluir que se puede producir una irrupción si no se toman medidas de precaución, en cuyo caso debe establecer el **Esquema de Trabajo** donde se especifican los procedimientos que deben seguirse para garantizar que no se produzca ninguna irrupción.

El administrador puede concluir que no se requieren medidas de precaución para evitar una irrupción en una zona potencialmente peligrosa. Es normal trabajar a una distancia de 37 m de otras explotaciones en la misma veta de carbón que estén en desuso (zonas selladas o aisladas) o dentro de 37m de otra veta. Cuando dichas explotaciones

mineras en desuso son recientes y su historia es bien conocida y se mantiene un acceso suficiente para confirmar que no existe ningún peligro, entonces la opinión de que no se producirá ninguna irrupción puede estar justificada. Por otro lado, si hay incertidumbre acerca de la ubicación de las zonas inundadas de minas abandonadas cercanas, puede ser necesario realizar una perforación para establecer la posición y la presión del agua en tales explotaciones antiguas. El aviso dado por el administrador puede abarcar un área grande, siempre que explique las razones de esta opinión y que estas razones sean amplias y aceptables.

Si este es el caso, sin embargo, aun para explotaciones en desuso recientes, incluso explotaciones en desuso de la propia mina, donde la prevención de la irrupción depende del mantenimiento de sistemas de bombeo o drenaje de gas y agua, entonces debe elaborarse un esquema de trabajo que incluya información sobre estas medidas de precaución y prevención.

Otro ejemplo de un caso donde un administrador puede decidir que un esquema de trabajo no resulta necesario es en el caso de explotaciones cercanas a una perforación donde existe: -

- a) Un registro exacto de la ubicación de la parte superior e inferior de la perforación, incluyendo cualquier desviación.
- b) Documentación que certifique que el pozo ha sido sellado con un tipo y una cantidad apropiada de cemento.

Estos trabajos preparatorios y de investigación deben ayudar a la identificación de riesgos de irrupciones. También permiten evaluar el grado de riesgo y las medidas que deben tomarse para protegerse en contra del mismo.

3.3.1.4 Fuentes y causas de los riesgos de inundación

La legislación moderna sobre salud y seguridad en relación con las operaciones mineras establece que



3.3 Causadas por Inundaciones

el operador de la mina es responsable de tomar medidas preventivas para evitar irrupciones de gas, agua o cualquier tipo de material que fluya o que sea probable que fluya cuando está mojado. Las zonas más peligrosas que tienen una mayor probabilidad de generar un riesgo de irrupción para la mina son las siguientes:

- Explotaciones mineras en desuso de cualquier tipo, incluyendo perforaciones y mamparos construidos para contener el agua.
- Estratos o fallas que contengan o que puedan contener agua.
- Turba, musgo, arena, grava, limo, sedimentos o cualquier otro material que pueda fluir cuando está mojado
- Una masa de agua superficial, incluyendo el mar, lagos, estanques, ríos y lagunas.
- El operador de la mina (y sus equipos administrativos/técnicos) debe obtener, en la medida en que sea razonablemente posible, toda la información que indique, o que tienda a indicar, la presencia o ausencia de zonas potencialmente peligrosas en las inmediaciones de los trabajos que se llevan a cabo en su mina. Hay cierta información, conocimiento local y experiencia particular relacionada con inundaciones que se han producido en el pasado y que apuntan a ciertas áreas peligrosas que las minas necesitan identificar como un peligro potencial de irrupción. En ausencia de planos y registros detallados de estas áreas de trabajo propuestas, se recomienda que el operador de la mina hable con los residentes locales que anteriormente han trabajado en minería en la zona. Sin embargo, los ingenieros de minas con experiencia deben saber y entender que hay ciertas operaciones donde pueden encontrarse dificultades:
- La aproximación desde el subsuelo a la superficie siempre ha sido un problema, en particular los trabajos en mantos y cuerpos mineralizados de poca profundidad. Siempre existe un problema de discordancias en la parte superior del estrato o el lecho rocoso y la presencia de fallas y roturas naturales de estratos debido al desgaste

producido por elementos naturales en la superficie o por valles cercanos.

Uno de los incidentes más conocidos de una irrupción de este tipo ocurrió en la mina Knockshinnoch Castle Colliery, en Escocia en 1950, donde las explotaciones subterráneas se aproximaron a la superficie. Un período continuo de fuertes lluvias había licuado un depósito de turba y musgo, que irrumpió en el área de trabajo. Había 135 hombres trabajando bajo tierra en ese momento. Trece (13) hombres resultaron muertos en el punto de la irrupción, y 116 hombres no tenían ningún medio de evacuación hacia la superficie. Estos hombres fueron finalmente rescatados 2 días más tarde por equipos de salvamento que llegaron a los hombres atrapados a través de una mina adyacente abandonada y llena de gas, mediante un camino estrecho a través de la delgada barrera de carbón entre las 2 minas. Los equipos de salvamento utilizaron aparatos de respiración; mientras que cada uno de los 116 mineros tuvo que utilizar auto-rescatadores de oxígeno para el recorrido de 3 km hacia la seguridad de la superficie.

- La aproximación a estratos que contienen agua debe verificarse para identificar discordancias geológicas (fallas, deslavado del manto, etc.) que puede tener como resultado un aumento en el flujo de agua en la explotación. El peligro potencial de un incremento repentino en la cantidad de agua puede hacer que la explotación de la zona sea antieconómica. La realización de perforaciones antes de la minería puede confirmar la presencia de agua.
- Las explotaciones adyacentes en el mismo manto de carbón o de minas de roca dura son la forma más común de peligro que se puede prevenir mediante perforaciones exploratorias y desagüe posterior. En algunos casos, las explotaciones adyacentes pueden ser el resultado de extracciones ilegales que no han sido registradas. Habrá casos, en particular cuando los registros de explotaciones pasadas resultan sospechosos o cuando no hay registros disponibles, en los que

será necesario consultar todas las fuentes conocidas y posibles para obtener información adicional

- Si es necesario, deben llevarse a cabo trabajos exploratorios para establecer la presencia o no de peligros potenciales. La posibilidad de irrupción desde una perforación no puede ser descartada ya que los pozos pueden atravesar estratos que contienen agua, explotaciones mineras antiguas o vacíos en los estratos que contienen agua o gas.

La inundación de Quecreek en Pennsylvania se produjo cuando se realizaba minería hacia una mina inundada abandonada que el operador no investigó a fondo. Los mineros se dieron cuenta de un aumento en el nivel de carbón húmedo a medida que avanzaban cuesta arriba hacia las zonas ya explotadas. Nueve mineros quedaron atrapados en una bolsa de aire hasta que se bombeó parcialmente el agua y un pozo de 0,7 m, perforado desde la superficie, les permitió ser rescatados en una cápsula similar a la utilizada en el rescate en Chile.

De manera similar, en la mina de carbón La Cancha, ubicada en Angelópolis, Antioquia, 12 mineros perdieron la vida en octubre de 2014, al presentarse una irrupción de agua proveniente de una mina abandonada de la que no se tenían registros. No se tiene noticia de que los mineros advirtieran el peligro o que se hubiera tenido alguna señal previa de su inminencia.

Figura 3.3 – 1 Frentes inundados Mina La Cancha



Fuente: Agencia Nacional de Minería

- Las explotaciones mineras arriba o debajo de la mina también deben ser consideradas como peligrosas. Se han registrado irrupciones cuando las explotaciones están muy cercanas, especialmente cuando los trabajos de tajo largo han creado rompimientos en el techo y piso, que permiten que el agua fluya libremente con resultados desastrosos. Estos cuerpos de agua pueden tener un volumen suficiente como para fluir rápidamente hacia la mina si una vía para ello resulta expuesta.
- Trabajos bajo masas de agua superficial Es necesario conocer más información específica cuando las explotaciones se hagan o vayan a hacerse en proximidades a aguas superficiales. El espesor total y la naturaleza de los estratos entre el agua superficial y la explotación son fundamentales para la prevención de una irrupción de agua. Los métodos utilizados para asegurar información precisa y suficiente deben ser apropiados dadas las circunstancias y, además de la topografía normal, puede incluir perforaciones exploratorias complementadas con técnicas de medición hidrográfica, sísmica o de otro tipo para determinar la configuración de la capa de roca o el lecho rocoso, lo que permite detectar depósitos de esquisto o pizarra y canales de arena enterrados. La investigación de la naturaleza de los estratos intermedios debe establecer su resistencia y permeabilidad, así como la posición de cualquier afloramiento subterráneo y acuífero. Algunos ingresos de agua a través de fracturas pueden ser resultar significativos frente a la necesidad de bombeo de la mina, pero no representan un peligro de un flujo rápido.
- Las explotaciones debajo del mar son un caso especial de explotaciones bajo cuerpos de agua superficiales y deben realizarse arreglos efectivos para que los trabajos sean planeados, diseñados, gestionados y controlados para evitar el ingreso súbito e incontrolado de agua.
- El riesgo de fuertes lluvias también debe ser considerado, tanto debido al agua adicional que ingresa en la mina a través de los estratos y directamente a través de las entradas de la mina debido a la inundación de la superficie.

Las situaciones identificadas aquí requerirán que los operadores mineros y sus asesores técnicos - topógrafo, geólogo, hidrogeólogo - realicen investigaciones específicas en el área de trabajo prevista para asegurarse de que todos los hechos conocidos hayan sido tenidos en cuenta antes de que el plan de trabajo sea confirmado definitivamente. En este tipo de escenarios resulta inevitable que el método de trabajo normal sufra algunas modificaciones para asegurar que cualquier riesgo de irrupción de agua sea insignificante.

3.3.1.5 Zonas de riesgo de inundación

El operador de la mina y la(s) persona(s) responsable(s) de trabajar en la mina, deben aceptar las obligaciones asignadas por la legislación para la seguridad en los trabajos. Estas funciones incluyen que la mina sea administrada y trabajada de conformidad con las disposiciones o normas legales pertinentes y que sus explotaciones subterráneas sean planeadas y diseñadas para permitir que dicho propósito sea asegurado.

Una emergencia de esta naturaleza es muy ilustrativa. Ocurrió en mayo de 2015 en la mina de oro conocida como La Playa, en Riosucio, Caldas. Quince mineros que se encontraban extrayendo mineral en los frentes excavados en las riveras del río Cauca murieron ahogados cuando las aguas atravesaron la escasa distancia que separaba a los mineros del lecho del río. El sistema de explotación que se denomina cúbicos, excava verticalmente en los sedimentos no consolidados de las riveras hasta alcanzar niveles que están por debajo del lecho del río. Desde allí se desplazan horizontalmente en diversas direcciones que pueden incluso avanzar por debajo de la corriente fluvial. La alta permeabilidad de los materiales sedimentarios que rodean la excavación generan niveles totalmente inaceptables de riesgo.

Figura 3.3 – 2 Acceso típico a una explotación de cúbicos



Fuente: Agencia Nacional de Minería

En el caso de irrupción de agua en las explotaciones de la mina, existe el deber específico de impedir que esto suceda. Para asegurar este deber, es necesario:

- Designar a un inspector que puede ayudar con el trabajo integral y técnico necesario para prevenir cualquier irrupción.
- Preparar planos adecuados (completos y exactos) de todas las explotaciones existentes y propuestas en la mina, sus límites, y todas las demás labores que puedan afectar la seguridad de las personas que trabajan en la mina. Estos pueden incluir explotaciones suspendidas o abandonadas que hacen parte de las minas existente o de minas vecinas.
- Solicitar información similar de minas vecinas o acceso a los planos de minas abandonadas para que el topógrafo pueda obtener la información necesaria.
- Determinar el espesor total de los estratos que se encuentran entre la explotación y cualquier agua superficial y asegurarse de que es suficientemente fiable para evitar una irrupción desde la superficie.
- Establecer la naturaleza geológica de los estratos en relación con cualquier falla o fractura, su posición, dirección, extensión y desplazamiento

vertical, junto con la presencia o no de cualquier deslavado o intrusión ígnea que pueda afectar al manto de carbón o el cuerpo mineralizado.

- Identificar la posición y los detalles de cualquier sistema subterráneo de almacenamiento de agua que puede haber sido construido.
- Consultar con la organización adecuada, la Agencia Nacional de Minería, el Servicio Geológico de Colombia, las autoridades locales de planeación y operadores de minas vecinas, según sea apropiado.

La razón de este programa es garantizar que el operador de la mina posea toda la información relacionada con explotaciones en desuso y abandonadas y estratos que puedan contener agua o depósitos que puedan fluir cuando están mojados. Será su responsabilidad asegurarse de que se han tomado las medidas que sean necesarias para corroborar esta información.

3.3.1.6 Características del riesgo de inundación

Durante la recolección de toda la información que se considera necesaria para evitar una irrupción de agua, el operador de la mina y su topógrafo y otros asesores deben ser conscientes de que los registros de explotaciones anteriores, ya sea indicadas en un plano o por escrito, pueden no ser exactos, de forma que es necesario tomar medidas razonables para comprobar a fondo cualquiera y toda información. Estas revisiones y los detalles de la información posterior deben ser documentados y registrados de forma que sean fácilmente disponibles para que todas las personas la puedan consultar. Siempre que sea posible y práctico hacerlo, debe mostrarse en el plan de trabajo propuesto o existente.

Planos de minería

Los planos de trabajo de la mina a los que se hace referencia en esta sección son de gran importancia para la seguridad en la explotación de cualquier tipo de mina. Las características más importantes de estos planos, en particular para las minas de carbón,

son que, además de seguir la normatividad vigente, en particular la establecida por la Resolución 40600 del 27 de mayo de 2015, los planos deben:

- Ser adecuados, completos y precisos, normalmente a una escala de 1:2500, y orientados y correlacionados con la topografía de superficie tal como el Servicio Geológico de Colombia lo presenta (otras escalas pueden ser - planos generales a 1:5000 o 1:10000 y planos detallados a 1:1250, nominalmente correspondientes a escalas de 1:500 o 1:1000 y 1:100).
- Mostrar todas las explotaciones actuales en cada uno y todos los mantos, incluyendo las conexiones hechas mediante túneles y pozos, explotaciones en desuso o abandonadas. Los límites de las minas y explotaciones mineras adyacentes también deben mostrarse. Es esencial contar con detalles considerables de niveles y gradientes.
- Mostrar la posición, extensión y el desplazamiento vertical de las fallas y otras características geológicas.
- Mostrar la posición de las zonas de precaución que se relacionan con las zonas peligrosas – ver Definiciones 3.3.1.1.
- Mostrar secciones transversales o verticales precisas de los mantos o sistemas de mantos donde actualmente se está trabajando y de los estratos circundantes.
- Mostrar el sistema de ventilación.
- Mostrar mapas geológicos y secciones transversales de la zona en donde se ubica la mina, donde se muestren los límites de depósitos superficiales y glaciales de esquistos (no consolidados). A menudo estos mapas mostrarán información de las perforaciones realizadas de modo que el lector pueda entender mejor los datos medidos e interpretados.

Información de los planos

Los planos de trabajo deben ser conservados en la mina y actualizados a intervalos adecuados, dependiendo de la tasa de avance de la extracción.



3.3 Causadas por Inundaciones

Las actualizaciones más frecuentes incluyen la excavación de vías y cruzadas que afectan la ventilación, los medios de evacuación y otros riesgos y amenazas que sean identificados.

Cuando se reúne información relativa a los posibles riesgos de irrupción de agua, estos deben aparecer en el plano de trabajo en la medida en que resulte práctico hacerlo. En particular, una vez identificadas, las zonas de precaución deben ser mostradas en los planos de trabajo adyacentes al peligro, probablemente en colores para resaltar su posición.

Otra información que se recomienda agregar en el plano debe incluir:

- La posición y nivel, superior e inferior, de cada pozo o salida, camino o túnel subterráneo de acceso a la explotación a la que se refiere el plano, junto con el nivel de cada entrada desde superficie que da acceso a la explotación.
- Información similar relativa a cada pozo perforado desde o hacia superficie o desde un manto a otro. La ubicación y el número de referencia de la perforación puede ser suficiente a menos que se necesiten detalles, por ejemplo, el riesgo de una irrupción.
- Puede ser necesario obtener información de referencia para los niveles a intervalos horizontales de hasta 100 metros y de otros tantos puntos intermedios como sean necesarios para mostrar variaciones en la elevación o en el gradiente de:
 - a) Cada distancia en las vías
 - b) En la medida en que sea posible, las explotaciones en desuso o abandonadas que se muestran en el plano
- Los niveles son especialmente importantes para identificar las zonas de riesgo de inundaciones en las vías que podrían ser suficientemente grandes en términos de profundidad para que la acumulación de agua evite el acceso o la ventilación. Las cuadrillas de salvamento minero se encuentran especialmente interesadas que estén indicadas estas posiciones en sus planos.

Las anotaciones de elevación deben incluir curvas de nivel de alrededor de 0,5 m en intervalos verticales o según sea necesario de acuerdo con la mina.

- Ubicación de las tanquillas o sumideros dispuestos para el bombeo y drenaje de la mina, así como de las electrobombas, ductos y demás componentes del sistema de drenaje

El Plano de Trabajo de la mina resulta por lo tanto fundamental para el examen de los riesgos de inundación por parte del operador de la mina. Esto incluye los riesgos de inundación, tanto actuales como potenciales, con respecto a una extensión de sus explotaciones. Una vez que toda la información haya sido investigada y registrada en el Plano, el operador de la mina y sus asesores pueden identificar las zonas de precaución y diseñar sus explotaciones en relación con la adopción de medidas de precaución o Esquemas de Trabajo (planes mineros escritos), si se pretende trabajar en estas áreas peligrosas.

3.3.1.7 Resultados de una irrupción de aguas de las minas

Las aguas de las minas pueden representar un problema general para los operadores mineros, pero cantidades repentinas e inesperadas de aguas que ingresan a las explotaciones mineras puede tener como resultado altos niveles de víctimas mortales. Es muy poco probable que los sistemas de bombeo de la mina diseñados para eliminar un volumen normal de agua puedan hacer frente a una inundación inesperada y violenta de agua que podría causar daños a la infraestructura de la mina.

Cada operador de mina debe asumir que una irrupción de agua es posible a menos de que haya evidencia de lo contrario. Esto debe incluir una irrupción repentina de aguas superficiales, por ejemplo, debido a fuertes lluvias. Ha habido incidentes donde lagunas superficiales han reventado sus paredes de contención como resultado de fuertes

lluvias y el agua ha ingresado a los pozos o túneles de acceso de superficie de minas.

Los informes preparados después de una investigación detallada sobre las causas y circunstancias de una irrupción de agua en minas subterráneas muestran textos que se repiten una y otra vez. Invariablemente, se reporta una irrupción “repentina y violenta” cuando el agua aparece en “ambas direcciones”. La pérdida de vidas es algo muy frecuente en tales casos, y la imposibilidad de recuperar los cuerpos debido a las continuas condiciones peligrosas no resulta inusual.

Por desgracia, en todo el mundo se siguen presentando incidentes de este tipo, ya sea por ignorancia de la existencia de explotaciones mineras antiguas, planos inexactos o incluso negligencia por parte del operador de la mina. Casi todos estos incidentes son evitables si se tienen precauciones en las áreas peligrosas. En otras secciones se esbozarán los análisis preventivos que deben adoptar los operadores mineros con el fin de evitar una irrupción de agua.

Una irrupción en Lofthouse Colliery, Yorkshire el 27 de marzo 1973 tuvo como resultado la muerte de siete hombres. La irrupción desde antiguas explotaciones mineras no registradas se produjo en un tajo largo de carbón en un punto entre 30m - 70m de la vía principal (vía de transporte). Las antiguas explotaciones probablemente habían sido extraídas hacía más de 100 años, pero no habían sido registradas en ningún mapa. La magnitud y la violencia de la irrupción resultaron evidentes para los equipos de salvamento que intentaron, pero no pudieron, entrar en la zona.

Solo se recuperó un cuerpo a unos 100 metros desde el punto de la irrupción del agua. A pesar de los intentos para acceder al frente de carbón, los equipos de salvamento llegaron a aproximadamente 150m del supuesto sitio donde se encontraban los cuerpos; la sección restante de

la vía fue cerrada completamente con caudales significativos de agua. Se tomó la decisión de no intentar nuevas operaciones de recuperación.

Figura 3.3 -3 Vía principal en Lofthouse Colliery después de una inundación



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Por desgracia, los eventos de irrupción en el Reino Unido no se limitan a un pasado lejano. El 15 de septiembre de 2011, los equipos de salvamento minero fueron llamados a Gleision Mine, una pequeña mina subterránea de carbón en Gales, Reino Unido. Siete hombres, entre ellos el administrador de la mina, se encontraban bajo tierra. Tenían la intención de perforar y abrir, por medio de explosivos, un frente en su área de trabajo actual, que haría un “agujero” en una explotación adyacentes y accesible en la misma mina. Su área de trabajo era de 0,7 m de alto, y su pendiente aumentaba 1 en 4. Cuando se realizó la explosión, se produjo un flujo de agua repentino e inesperado hacia los hombres. Cuatro hombres en la zona de 0,7 m, entre ellos el director, fueron arrastrados unos 60 metros por la pendiente y enterrados bajo carbón húmedo. Otras tres personas, a unos 60 metros de distancia, comenzaron a arrastrarse a lo largo de la cinta transportadora buscando un sitio seguro, pero solo dos pudieron escapar del flujo de agua. Posteriormente, el director de la mina escapó a través de una brecha en las explotaciones

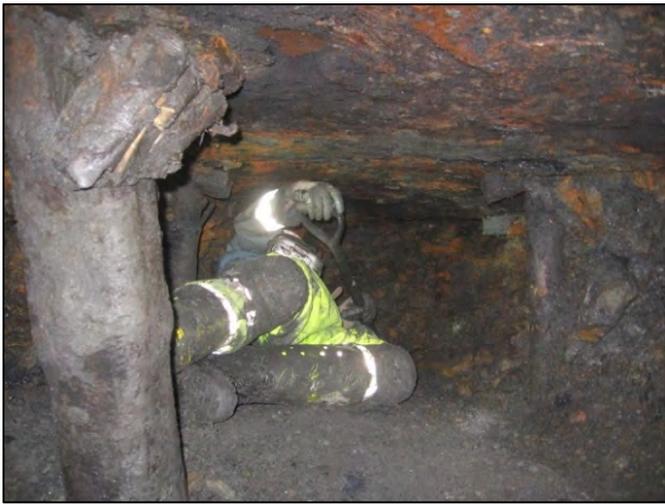
anteriores y fue capaz de llegar al túnel que llevaba a superficie, aunque en una condición médica grave. Por desgracia, cuatro hombres murieron cuando fueron superados por el agua. Los grupos de salvamento minero trabajaron unas 30 horas para bombear el agua y localizar los cuerpos sepultados por los escombros. En ese lugar, las explotaciones mineras eran conocidas, pero no habían sido registradas con exactitud. A pesar de que el Administrador examinó las explotaciones y realizó la perforación de un pozo, estas contenían agua en una cantidad suficiente al punto de que un agujero podría causar una irrupción repentina y violenta para esa altura de extracción en particular.

Figura 3.3 – 4 Vía en Gleision Mine después de la irrupción de agua y drenaje.



Fuente Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.3 – 5 Frente donde se originó la irrupción



Fuente: Mines Rescue Service Ltd.

3.3.1.8 Zonas de riesgos que pueden resultar de las inundaciones de las minas

Cabe señalar que la responsabilidad del operador de la mina para evitar una situación de irrupción es aplicable a todas las explotaciones en la mina y no solo a aquellas que se encuentren en zonas potencialmente peligrosas. Si hay cualquier indicio de un flujo de irrupción de agua en explotaciones que no se encuentran en zonas potencialmente peligrosas, el asunto debe ser investigado y se deben implementar medidas preventivas, aunque no se requiere un esquema formal de trabajo.

Una de esas áreas de interés, que fue identificada hace muchos años, es la necesidad de identificar los lugares donde podría ocurrir cualquier inundación perjudicial que afecte seriamente la explotación de la mina, así como tomar las previsiones necesarias para hacer frente de manera eficaz a cualquier situación que pudiera surgir a este respecto. Es necesario identificar todos los puntos en la galería principal de la mina donde una inundación podría afectar negativamente la seguridad o la eficiencia de los sistemas de transporte y de ventilación. Así mismo, es necesario marcar adecuadamente estos sitios en el plano de trabajo.

La mina también debe preparar un Plano de Bombeo que incluya la siguiente información:

- Bombas y válvulas automatizadas o manuales y la ubicación del control respectivo.
- Válvulas de accionamiento manual importantes en la tubería.
- Los posibles puntos de inundación identificados anteriormente. Cada uno de estos puntos deberá estar indicado mediante una letra de correlación de símbolos apropiados.
- Los principales sumideros de agua, sitios de bomba o presas.
- Plantas e instalaciones de tratamiento de aguas para su desagüe al medioambiente y cuerpos de agua que reciben este descargue.

Si la claridad de la presentación lo permite, estará permitido utilizar un plano integrado en lugar de planos individuales, los cuales deben ser actualizados periódicamente.

Debe mantenerse un archivo que contenga detalles de las precauciones tomadas o propuestas en cada punto en caso de posibles inundaciones. Este archivo debe indicar:

- El nivel de referencia – al igual que todos los demás Planos.
- La descripción física del sitio.
- Las cosas que puede verse afectadas.
- Las medidas correctivas propuestas (si existen) y la realización progresiva de los trabajos.
- Los planos de riesgos de la mina.

Esta información también debe figurar en los planos previstos para los grupos de salvamento en caso de un suceso relacionado con una irrupción de agua. Las zonas identificadas como de riesgo serán las primeras en inundarse ante un incidente, lo que impide el funcionamiento de la ventilación y posiblemente el acceso a las áreas. Puede ser necesario identificar vías alternativas cuando sea posible.

3.3.1.9 Acciones preventivas en contra de los riesgos de inundación

Una vez que se ha tomado la decisión de realizar una explotación hacia o dentro de un área que el plano de la mina designa como una “zona de peligro”, el operador de la mina debe implementar un plan de trabajo escrito y detallado conocido como un “Esquema de Trabajo”. Esto incluirá detalles tales como aquellos previstos para una apertura de frente de excavación que se dirige hacia, por ejemplo, zonas ya explotadas de la mina:

- Las dimensiones de cualquier vía.

- El método de explotación y los equipos utilizados.
- El ciclo de las operaciones y la distancia máxima para cada ciclo.
- Un patrón de perforación de pozos, su profundidad máxima y el método de perforación diseñado para mantener un “área probada” tanto en el sentido en que avanzan los trabajos como en las áreas adyacentes al túnel de la explotación.
- Las operaciones de extracción de agua o de desgasificación que han sido propuestas.
- Las normas que deben aplicarse, la inspección y supervisión para el monitoreo y el registro de toda la información.

Los Esquemas de Trabajo deben ser específicos para cada tipo de peligro. En muchos de los casos en los que se ha producido una irrupción, las señales de advertencia solo pueden identificarse en retrospectiva. Eventos como un ligero aumento en el agua o el gas, agua en pozos, diferentes olores, etc. Todos estos hechos deben ser reportados de acuerdo con los mecanismos de reporte establecidos en la mina

Al aproximarse a explotaciones anteriores para las cuales no se encuentra disponible un plan de abandono, o si hay razón para sospechar que el plano disponible puede no ser exacto, se debe tener el mayor cuidado posible para asegurar que se deje una barrera adecuada en las proximidades de la zona llena de agua. Los trabajos antiguos, hoy abandonados, generalmente no se ajustan a los modernos diseños geométricos de minas. Los pilares viejos en explotaciones de cámaras y pilares eran a menudo pequeños frente a los estándares actuales. En consecuencia, el principio sobre el cual se hace la aproximación es que se debe tener un desarrollo inicial angosto a partir del cual se realizarán perforaciones largas en un patrón determinado de antemano, hacia adelante y en ambos flancos.

Después realizar las perforaciones (cuyo número también debe ser predeterminado para cada ciclo) sin encontrar problemas, la vía avanzará y se

3.3 Causadas por Inundaciones

pondrán los soportes de techo a una distancia determinada, dejando una distancia sustancial hacia delante o hacia los lados. Las máquinas perforadoras utilizadas pueden ser más grandes de lo normal con el fin de perforar agujeros más grandes; la perforación puede llevarse a cabo a través de un tubo que se puede cerrar para contener el agua o el gas allí ubicado en ese lugar.

Figura 3.3. – 6 Vía inundada Mina La Rampla, Riosucio



Fuente: Agencia Nacional de Minería

Figura 3.3. – 7 Mina Santa Cruz, Barranca de Loba, inundada



Fuente: Agencia Nacional de Minería

Figura 3.3 – 8 Mineros en Lofthouse durante la emergencia



Fuente: Mines Rescue Service

En algunos casos, puede ser necesario confirmar la protección proporcionada por un espesor mínimo de cobertura de un acuífero conocido. Se debe elaborar un esquema de trabajo que utilice una perforación periódica de pozos en la zona de trabajo de estratos que contienen agua. Este esquema de trabajo deberá esbozar:

- La selección del sitio para la perforación, que debe estar libre de fallas y de los efectos de la extracción del carbón. Puede resultar muy difícil aplicar un mortero sellante a la tubería para anclarla al material que la rodea cuando éste ha sido afectado por fallas o explotaciones anteriores.
- La tubería de agua debe ser instalada y sellada y fijada con mortero de relleno en su posición. La longitud de la tubería debe ser acordada con el Geólogo y Topógrafo del Área y debe soportar al menos un 30% más de la máxima presión esperada de agua (bajo un lago esta será invariablemente igual a la presión generada por la profundidad del mismo). Se deben instalar válvulas de alta presión con sus empaques y prensaestopas adecuadas en la base de la tubería y todo el conjunto debe someterse a pruebas de presión antes de realizar más perforaciones.

- Durante los trabajos de perforación, deben llevarse a cabo pruebas de presión frecuentes para asegurar que se mantenga un agujero ajustado. Estas pruebas deben realizarse a intervalos de no más de 15 mt. En caso que se presente una pérdida significativa de presión en el agujero, no se debe realizar ninguna perforación adicional hasta que se haya decidido si se requiere de mortero y/o revestimiento para sellar el agujero. En caso de que se encuentre una fuente de agua en la perforación, se deben tomar muestras de este y llevarse a cabo una prueba de presión estática. El agujero debe entonces ser sometido a pruebas de presión de acuerdo con la presión inicial acordada para determinar si se requiere de mortero y/o revestimiento antes de continuar con la perforación.

El sellado completo de la perforación deberá realizarse de acuerdo con un estándar predeterminado.

3.3.2 Acciones para controlar el riesgo de inundación

El examen de las referencias históricas de inundaciones (irrupción) de agua en minas durante los últimos 150 años muestra que las siguientes declaraciones fueron hechas después de que se produjeran múltiples víctimas mortales en las minas:

- “Los mapas o planos deben estar preparados definiendo con precisión la totalidad de las explotaciones, incluyendo también la posición de minas abandonadas adyacentes, que pueden convertirse en depósitos de gas o agua” (1835).
- “Se produjeron inundaciones en todos los casos examinados, debido a una aproximación peligrosa de las explotaciones a un cuerpo de agua que se acumuló en excavaciones viejas y abandonadas. No hay ningún otro recurso (para estas explotaciones desconocidas) aparte de tener precaución y utilizar un correcto registro de las explotaciones con el fin de asegurar ese conocimiento” (1849).
- “Se deben realizar suficientes perforaciones por adelantado y, si es necesario, en ambos costados para evitar inundaciones en cada lugar de trabajo

donde se acerque a un lugar que probablemente contenga una acumulación peligrosa de agua” (1860).

- “Cuando es probable que un lugar contenga una acumulación peligrosa de agua, las explotaciones en ese lugar no podrán, en cualquier punto dentro de 40 yardas (37 m) de ese lugar, exceder 8 pies (2,5 m) de ancho y debe realizarse una perforación de no menos de 5 yardas (4,5 m) por adelantado, junto con suficientes agujeros de flanco en cada costado” (1877).

Las acciones tomadas por los propietarios de las minas y sus administradores obviamente reconocieron la necesidad de identificar las zonas peligrosas para trabajar sus minas, y preparar y mantener actualizados (inicialmente con una periodicidad no inferior a 3 meses) planos de la mina para todas las explotaciones subterráneas, pero con un tiempo que posteriormente se ha visto reducido y con una distancia también incluida, ya que los métodos modernos de minería aumentan las tasas avance en la excavación de túneles.

Inicialmente, la exactitud de los Planos Mineros era variable dependiendo del tipo de instrumentos utilizados por el Topógrafo. Los primeros Planos sufrieron inexactitudes, falta de correlación de mantos o cuerpos mineralizados y una relación inexacta con la topografía de la superficie, incluyendo cuerpos de agua. Por esta razón, los planos de minas abandonadas deben ser, y siguen siendo, tratados con cierto recelo, pero son obviamente mejores que no tener ningún plano. Los operadores de minas hoy en día aprecian la necesidad de que los Planos de Minería sean tan precisos como lo permitan los métodos modernos de topografía y de acuerdo con el carácter estricto de la legislación vigente (o que debería estar vigente) para asegurar que esto suceda. Los planos inexactos son todavía una fuente considerable de peligro para las minas modernas. Las minas actuales, tanto legales como ilegales, deben garantizar que los Planos de Minería sean mantenidos y examinados por los reguladores y puestos a disposición de todas las personas que así



lo soliciten, en particular por parte de minas vecinas. Cada operador de la mina debe proporcionar un Topógrafo para su mina, quien realizará los Planos necesarios para salvaguardar la mina y a todas las personas que trabajan en ella.

Las grandes minas subterráneas requieren de la designación de topógrafos competentes, calificados y experimentados. Los operadores de minas pequeñas u otros tipos de minas deben tener en cuenta el tipo y el tamaño de su mina, y la naturaleza y complejidad de la tecnología utilizada en la mina antes de designar a un topógrafo para preparar planos y secciones geológicas de la mina. Sin embargo, cada operador de la mina debe tener acceso a una persona:

- Que sea lo suficientemente competente para recabar información relevante para la seguridad en los trabajos en la mina.
- Que lleve a cabo estudios topográficos precisos de explotaciones subterráneas, orientados y correlacionados con la superficie, y
- Que tenga las habilidades necesarias para preparar planos adecuados.
 - Cualquier operador de la mina que no registre la explotación de su mina está operando su mina de una manera completamente insegura.

En algunos casos, el operador de una mina grande reconoce que es de su interés prestar los servicios de un Topógrafo a otras minas. La Autoridad Minera podría también estar interesada en prestar este servicio. Incluso las explotaciones ilegales deben ser registradas de manera periódica. Las consecuencias de acceder a explotaciones mineras no registradas han sido bien documentadas por la historia.

3.3.2.1 Principios para controlar el riesgo de inundación

El operador de la mina debe asumir que una irrupción de agua es posible a menos de que haya evidencia de lo contrario, por ejemplo:

- la masa de agua en la superficie ha sido drenada.
- en las explotaciones mineras inundadas de agua cerca de su área planeada de trabajo ha sido evacuada el agua.
- se ha instalado un sistema de bombeo bajo tierra para hacer frente a precipitaciones fuertes y sostenidas, etc.
- se han realizado las obras de arte y drenaje necesarias para operar adecuadamente el sistema de bombeo.

Su deber de prevenir cualquier irrupción es aplicable a todos sus trabajos, no solo a aquellos que están localizados en una zona potencialmente peligrosa que ha sido identificada como un riesgo potencial. A medida que cualquier explotación progresa, debe garantizar que cualquier evidencia de un cambio en las condiciones, en el gas o en el agua, etc. ha sido verificada.

Los registros de explotaciones anteriores pueden no ser exactos, por ejemplo, registros de túneles y pozo antiguos, de forma que es necesario tomar medidas razonables para comprobar dicha información. La información debe ser documentada y registrada de manera que se encuentre fácilmente disponible. Si resulta práctico hacerlo, esto debe ser mostrado o contemplado en los planos del plan de trabajo.

La experiencia obtenida a partir de incidentes de irrupción ha indicado que a los operadores mineros les resulta útil que las áreas potencialmente peligrosas se definan o clasifiquen, ya sea mediante legislación o en guías técnicas, en cuanto a su tipo y a su dimensión. Las zonas potencialmente peligrosas son áreas dentro de las cuales deben adoptarse procedimientos especiales (esquema de trabajo). Aquí se muestra un ejemplo tomado de la legislación minera del Reino Unido sobre mejores prácticas de minería.

Las zonas potencialmente peligrosas se definen como:

- Áreas a una distancia menor de 45 metros (medidos en cualquier plano) de la superficie, o de cualquier depósito de turba, musgo, arena, grava, limo, etc., o cualquier otro material que fluya o que sea probable que fluya cuando está mojado.
- Áreas a una distancia menor de 45 metros (medidos en cualquier plano) de cualquier estrato que contenga o que pueda contener agua (ya sea dispersa o en cavidades naturales).
- Áreas a una distancia menor de 45 metros (medidos en cualquier plano) de algún trabajo subterráneo en desuso que no corresponde a una explotación minera en desuso.
- Áreas dentro de un radio de 37 metros (medidos en cualquier plano) de cualesquiera explotaciones mineras en desuso.

Las **Zonas de Precaución** son demarcadas en el mapa del plan de trabajo de la mina, ya sea para mostrar las distancias de 45 metros o 37 metros desde el peligro identificado. Todas las perforaciones subterráneas también deben figurar en el Plano con una zona de 37 metros marcada, incluso si los registros indican que el pozo ha sido sellado.

Si la conclusión es que es **poco probable que se produzca una irrupción**, el operador de la mina debe permanecer alerta a cualquier cambio en las circunstancias. Si cualquier cambio en las circunstancias indica que se puede producir una irrupción, a menos que se hayan tomado precauciones, el riesgo debe ser reevaluado inmediatamente y deberá establecerse un Esquema de Trabajo adecuado.

Está prohibida la realización de trabajos dentro de una potencial zona de peligro definida en el plano de la mina, a menos de que el operador de la mina:

- Lleve a cabo una investigación detallada de los riesgos potenciales de irrupción.

- Evalúe la probabilidad de una irrupción a partir de cualquiera de los peligros identificados.
- Identifique e implemente todas las medidas necesarias para evitar la irrupción (el Esquema de Trabajo). Una opción puede ser no explotar el mineral en esta área.

Siempre que sea posible, los riesgos de irrupción deben ser eliminados o evitados al mantener una distancia de separación adecuada. Al evaluar una distancia de separación adecuada, el operador de la mina debe considerar:

- El volumen y la presión del agua que produce el riesgo.
- La resistencia de los estratos involucrados (la cual puede ser alterada debido a la redistribución del estrés causado por la actividad minera, en particular el derrumbe dirigido en las explotaciones de tajo largo y/o corto).

Si la conclusión es que se puede **producir una irrupción** a menos que se tomen medidas de precaución, entonces debe establecerse un Esquema de Trabajo para controlar el riesgo. El esquema de trabajo debe adaptarse a cada situación y describir:

- El método de trabajo.
- Las operaciones de desagüe o desgasificación propuestas.
- Los equipos y herramientas que serán utilizados.
- Las normas que deben aplicarse y los mecanismos de supervisión, control y gestión para el seguimiento y aplicación de estas normas.

El Esquema de Trabajo debe incluir un plano actualizado que muestre:

- La extensión del área de trabajo prevista donde se van a extraer minerales.
- La ubicación y naturaleza de cada riesgo relevante que el Esquema de Trabajo diseñado debe localizar de una manera segura.
- La correlación con la topografía de superficie.
- Información relativa a niveles, incluyendo los datos usados.



- Una sección transversal de los estratos, según corresponda.

Si la prevención de la irrupción depende de la instalación y del mantenimiento de los sistemas de

La Administración de Seguridad y Salud Minera (MSHA) de EE.UU. requiere que el operador capacite a todos los mineros en procedimientos de evacuación de emergencia y en el Plan de Lucha contra Incendios para evacuar la mina o responder al problema de emergencias en minas que presentan un peligro inminente para los mineros debido a incendios, explosiones o inundación de gas o agua [CFR 75.1502]. Las vías de escape primarias y secundarias deben ser recorridos. En el Reino Unido, todos los mineros deben viajar a través del segundo medio de salida al menos una vez al año.

drenaje o bombeo de gas/agua, entonces el esquema de trabajo debe abarcar estas medidas.

Pozos de perforación

Cuando se utilicen pozos o perforaciones para probar o eliminar el peligro, posiblemente mediante procesos de desagüe de explotaciones mineras en desuso, entonces los pozos deben ser diseñados y ubicados para ser seguros durante la perforación y cuando se encuentren en uso. La presión y la resistencia de los estratos involucrados deben ser consideradas. Los estratos a lo largo de la longitud de la tubería deben ser lo suficientemente fuertes para proporcionar una barrera para evitar que el agua fluya alrededor de la tubería.

El operador de la mina debe especificar el método de trabajo y los parámetros operacionales, incluyendo las precauciones adicionales para los perforadores. Siempre debe proporcionarse un método para tratar el agua y los gases disueltos con seguridad.

Al determinar la posición real y la extensión de las explotaciones viejas desde donde no se sabe si la irrupción de agua o gas es posible, el operador de la mina debe ajustar los pozos de sondeo al contorno más probable de esas explotaciones antiguas y evitar

que las perforaciones irrumpen en ellas de manera no planeada. El patrón de perforación debe iniciar con suficiente antelación para garantizar esto.

Trabajos bajo aguas superficiales y por encima y por debajo de acuíferos

Se debe mantener un espesor adecuado de los estratos impermeables entre la parte superior de la explotación y la base del cuerpo de agua para asegurar que no exista ninguna conexión a través de la deformación por tracción inducida en la base de la masa de agua. Se deben tener especiales consideraciones en la extracción de mantos superpuestos en la columna estratigráfica y los fenómenos de subsidencia que genera este tipo de trabajo. Los acuíferos pueden estar presurizados y producir ingreso de agua a la mina desde abajo.

3.3.2.2 Acciones o métodos de salvamento para controlar el riesgo de inundación

Cuando se le pide al Servicio de Salvamento Minero y al grupo de personas a cargo atender una mina como resultado de un incidente que involucre un peligro importante, su principal solicitud de información se refiere a los Planos Mineros preparados específicamente para este fin. Los miembros de la cuadrilla de salvamento que provienen de minas circundantes no estarán familiarizados con esta explotación subterránea en particular. Cada mina debe por lo tanto preparar Planos Mineros, con base en el Plano de Trabajo para la mina, pero que incluyan cierta información específica que le será útil a los equipos de salvamento. La seguridad del equipo y el éxito de cualquier operación de rescate pueden depender a menudo de la exactitud del plano y de lo bien que el equipo de salvamento interprete estos planos.

El personal de salvamento debe aprovechar cualquier oportunidad que se presente para familiarizarse con la lectura de planos de mina y utilizar la información que contienen. Su capacitación básica de rescate

debe incluir la oportunidad de familiarizarse con la forma como están elaborados y los símbolos usados para representar la posición de los equipos y las instalaciones, de manera que sean de utilidad para los socorredores. Estos planes se conocen normalmente como **Planos de Rescate** o **Planos de Lucha contra Incendios** o incluso **Plano de Incendios y Rescate**. El Decreto 1886 de 2015 establece la obligación de los operadores mineros de mantener actualizado un Plano de Riesgo de la mina con la información aquí aludida. Estos planos son utilizados para cualquier tipo de emergencia y deben mostrar toda la información que pueda ser de interés para las operaciones de rescate, cualquiera que sea la naturaleza del incidente - incendio, explosión o una irrupción de agua. En minas más pequeñas puede ser posible mostrar toda la información necesaria en una sola hoja de tamaño conveniente. En minas más grandes, sin embargo, debe prepararse una serie de planos incluyendo un plano “clave” con todas las explotaciones existentes en cada manto particular, y una serie de planos más pequeños, de tamaño conveniente, que muestren diferentes partes de las explotaciones de la mina. El “Plano Clave” debe mostrar las entradas a la mina y todas las conexiones con áreas de producción.

En el Reino Unido, los Planos Mineros están dispuestos en un sistema de red indexado alfabéticamente en dirección Sur-Norte y numéricamente en dirección Oeste-Este, normalmente a una escala de 1/2500 o 1/5000. El diseño de las explotaciones de la mina debe estar contenido dentro de esta red. En ciertos lugares debe haber símbolos marcados en el plano que indican los controles y equipos de ventilación, incluyendo servicios de comunicaciones. Las rutas de ventilación que funcionan exclusivamente como rutas de entrada deben ser de color azul, mientras que las rutas de ventilación que son exclusivamente rutas de retorno y que no son utilizadas para ninguna unidad de producción como una vía de admisión, deben ser de color rojo. Estos Planos deben ser actualizados de forma regular o cuando se presentan cambios

importantes en la ventilación, sistemas de bombeo, diseño eléctrico, etc., teniendo presente las estipulaciones legales vigentes.

La información a mostrar en los planos que será particularmente útil para los socorredores es la siguiente:

- Las rutas de ventilación y la dirección del flujo de aire.
- Todas las puertas de ventilación, reguladores, barreras y cruces de aire.
- Teléfonos, instrumentos de monitoreo y sistemas de rastreo del personal.
- La ubicación de los refugios, su tamaño y su capacidad.
- Los gradientes de todas las vías y rutas principales.
- Niveles en forma de curvas de nivel y cotas de elevación tan frecuentes como sea necesario para resaltar los puntos altos y bajos en los caminos que podrían estar “bloqueados” en caso de una inundación.
- Distancias desde la entrada o bocamina en intervalos de una distancia que resulte adecuada según la escala del plano y el tamaño de la mina
- Bombas de cualquier tipo de accionamiento eléctrico o neumático, redes de tuberías de agua con indicación de su diámetro.
- Presas de agua y sumideros de agua (embalses subterráneos).
- Puntos de carga de bandas transportadoras.
- Estaciones de transporte de personal.
- Estaciones para incendios, hidrantes, válvulas de agua, tuberías de agua.
- Estaciones de primeros auxilios / camillas.
- Línea de aire comprimido.
- Planos de minas vecinas.
- Rutas de evacuación y puntos de encuentro previstos para evacuaciones,



Las curvas de nivel, cotas de elevación y gradientes son particularmente útiles para un incidente de irrupción. Sin embargo, constituyen una ayuda general con el fin de estimar las tasas de desplazamiento en caminos específicos, tanto para las personas que escapan (con el uso de auto-rescatadores) como para las cuadrillas de salvamento quienes no podrán viajar a la misma velocidad que lo harían en la superficie. Un factor adicional es el cambio visual de un área inundada después que el agua se bombea. Todas las superficies pueden parecer del mismo color con una capa de limo rocoso que es resbaladiza. Esto puede hacer que la localización de las víctimas u objetos sea más difícil.

No resulta fácil estimar la distancia que un equipo puede cubrir ya que las condiciones de entrada variarán considerablemente durante las operaciones de emergencia. Por lo tanto, debe prestarse la debida atención a las condiciones relativas a la visibilidad, temperatura y humedad, las dimensiones de las vías, el agua bajo los pies y el estado general de los mismos caminos (obstáculos, derrumbes en el techo, etc.). Es por tanto posible estimar las condiciones más ideales y luego calcular provisiones para las condiciones que son peor que las ideales. El estudio de gradientes que figura en el plano influirá obviamente en el tiempo estimado de viaje y si el camino en cuestión es cuesta arriba o cuesta abajo.

Con las mejores condiciones posibles, un equipo de salvamento bien entrenado podía esperar viajar a las siguientes velocidades y distancias máximas sin obstrucciones:

- **En explotaciones a nivel**

Una cuadrilla puede viajar hacia el interior a una velocidad de 60 m/min o un poco más de 3,6 km/h; en el recorrido de salida, el grupo estaría menos fresco y probablemente viaje a una velocidad de 40 m/min o un poco menos de 2,4 km/h.

Ejemplo: Si un equipo recorrió el camino de ingreso en 36 minutos, recorrió una distancia de un poco más de 2 km. En el trayecto de salida, al equipo le tomaría unos 54 minutos cubrir la misma distancia.

- **En gradientes promedio de 1 en 7**

Se estima que un equipo recorre el trayecto de entrada cuesta abajo a una velocidad de 40 m/min o de 2,4 km/h. En el recorrido de salida cuesta arriba se espera que el equipo viaje a la mitad de esa velocidad, es decir a 20 m/min.

- **En gradientes promedio de 1 en 4**

Se considera que caminar gradientes como este es una tarea bastante ardua, especialmente cuando se lleva un equipo de respiración. Las velocidades de descenso pueden ser tan bajas como 10 m/min, por lo tanto, la velocidad del recorrido cuesta arriba no puede ser calculada de manera realista. En consecuencia, debe contemplarse un amplio margen cuando se viaja cuesta arriba en este tipo de gradientes.

- **Transporte de camilla**

Si un equipo debe llevar a una víctima en una camilla, entonces las velocidades de desplazamiento y la distancia recorrida se reducirán y no admiten comparación alguna con las estimaciones discutidas previamente. El jefe de la cuadrilla debe asegurarse de cambiar a quienes cargan la camilla u otorgar periodos de descanso, de acuerdo con el número de personas disponibles para el salvamento, teniendo en cuenta la distancia y la pendiente.

Comentarios generales

Las condiciones de trabajo y las circunstancias de viaje durante operaciones de emergencia que pueden producirse después de incendios, inundaciones y explosiones pueden cambiar dramáticamente en un periodo muy corto de tiempo y, por tanto, las estimaciones de los trayectos recorridos pueden ser poco fiables. Se acepta de manera general que no hay dos incidentes iguales. Cada uno tendrá sus

propias características, peculiaridades, dificultades y complicaciones. Por ejemplo, en un terreno llano, con humo o polvo, la velocidad de equipos con una visibilidad limitada se registró como 1/3 de la velocidad promedio o 20 m/min siguiendo una línea de vida sin obstrucciones. Si el equipo está llevando a cabo una búsqueda en un área llena de humo o polvo, es probable que tengan que arrastrarse y el progreso será a un ritmo muy lento.

Es un hecho que la cuadrilla viajará de acuerdo a la velocidad del miembro más lento y mantendrá la seguridad del equipo en primer lugar, pero avanzará con precaución sin perder tiempo ni ser demasiado ansiosos.

3.3.2.3 Supresión de los resultados de irrupción de agua en las minas y métodos de localización y rescate de víctimas en inundaciones.

Se debe reconocer que las inundaciones y la irrupción de agua representan uno de los escenarios más difíciles de salvamento minero. La irrupción puede matar a los mineros, las fuerzas iniciales involucradas pueden herir o atrapar a los trabajadores de las minas y es probable que dañe la infraestructura de la mina y bloquee las rutas de escape, así como las rutas de ventilación. La remoción del agua es un proceso difícil y dispendioso. La irrupción traerá contaminantes en forma no solo de gases nocivos y tóxicos o deficiencia de oxígeno, sino también de barro, suciedad, etc. Es necesario retirar los contaminantes para tener acceso a los mineros atrapados o desaparecidos.

Acciones en la mina.

El operador de la mina es responsable de iniciar inmediatamente la remoción del agua con todos los equipos de bombeo disponibles. Antes de la ocurrencia de una irrupción de agua deberían haberse convenido arreglos para el suministro de equipos de bombeo y otros recursos necesarios con las minas vecinas. Asumiendo que el operador solicita la ayuda de la Agencia Nacional de Minería y

revela la naturaleza de la emergencia, se transportará en el camión de salvamento el equipo de bombeo que pueda ser llevado en él. Adicionalmente, bombas de accionamiento eléctrico o de combustible, junto con generadores eléctricos, tubería, accesorios, flotadores, válvulas de pie, etc. Pueden requerirse durante la emergencia.

A medida que el agua es retirada de la mina la ubicación de las bombas debe variarse para mantenerlas dentro de una distancia vertical de 3 metros o dentro de la de la cabeza positiva neta de succión específica de cada bomba. El ingeniero debe confirmar que la bomba y su motor son adecuados para elevar el agua a la altura necesaria para ser evacuada y sobrepasar la línea de pérdida. Cuando se deba bombear desde mayores profundidades deberán usarse bombas de cabeza dinámica alta, bombas de turbina vertical o sistemas de bombeo multi-etapa.

Mientras el bombeo reduce el nivel de las aguas, los socorredores deben revisar la información disponible en la mina especialmente el Plano de Rescate o Plano de Emergencias como se indica a continuación.

La mina debe llevar y mantener registros muy exactos de qué personas se encuentran en la mina y la naturaleza del trabajo que está llevando a cabo. Esto permitirá al salvamento minero planificar el sitio dónde debe hacerse un intento de rescate (el mayor número de trabajadores en la posición segura más probable ofrece la mejor oportunidad de rescate).

Este control puede llevarse a cabo electrónicamente (sistema de rastreo de personal) utilizando transductores llevados por los mineros, pero un sistema de registro escrito puede resultar adecuado si se diligencia correctamente.

Como ya se estableció anteriormente el operador de la mina debe tener y mantener un plano preciso de las explotaciones en la mina con un contenido



específico para servir de apoyo a los socorredores en la atención de un incidente.

Una de las razones para ello es permitir que los grupos de salvamento puedan tomar una decisión en cuanto al lugar probable donde los mineros se encuentran y trazar rutas seguras de salida de la mina (que los mineros pueden haber tomado).

Los datos y tendencias históricas del porcentaje de oxígeno, porcentaje de metano, ppm de monóxido de carbono, y los volúmenes de flujo de aire son necesarios para que los socorredores puedan comprender de mejor manera los cambios en la concentración de gases y los peligros originados por la inundación.

La mina debe planear la respuesta a los incidentes y emergencias. Esto incluye proporcionar espacio a otras agencias como el Departamento de Bomberos o la Defensa Civil y la Cruz Roja, además de la Agencia Nacional de Minería. La mina debe revisar las rutas normales y de emergencia dentro de la mina. Un porcentaje de la fuerza de trabajo debe recorrer estas rutas de salida cada trimestre para asegurarse de que están familiarizados con ellas. En el lapso de un año, todos los mineros deberán recorrer las rutas de escape. Esta estipulación debe estar establecida en el Plan de Emergencia que la mina debe tener en cumplimiento del numeral 18 del artículo 11 de la Resolución 1016 de 1989 de los Ministerios de Trabajo y Seguridad Social y de Salud, A su vez el Plan de Emergencia deberá darse a conocer ampliamente entre los trabajadores para atender la obligación que en ese sentido fija el Artículo 29 del Decreto 1886 de 2015.

Estos planos mineros y registros del personal en la mina y la naturaleza de los trabajos deben estar disponibles en la superficie cada vez que cualquier persona se encuentra en la mina.

La mina debe suministrarles un aparato de respiración adecuado de escape a todos los mineros

(Decreto 1886/2015). Los mineros deben ser entrenados en su uso, incluyendo como ponérselo en un medio contaminado de y como cambiarlo por uno nuevo cuando el usado se agota en un entorno de atmósfera nociva. Los mineros deben repetir este entrenamiento por lo menos anualmente (se recomienda que sea trimestralmente) y ser competentes en el uso del dispositivo. El dispositivo debe ser capaz, por su duración, de asegurar que el minero pueda llegar a un punto seguro (en la superficie o en un refugio seguro) desde su lugar de trabajo, ya sea llevando la unidad con ellos o viajando a una estación de SCSR para cambiar por una unidad sin utilizar la unidad agotada que llevaba consigo.

Acciones por parte de los socorredores.

El personal de salvamento debe revisar cuidadosamente la información disponible de la mina y desplegar equipos para salvar vidas únicamente después de haber decidido que es posible salvar estas vidas y que es seguro que las cuadrillas de salvamento ingresen a la mina.

La clave de esta decisión es el nivel alcanzado por las aguas dentro de la mina y desde la perspectiva de los socorredores, cuáles son las áreas de la mina que no fueron alcanzados por esos niveles de agua, donde los mineros pueden estar localizados y pueden ser rescatados. Esta es la razón por la cual contar con cotas de elevación indicadas en los planos de la mina es tan importante para enfrentar un incidente de este tipo.

Debe considerarse la posibilidad de realizar un rescate desde la superficie (por medio de perforaciones). Esta perforación puede tener dos objetivos:

- Brindar soporte vital a los sobrevivientes mediante el suministro de agua, alimentos y comunicaciones.
- Rescatar a los mineros atrapados hacia la superficie.

- Supuestos:

1. Se asume y se cree que los trabajadores de la mina se encuentran vivos en un área de la mina debido a que el nivel del agua no es lo suficientemente alto dentro de la mina para ahogar a los supervivientes, o hay formaciones de sellamiento que permiten que se mantenga una cámara de aire.
2. Cualquier bolsa de aire es lo suficientemente grande como para mantener al personal con vida durante algún tiempo:

Los siguientes son los factores limitantes de tiempo:

- Los niveles de aire y oxígeno
- Hipotermia
- Agua
- Alimentos

Realizar un intento de rescate de estas características debe considerar:

1. El tiempo máximo para perforar un agujero desde la superficie con el fin de dar soporte vital debe ser tan corto como sea posible desde que el incidente se produjo, pero se cuenta con un máximo de 30 días en el caso de un agujero grande de rescate, siempre y cuando el soporte vital pueda ser suministrado o se tenga certeza del aprovechamiento de un refugio existente.
2. A una distancia de pocos metros de la posición del refugio o cámara con mayor probabilidad de presencia de mineros.
3. Los trabajadores mineros atrapados no se encuentran en ningún otro peligro inmediato distinto de aquellos que ya han sido enunciados.
4. El nivel del agua se encuentra por encima del refugio o cámara, pero no completamente hasta la superficie. Por lo tanto, la perforación debe tener una esclusa para evitar liberar la burbuja de aire que mantiene vivos a los mineros atrapados, de lo contrario, durante la perforación, el nivel del agua debe ser reducido hasta el nivel donde los mineros se encuentran.

5. En el rescate de Quecreek, el nivel de agua tuvo que ser reducido por debajo del nivel inferior de la burbuja de aire para asegurarse de no ahogar a los mineros atrapados cuando el taladro penetrara en la cavidad. No existe ningún sistema para hacer hermética al aire una perforación de gran diámetro (0,7 m de diámetro) a través del cual pueda realizarse la perforación.
6. La presión ejercida por el agua aumenta en 0,445 libras (psi) por pulgada cuadrada por cada 0,30 m de profundidad asumiendo que existe alguna salinidad en el agua.
7. Será suficiente aislar los acuíferos individuales en la etapa de cementación después de realizar el recubrimiento (entubar) final.
8. La adherencia del cemento debe ser hermética para aislar la sección final del agujero de las formaciones superiores.
9. Hay formaciones de arcilla que se intercalan en las secuencias de carbón, que son impermeables y por lo tanto forman sellos adecuados para el revestimiento.
10. Los agujeros deben ser perforados verticalmente o casi verticalmente.
11. Es posible que existan arcillas reactivas suprayacentes que deban ser controladas o reforzar el apoyo en las paredes de la perforación.
12. El equipo de perforación y el revestimiento utilizado será aquel que es utilizado comúnmente en la zona.
13. Se han hecho arreglos para tener acceso a los equipos y movilizarlos a la mina.

Preparación del rescate (Secuencia ideal de pasos de preparación que el operador y la Agencia Nacional de Minería han preparado para esta necesidad con anticipación a la emergencia y el perforador preestablecido puede ser notificado para mover la plataforma de perforación a la mina).

1. Notificar el incidente.



2. Seleccionar una compañía para que proporcione al jefe de perforación y brinde soporte de ingeniería para el proceso.
3. Realizar una búsqueda en las proximidades de la plataforma (para comunicaciones y soporte vital). Negociar la liberación de la plataforma.
4. Especificar la preparación del sitio, los requisitos del sitio, vías de acceso y contratistas locales.
5. Conseguir servicios y equipos de perforación de primera línea. Comenzar a redactar los contratos.
 - Fluidos de perforación.
 - Herramientas de perforación.
 - Perforación direccional y topografía.
 - Cementación.
 - Revestimiento.
 - Movilizar compañías para la preparación del sitio, los requisitos del sitio, vías de acceso, etc.
 - Obtener todos los equipos de perforación asociados:
 - Equipo rotatorio de prevención de explosiones (equipos de control de pozo).
 - Compresores y colector de aire.
 - Eliminación de líquidos y gestión de residuos.
 - Movilizar la plataforma.
 - Movilizar servicios y equipos.
 - Comenzar la perforación del agujero de soporte vital.
 - Planear la realización de un agujero de calibre grande de rescate.
 - Obtener una plataforma más grande, si es necesario
 - Obtener un revestimiento adecuado
 - Obtener equipos especializados (esclusa, aparatos de arrastre)

A partir de la información suministrada anteriormente, se debe observar que un orificio de rescate hacia la superficie es algo difícil de realizar y solo tendrá éxito si existe un conjunto determinado de criterios.

Acciones generales de salvamento minero

Al llegar al lugar, el comandante de incidente debe:

- Localizar al administrador de la mina y entrevistarlo, obtener toda la información disponible.
- Asegurar la zona o delegar esto a la policía
- Determinar qué personas se encuentran todavía en la mina y su condición
- Averiguar si las comunicaciones en la mina están funcionando
- Buscar los mineros que estén bien informados acerca de la zona inundada de la mina. Asegurarse de que los socorredores discutan qué puede esperarse con respecto a estos mineros
- ¿El ventilador se encuentra en funcionamiento; se necesita ventilación auxiliar?
- ¿Cuáles son las lecturas del gas de retorno?
- ¿Se ha desconectado la energía? ¿Cómo mantener las bombas de desagüe operando?
- ¿Se ha notificado al perforador?
- ¿Todos los organismos de apoyo han sido notificados y están en camino?
- Evaluar la situación e informar a la gerencia de la Agencia Nacional de Minería sobre el plan de rescate inicial
- Solicitar recursos y equipos adicionales en caso necesario

Los socorredores deben centrarse en el lugar donde se encuentra la mayoría de los mineros (siempre que la información disponible indique que los mineros están vivos) y desplegar cuadrillas hacia esta área. A medida que otras cuadrillas se encuentren disponibles, deben ser desplegadas para ayudar a las primeras dirigiéndose a las zonas con menor número de mineros y menores probabilidades de éxito. Las siguientes cuadrillas deben ser desplegadas para prestar asistencia. Las siguientes cuadrillas disponibles deben desplegarse (si todos los mineros siguen desaparecidos) a recorridos y rutas de emergencia posibles. A medida que se recorren las

rutas de la mina, estas deben ser revisadas a fondo para asegurarse de que puedan ser eliminadas con certeza para búsquedas posteriores. Cabe destacar que los equipos del Reino Unido que ingresan a una mina para salvar vidas, pueden ser desplegados sin respaldo. En los EE.UU. un equipo de respaldo debe estar en el lugar antes de que a cualquier equipo se le permita ingresar a la mina.

Los socorredores deben estar preparados para un largo y arduo rescate que implica largas horas de trabajo duro. La única manera probable de acceder a los mineros atrapados desde el subsuelo después de una irrupción o inundación es a través de la eliminación del agua mediante la instalación de bombas y tuberías. Estas deben encontrarse en algún lugar accesible para bombear el agua. Una vez que el agua ha sido retirada, los equipos de salvamento muy probablemente enfrentarán la necesidad de retirar barro, escombros, etc. con la mano (pico y pala) y deberán reforzarse los soportes.

Las lesiones probables que los mineros pueden sufrir después de una irrupción son las siguientes:

- Lesiones respiratorias (causadas por ahogamiento, gases tóxicos, deficiencia de oxígeno)
- Lesiones por presión
- Caídas y otras lesiones
- Shock
- Exposición
- Traumatismos

3.3.3 Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar el riesgo de inundación en la atención de emergencias mineras.

Las siguientes son las acciones que los socorredores deben realizar en el momento de encontrar mineros atrapados:

- Garantizar la seguridad de la cuadrilla mediante la medición del calor y la humedad en la zona, incluyendo revisión de los soportes de techo
- Comunicarse con la base de aire fresco (si es posible).
- Tomar y registrar las lecturas de gases en la zona donde se encuentran los trabajadores de la mina.
- Comprobar el estado de los mineros y decidir si pueden ir acompañados (a pie) hasta un sitio seguro o si algunos deben ir en camilla.
- Decidir si se requieren auto-rescatadores.
- Siempre que sea posible, acompañar a los mineros a pie hasta un sitio seguro.
- En caso de ser necesario, utilizar auto-rescatadores y acompañar a los mineros a pie hasta un sitio seguro.
- Cuando sea necesario, organizar cuadrillas para mineros que deban ser transportados en camilla.

Las siguientes son las acciones que los equipos de salvamento deben realizar cuando se localizan víctimas:

- Garantizar la seguridad de la cuadrilla, incluyendo la medición del calor y humedad en la zona.
- Comunicarse con la base de aire fresco (si es posible).
- Tomar y registrar las lecturas ambientales en la zona donde se encuentran las víctimas.
- Implementar bioseguridad
- Realizar evaluación primaria y secundaria de primeros auxilios y priorizar las víctimas.
- Llevar a cabo una Reanimación Cardiopulmonar (RCP) cuando sea necesario.
- Tratar las lesiones respiratorias en primer lugar (reanimación). Si hay más de una víctima tratar al minero con el menor número de lesiones adicionales.
- Controlar la hemorragia.
- Tratar las lesiones generadas por caídas y otras lesiones.
- Dibujar la ubicación y la posición de las víctimas.
- Tomar notas del área - no prejuzgar el tratamiento y el transporte de las víctimas.

Si hay múltiples víctimas localizadas en la misma zona, el jefe de la cuadrilla debe contar con el conocimiento, el entendimiento, la competencia y el



3.3 Causadas por Inundaciones

valor para decidir qué víctima debe ser transportada. Este es un equilibrio entre lesiones y supervivencia. La cuadrilla no debe perder el tiempo transportando a una víctima que no va a sobrevivir. Esto no solo pondría en riesgo un intento de salvar otras vidas, sino que también somete a la cuadrilla a un riesgo innecesario. Esta es una de las decisiones más difíciles que el jefe de cuadrilla debe tomar.

En la mayoría de los casos, una cuadrilla debe transportar sólo una persona en camilla. La cuadrilla sólo debe intentar transportar a más de una de las víctimas en camilla cuando se trate de casos extremos. Se debe solicitar la asistencia de cuadrillas adicionales tan pronto como sea posible.

Una vez que una víctima está respirando por sí misma, debe colocársele un dispositivo de escape de oxígeno químico o de oxígeno comprimido y su condición debe ser monitoreada continuamente.

Si el equipo tiene que transportar una víctima que tiene problemas cardíacos y respiratorios, el equipo debe colocar el dispositivo de reanimación y realizar el transporte mientras que se realiza RCP continuamente, o si esto no es posible, llevar a cabo el RCP en intervalos muy regulares durante el transporte en la medida en que lo requiera.

3.3.4 Equipos utilizados en las acciones de rescate en situaciones de emergencia mineras causadas por inundaciones.

Se inserta a continuación la matriz de los Requerimientos Mínimos de Equipos para el Servicio Nacional de Salvamento Minero que contiene el listado de equipos mínimos recomendados y opcionales para atender las emergencias causadas por inundaciones según lo descrito anteriormente.

Al final de la tabla se encuentra el significado de los símbolos empleados en ella.

Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia			
Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Inundaciones Cap 3.3
Proteccion Respiratoria			
1	Aparato de Respiración de presión positiva de autocontenido regenerativo		✓
2	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos		✓
3	Autorescatador Tipo Savox		✓
4	Autorescatador de Oxígeno Químico 90 Minutos		✓
5	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos SSR 30		✓
Monitoreo Ambiental			
6	Monitor Multigas de 6 gases		✓
7	Retractor para Monitor Multigas		✓
8	Anemómetro		✓
9	Anemómetro y termómetro		✓
10	Higrómetro giratorio y tabla		✓
11	Bombas y Tubos de Muestreo		✓
12	Bomba y fuelle y Tubos detectores		✓
Incendios y Explosiones			
13	Tuberías		0
14	Mangueras contra incendios		0
15	Acoples y accesorios para manguera		0
16	Tubos bifurcados		0
17	Boquillas		0
18	Recámaras de división		0
19	Adaptador de espuma		0
20	Pica contra incendios		0
21	Extintor de Incendios		✓
22	Baldes para Incendios		0
23	Hidrantés contra incendios		0
24	Hidrantés Mineros		0
25	Maquina de Colocamiento		0
26	Cámara de Imagen Térmica		0
Corte y Expansion			
27	Expansor Hidraulico		✓
28	Cortador		✓

29	Herramienta de Combinacion	✓
30	Cilindro hidraulico	✓
31	Bomba hidraulica de mano	✓
32	Manqueras hidraulicas	✓
33	Acoples hidraulicos	✓
34	Cadena	✓
Bolsas de Aire		
35	Cojin neumático (elevador)	✓
Caída de Alturas		
36	Dispositivos de control de descenso automático y manual	○
37	Trípode tipo Airshore	○
38	Descensores manuales	○
39	Cabos o cuerdas de anclaje	○
40	Eslinga de Sujecion	○
41	Absorbedor de energía	○
42	Eslinga con absorbedor de energia	○
43	Línea de vida retractil	○
44	Trípode	○
45	Winch o Torno	○
46	Pescante Davit	○
47	Amés de Cuerpo Completo	○
48	Trípode flexible y adaptable con marco tipo A y sistema de soporte	○
49	Correas	○
Primeros Auxilios y Recuperacion		
50	Sistema de Rescate (Camilla Sked)	✓
51	Camilla de canasta	○
52	Camilla rígida	✓
53	Cobijas	✓
54	Collarín	✓
55	Cobijas de arrastre	✓
56	Resucitador (Tipo Mars)	✓
57	Férulas	✓
58	Bolsas para cuerpos	○
Trauma Primeros Auxilios		
59	1x tarjeta guía	✓
60	Vendajes surtidos	✓

61	20 x vendajes triangulares	✓
62	3 x venda estéril para ojos	✓
63	2 x rollos pequeños de cinta autoadhesiva	✓
64	1 x Tijeras grandes	✓
65	2 x Tijeras pequeñas	✓
66	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
67	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
68	4 x Resusci aids	✓
69	2 x 500 ml enjuague ocular	✓
70	3 x vendajes superabsorbentes	✓
71	3 x vendajes para sangrado profuso	✓
72	20 x vendajes para heridas grandes	✓
73	6 x vendajes adaptables	✓
74	1 x pulsómetro	✓
75	1 x Torniquete (vendaje triangular alternativa)	✓
76	5 x gazas hemostáticas (coagulante)	✓
Primeros Auxilios Personales		
77	1x tarjeta guía	✓
78	Vendajes surtidos	✓
79	6 x vendajes para heridas grandes	✓
80	2 x venda estéril para ojos	✓
81	6 x vendas triangulares	✓
82	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
83	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
84	4 x Resusci aids	✓
Caída de Rocas		
85	Puntales	✓
86	Palancas de fricción	✓
87	Palancas hidráulicas	✓
Herramientas Generales		
88	Caja de herramientas	✓
89	Cortador de pernos	✓
90	Llave de expansión	✓
91	Llave de tubos	✓
92	Segueta y hojas de segueta	✓
93	Martillos	✓
94	Formones	✓

3.3 Causadas por Inundaciones

95	Alicates	✓
96	Destornillador plano	✓
97	Destornillador de estrella	✓
98	Cortado/cuchillo stanley	✓
99	Maseta y picas de minero	✓
Proteccion Personal		
100	Protección ocular y anteojos de seguridad	✓
101	Cascos	✓
102	Relojes	✓
103	Tabla de calor y humedad	✓
104	Lámpara Minera	✓
105	Cuerda para línea de vida	✓
106	Botellas de agua	✓
107	Línea de vida personal	✓
108	Piezas livianas de madera	✓
109	Caja de tiza	✓
Comunicaciones		
110	Sistema de comunicación emergencias mineras	✓
Libros, turnos etc		
111	Libro de registro de la base de aire fresco	✓
112	Libro de registro del comandante de incidente	✓
113	Libro de registro de superficie	✓
114	Planillas de turnos de cuadrillas	✓
115	Planillas varias	✓
116	Hojas de tiempo	✓
117	Libreta de apuntes	✓

118	Rótulos	✓
119	Señalización para base de aire fresco	✓
Otro Equipo y Repuestos		
120	Electrobombas	✓
121	Ventilador Axial	✓
122	Bomba de trasiego de oxígeno	✓
123	Testor 2100	✓
124	Test-it 6100	✓
125	Termómetro	✓
126	Gases para calibración de multidetectores	✓
127	Agua destilada	✓
128	Desinfectante para los equipos	✓
129	Secador	✓
130	Tablas, tubos y agua	✓
131	Baterías para los bodyguard	✓
132	Tabla para mapas, regla, plumas y lápices	✓
133	Tablas clip	✓
134	Registros médico y de entrenamiento socorredores	✓
135	Planillas de chequeo de BG4	✓

✓	Requerido
O	Opcional pero sugerido
A	Detalles proporcionados

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5 Referencias

Calder, J.W. (1973)
Inrush at Lofthouse Colliery
Yorkshire, UK. H.M.S.O. Government Bookshops

Gleision Mine Incident (2011)
Health & Safety Executive, UK. www.hse.gov.uk

Mine Disaster at Quecreek (2002)
US Government Publishing Office. www.gpo.gov

Mines Regulations (2014)
Part 7 – Surveyors and Plans. Regulations 58 and 59.
Health & Safety Executive, UK. www.hse.gov.uk

Mines Regulations (2014)
Regulation 33 – Precautions against inrushes
Regulation 34 – Information about inrush hazards
Regulation 35 – Workings in potentially hazardous areas

Health & Safety Executive, UK.
www.hse.gov.uk/mining

Prevention of Inrushes in Mines (1993)
Approved Code of Practice, Practical Guidance
Health & Safety Executive, UK. www.hse.gov.uk

National Coal Board, Codes & Rules CR/1 Surveying
Practice (1984)



ANEXO 1

Evaluación del Riesgo

El siguiente es un ejemplo de evaluación del riesgo de inundación en una mina de carbón. La irrupción de agua constituye un importante peligro potencial identificado en la mina. La mina es poco profunda con respecto a su relación con la superficie; la profundidad de las explotaciones de la mina es de aproximadamente 50 metros desde la superficie, con masas de agua superficial más cercanas a las explotaciones de la mina. La posición de un río que pasa a través del sitio de la mina y que se encuentra adyacente a las entradas de admisión y de retorno y la presencia de explotaciones anteriores también plantean riesgos potenciales en materia de irrupción.

La evaluación realizada sobre el riesgo de irrupción toma en consideración las barreras de prevención y mitigación para controlar el peligro. Estos controles se describen con más detalle en esta sección. Cuando existen otros documentos relacionados con el control, estos han sido mencionados. Para ayudar en el control del riesgo, se obtiene asistencia de diversas fuentes de información; esto incluye el Reglamento de Seguridad en Las Labores Mineras Subterráneas en Colombia.

Evaluación del riesgo de irrupción

- Las precauciones contra irrupciones dentro de la mina se encuentran asociadas con el riesgo de:
 - Gases de explotaciones en desuso (ya sea provenientes de explotaciones en la mina o de otra naturaleza); o
 - Agua o materiales que fluyen o que es probable que fluyan cuando están en presencia de agua, provenientes de cualquier fuente.
- La evaluación realizada sobre el riesgo identifica los peligros, decide quién puede resultar perjudicado, evalúa el riesgo e identifica las medidas de control asociadas con el riesgo de

irrupción. Los riesgos identificados son los siguientes: -

- Cuerpo de agua superficial (es decir un lago, río o cualquier otra masa de agua superficial). Una presa construida en las inmediaciones tiene una masa de agua que conlleva un riesgo para la mina.
- El agua superficial que fluye hacia la mina. Un río que pasa por el sitio de la mina constituye un riesgo de inundación.
- Las vías en desuso que puedan contener agua y que sean interceptadas al construir cruzadas a vías o mantos cercanos.
- Estratos que contienen o que pueden contener agua.
- Otros materiales que pueden fluir cuando están mojados.

Competencia

Las competencias que se requieren de todo el personal involucrado en el manejo e implementación de medidas de control en contra de irrupciones se identifican en el Sistema de Gestión de Competencia (CMS) de la mina. La matriz de responsabilidades ayuda a determinar las competencias requeridas para las diferentes tareas.

Planeación

- Antes de iniciar el trabajo en cualquier área de la mina, el operador de la mina debe obtener información sobre la presencia o ausencia de una zona potencialmente peligrosa.
- Esta información será utilizada para determinar si la zona de la mina en que se desarrollan trabajos se encuentra en la proximidad de una zona potencialmente peligrosa. La clasificación de áreas potencialmente peligrosas corresponde a cualquiera de los siguientes factores o a una combinación de los mismos:
 - Cualquier explotación en desuso (ya sean explotaciones mineras o de otra índole).
 - Cualquier roca o estrato que contenga o que pueda contener agua.

- Cualquier material que fluya cuando está mojado.
- Cualquier masa de agua superficial.
- La información utilizada para valorar el riesgo es la siguiente:
 - Los planos de abandono y documentos asociados con el cierre de minas vecinas.
 - Informes geológicos para establecer el tipo, espesor y propiedades (por ejemplo, fallas, juntas, cavidades y lechos) de los estratos.
 - Enlaces con otras organizaciones (por ejemplo, la Agencia Nacional de Minería, autoridades locales de planeación, el Servicio Geológico de Colombia), Oficinas Municipales de Gestión del riesgo.
- Cualquier información relevante debe estar indicada en un plano de trabajo de la zona.

Explotaciones mineras en áreas potencialmente peligrosas

- Debe llevarse a cabo una evaluación documentada del riesgo de irrupción para determinar las medidas de precaución necesarias para mitigar dicho riesgo, antes de emprender cualquier trabajo en un área de la mina que se encuentra dentro de:

Una distancia menor a 45 metros (medidos en cualquier plano) de:

- La superficie
- Cualquier roca o estrato que contenga o que pueda contener agua
- Cualquier material que fluya cuando está mojado, o

Una distancia menor a 37 metros (medidos en cualquier plano) de explotaciones mineras en desuso

- Los riesgos de irrupción serán eliminados cuando sea posible, o evitados al mantener una distancia de separación adecuada.

- La mina debe dejar un espesor adecuado de estratos impermeables entre la parte superior del manto explotado y la base de cualquier cuerpo de agua para asegurarse de que no se desarrolle ninguna conexión.

Control

- Cuando la evaluación del riesgo indique que es necesario implementar medidas preventivas, lo siguiente debe haber sido ejecutado antes de que comiencen los trabajos:
 - Un esquema adecuado diseñado para prevenir cualquier irrupción
 - La implementación de las medidas de precaución
- El esquema será monitoreado continuamente y será evaluado nuevamente después de cualquier cambio en las circunstancias. Se mantendrá una copia del esquema en la mina hasta que el trabajo en esa área de la mina se haya completado.
- Cuando se requieran medidas de precaución, se debe establecer un esquema de trabajo para controlar el riesgo de cada situación e indicar:
 - El método de trabajo
 - Cualquier operación propuesta de desagüe o desgasificación
 - Los equipos que serán utilizados
 - Las normas que deben aplicarse
 - Las medidas de supervisión, inspección y gestión para monitorear y hacer cumplir las normas.
- Cualquier pozo perforado con fines de pruebas o desagüe debe estar diseñado y ubicado en un lugar seguro para la perforación y para el uso. Se debe elaborar un sistema seguro de trabajo para las operaciones de perforación y el manejo de cualquier volumen de agua o gases disueltos que pueda encontrarse. Se debe planear cualquier pozo de sondeo en el contorno más probable de esas explotaciones antiguas y no penetrar directamente en ellas a menos que se necesite una localización exacta de la masa de agua o de la presión del agua.

3.3 Causadas por Inundaciones

- Para el riesgo de desbordamiento de agua de un río, la mina debe obtener información proactiva por parte de la Corporación Ambiental, esto incluye el caso en que se deban cerrar las puertas de inundación aguas arriba. Se debe establecer un procedimiento documentado para realizar seguimiento y reaccionar ante diferentes niveles hídricos.

Medición y monitoreo

- Los requisitos de inspección serán identificados en el documento de medidas de precaución al que se hace referencia en el apartado anterior sobre Control.
- El manejo de irrupciones estará sujeto a una auditoría de manejo en intervalos no mayores a 12 meses.

Medidas de emergencia

- El proceso de evacuación de cualquier irrupción se encuentra cubierto en el plan de escape y rescate de minas.

Indicadores de desempeño en seguridad (SPI)

- A continuación, se presentan los principales indicadores retrospectivos de SPI para el control proactivo del riesgo de irrupción. El equipo de manejo revisará estos indicadores cada mes.
 - Evaluaciones del riesgo de irrupción con respecto al plan (líder)
 - Alarmas en el monitoreo de un río (retrospectivo)

Responsabilidades por Riesgo de Irrupción

	Sistema de administración de Competencias	Diseño	Instalación y puesta en operación	Inspección, pruebas y mantenimiento	Esquemas de emergencia / seguridad
Operador de la mina	<p>Proporcionar CMS adecuado</p> <p>Establecer y registrar estructura de manejo adecuada</p> <p>Determinar los requisitos de competencia</p>	<p>Obtener información relevante a partir de fuentes externas</p> <p>Aprobar la evaluación de irrupción</p>			<p>Desarrollar el plan de escape y rescate.</p> <p>Desarrollar la política de investigación de incidentes</p> <p>Garantizar la planeación de simulacros de seguridad</p> <p>Garantizar las instalaciones de rescate</p>

Responsabilidades por Riesgo de Irrupción

	Sistema de administración de Competencias	Diseño	Instalación y puesta en operación	Inspección, pruebas y mantenimiento	Esquemas de emergencia / seguridad
Director de Mina	Implementar CMS	Preparar evaluación de irrupción Evaluar y desarrollar medidas de precaución Diseño de sistemas de desgasificación	Implementación de medidas de precaución	Planear y liderar auditorías del sistema	Poner en práctica simulacros de seguridad Seleccionar y garantizar personal de salvamento competente
Ingeniero Eléctrico	Identificar los requerimientos de capacitación y examen de competencia		Instalar equipos de monitoreo adecuados	Presentar el programa previsto de mantenimiento eléctrico de los componentes del sistema Participar en las auditorías del sistema	

Responsabilidades por Riesgo de Irrupción

	Sistema de administración de Competencias	Diseño	Instalación y puesta en operación	Inspección, pruebas y mantenimiento	Esquemas de emergencia / seguridad
Ingeniero Mecánico	Identificar los requerimientos de capacitación y examen de competencia	Diseño mecánico de equipos y sistemas Diseño de sistemas de desagüe	Proporcionar documentos estándar (mecánicos). Puesta a punto mecánica	Esquema de mantenimiento mecánico Participar en las auditorías del sistema	
Subdirector	Identificar los requerimientos de capacitación y examen de competencia	Implementar el sistema		Supervisión de inspecciones	
Topógrafo de la Mina		Iniciar la evaluación de irrupción Registro de peligros potenciales en el plan de la mina			
Funcionarios de la Mina		Implementar el sistema		Llevar a cabo y registrar inspecciones reglamentarias Inspeccionar las medidas de precaución	

Responsabilidades por Riesgo de Irrupción

	Sistema de administración de Competencias	Diseño	Instalación y puesta en operación	Inspección, pruebas y mantenimiento	Esquemas de emergencia / seguridad
Técnicos			Realizar instalaciones de acuerdo con un estándar	Lista de verificación de inspecciones, pruebas y mantenimientos	

EVALUACIÓN DE RIESGOS

RIESGO PRINCIPAL

IRRUPCIÓN

E = Empleados

C = Contratistas

P = Público

V = Visitantes

Riesgo No.	Riesgo	Efecto del riesgo	Evaluación Inicial				Medidas de Control de Riesgos	Riesgo Residual		
			Quiénes y cuántos afectados	Gravedad	Probabilidad	Riesgo evaluado		Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado
1.	Cuerpo de agua superficial	Muerte (múltiple)	Empleados 20 Contratistas 1	5	5	25	Medidas Preventivas <ol style="list-style-type: none"> 1. Recopilar información y elaborar la evaluación del riesgo de irrupción 2. Planes de minería precisos y actualizados 3. Presencia de estratos impermeables entre explotaciones y masa de agua 4. Inspecciones de la mina 5. Auditorías al sistema de gestión Medidas de Mitigación <ol style="list-style-type: none"> 6. Plan de escape y rescate 7. Fuerza de trabajo capacitada en procedimientos de emergencia 8. Simulacros de seguridad 9. Procedimientos de aislamiento 	5	1	5

3.3 Causadas por Inundaciones

E = Empleados

C = Contratistas

P = Público

V = Visitantes

Riesgo No.	Riesgo	Efecto del riesgo	Evaluación Inicial			Medidas de Control de Riesgos	Riesgo Residual			
			Quiénes y cuántos afectados	Gravedad	Probabilidad		Riesgo evaluado	Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado
2	Agua superficial que ingresa a la mina	Muerte (múltiple)	Empleados 20 Contratistas 1	5	4	20	Medidas preventivas 1. Recopilar información y elaborar la evaluación del riesgo de irrupción 2. Monitoreo del pronóstico del tiempo 3. Monitoreo de la información de la Agencia Ambiental 4. Información relativa a compuertas de inundación 5. Inspección y monitoreo del nivel hídrico con alarmas configuradas 6. Procedimiento de monitoreo documentado y personas competentes entrenadas en su uso 7. Auditoría del sistema de manejo Medidas de Mitigación 7. Plan de escape y rescate 8. Fuerza de trabajo capacitada en procedimientos de emergencia 9. Simulacros de seguridad 10. Procedimientos de aislamiento	5	1	5



3	Gas o material que fluye que a partir de explotaciones en desuso	Muerte (múltiple)	Empleados 20 Contratistas 1	5	5	25	Medidas Preventivas <ol style="list-style-type: none"> 1. Planos precisos de la mina 2. Evaluación del riesgo de irrupción para el área de la mina 3. Control de la distancia desde el peligro 4. Esquema adecuado 5. Perforación de precaución 6. Monitoreo de la deficiencia de oxígeno en el ambiente a través de CO₂ y N₂ y grisú por parte de funcionarios competentes 7. Multidetectores de gases calibrados 8. Sistema seguro de trabajo para operaciones de perforación 9. Plan para el manejo de cualquier volumen de agua o gas encontrado 10. Esquema adecuado 11. Auditoría del sistema de manejo Controles de Mitigación <ol style="list-style-type: none"> 12. Plan de escape y rescate 13. Fuerza de trabajo capacitada en procedimientos de emergencia 14. Simulacros de seguridad 15. Procedimientos de aislamiento 	5	1	5
---	--	-------------------	--------------------------------	---	---	----	---	---	---	---

3.3 Causadas por Inundaciones

Gravedad:	Probabilidad:	Riesgo	Gravedad					Revisado	Fecha	
1 = Insignificante - sin lesiones de primeros auxilios, sin pérdida de tiempo	1 = Ocurrencia muy poco probable	evaluado:	5	4	3	2	1	RA desarrollado / revisado	Febrero de 2016	
2 = Menor – lesión leve de primeros auxilios, pérdida de tiempo menor a 7 días	2 = Ocurrencia poco probable		5	25	20	15	10			5
3 = Tiempo Perdido - lesión o enfermedad que causa una pérdida de tiempo más de 7 días	3 = Ocurrencia probable		4	20	16	12	8			4
4 = Importante - lesiones graves con una pérdida de tiempo extrema	4 = Ocurrencia muy probable		3	15	12	9	6			3
5 = Fatal - fatalidad o interrupción importante	5 = Ocurrencia casi que segura		2	10	8	6	4			2
		probabilidad	1	5	4	3	2	1		

Acceptabilidad de los riesgos evaluados: **16-25** = Riesgo Intolerable (*acción esencial*) **9-15** = Riesgo Tolerable con permiso del Operador Minero **1-8** Tolerable





3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.



3.4

Causadas por deficiencia de oxígeno y atmósferas irrespirables.

Página

3.4 – 23 Flujo de aire normal en una instalación de ventilador axial.....	361
3.4 – 24 Flujo de aire invertido en una instalación de ventilador axial.....	361
3.4 – 25 Tubo de Pitot.....	362
3.4 – 26 Anemómetro.....	362
3.4 – 27 Anemómetro AM500.....	362
3.4 – 28 Medición con anemómetro.....	363
3.4 – 29 Ventilación en serie.....	365
3.4 – 30 Ventilación en paralelo.....	365
3.4 – 31 Ventilación auxiliar forzada y de extracción.....	367
3.4 – 32 Ventilación auxiliar combinada.....	368
3.4 – 33 Ventilación auxiliar de recirculación controlada.....	369
3.4 – 34 Tiempo de permanencia de una cuadrilla con temperatura y humedad variables.....	374
3.4 – 35 Diseño y construcción del auto-rescatador MSA AUER SSR 90.....	383
3.4 – 36 Diseño y construcción del auto-rescatador Ci-30KS.....	385
3.4 – 37 Diseño y construcción del auto-rescatador Ci-30KS 2.....	385
3.4 – 38 Ficha técnica auto-rescatador Ci-30JS.....	386
3.4 – 39 Refugio bajo tierra.....	388
3.4 – 40 Equipo de protección respiratoria Fleuss.....	398
3.4 – 41 Equipo de protección respiratoria Proto.....	398
3.4 – 42 Equipo de protección respiratoria Drager BG4.....	399
3.4 – 43 Equipo de protección respiratoria de circuito abierto.....	400
3.4 – 44 Equipo de suministro de aire en línea.....	403
Anexo 1: EVALUACIONES DE RIESGOS.....	409
Anexo 2: GRADIENTE GEOTÉRMICO PARA COLOMBIA.....	412
Apéndice 1: Un ejemplo de códigos y normas relacionadas con la ventilación, la planificación y los equipos.....	413
Apéndice 2: Un ejemplo de códigos y normas para los cabezales rellenos de gas.....	430
Apéndice 3: Un ejemplo de códigos y normas para la ventilación auxiliar.....	433

3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.

3.4. Causadas por deficiencia de oxígeno y atmósferas irrespirables.

3.4 Atmósferas irrespirables subterráneas

La cuarta sección del Capítulo 3 define el conocimiento necesario y los métodos empleados para atender situaciones de aire contaminado en las minas subterráneas. Cuando el aire se vuelve tóxico o deficiente en oxígeno se denomina irrespirable y es dañino para la salud no siendo capaz de soportar la vida. Si un cambio en la calidad del aire se presenta, es posible que los mineros tengan muy poco tiempo para protegerse según la causa. Incendios, explosiones, entrada súbita de gas, caída de un segmento grande de techo o explosivos son causas comunes de grandes y repentinos cambios de la calidad del aire en los sitios de trabajo subterráneo.

La ventilación moverá los contaminantes a otras áreas de la mina donde los trabajadores no estarán advertidos de la ocurrencia de un evento lesivo. Por lo tanto, las mediciones regulares de las concentraciones de metano, monóxido de carbono y oxígeno deben hacerse con la frecuencia adecuada para detectar oportunamente estos fenómenos de contaminación. Todo túnel no ventilado o ventilado pobremente debe considerarse como de mala calidad de aire hasta demostrar lo contrario. Si se encuentra en este documento alguna afirmación que contradiga lo establecido por el Decreto 1886 de 2015 u otras regulaciones de la ANM, el Decreto y las regulaciones prevalecen.

Cuando se realizan operaciones mineras subterráneas, se producen de forma natural polvo y gases. Se reconoce que estas sustancias son dañinas para la salud y, si no se controlan, pueden representar un peligro inmediato para las personas. Las naciones mineras suelen introducir legislación que obliga al monitoreo y control del ambiente de las minas, poniendo en conocimiento de los mineros los niveles seguros a que pueden estar expuestas las personas ante una concentración de gases peligrosos para la salud y la vida. Se busca así minimizar la exposición y el riesgo de los trabajadores expuestos a estas sustancias.

Por lo general, la legislación asigna a los operadores de la mina, los titulares y los explotadores la responsabilidad de garantizar que la calidad del aire de la mina que circula por las obras se mantenga dentro de ciertos límites, por lo tanto, es su responsabilidad garantizar que:

- Haya un sistema de ventilación en la mina que sea apropiado y adecuado.
- Dicho sistema sea continuo y suficiente para garantizar que no contiene menos de 19,5 % de oxígeno por volumen.
- La temperatura y la humedad resultantes sean razonables, teniendo en cuenta los métodos de trabajo.
- Haya suficiente ventilación para diluir los gases tóxicos e inflamables y remover sustancias peligrosas, como el polvo inhalable.

Las sustancias nativas (presentes por naturaleza), como polvo y gases de la mina, por lo general se controlan mediante equipos de supresión de polvo, ventilación adecuada y, como último recurso, el uso de equipos de protección personal. En la mayoría de los casos, la combinación de estas precauciones garantiza que la calidad del aire en la mina permanezca en niveles aceptables.

En condiciones adversas como incendio, explosión, combustión espontánea, etc., los gases de las minas y otras sustancias producidas pueden presentarse en cantidades que exceden ampliamente los límites permisibles establecidos por cualquier legislación vigente. En estos casos, puede haber un riesgo significativo para la salud, y es imperativo que los operadores de la mina y el personal de Salvamento Minero en particular, entiendan y aprecien los límites permisibles (límites de exposición) para las sustancias y gases que se encuentren. Esta sección se concentrará en algunos de los gases asociados con la minería subterránea, particularmente la minería de carbón, junto con su relevancia para las operaciones de rescate.

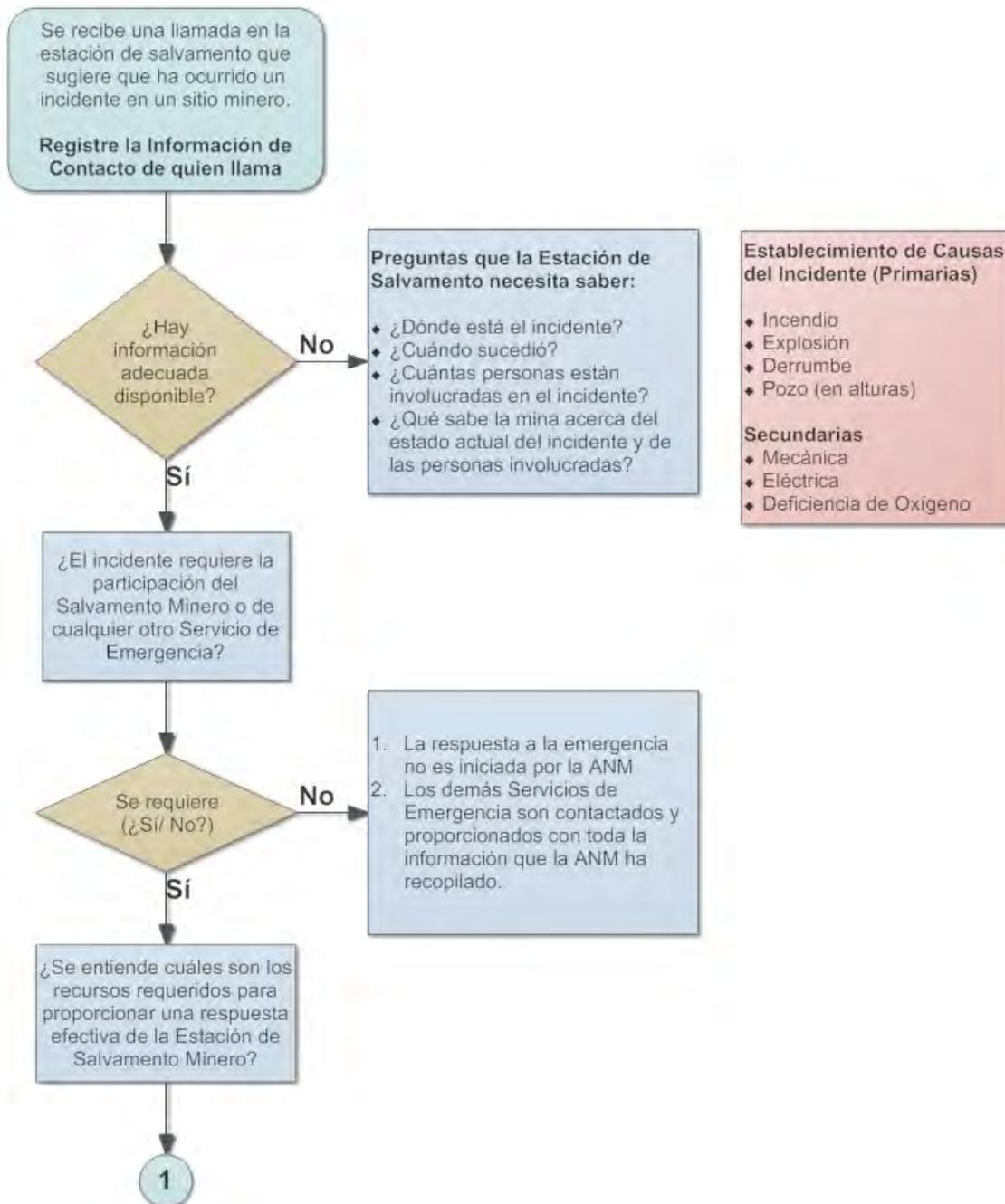
Diagrama de Flujo de Salvamento Minero

Esta sección proporciona un diagrama de flujo que fue diseñado para ayudar en la toma de decisiones en fases críticas del salvamento, a saber:

1. En el momento en que se recibe la llamada inicial, y;
2. Antes del despliegue

El diagrama de flujo también plantea una ruta para ofrecer informes efectivos después del despliegue de una cuadrilla de salvamento minero, con el fin de garantizar que:

1. Se identifique y se maneje de forma efectiva cualquier problema que potencialmente pueda afectar la capacidad de un socorredor minero para actuar adecuadamente (por ejemplo, el Estrés Postraumático).
2. Se identifique cualquier problema que haya afectado la efectividad y la eficiencia del esfuerzo de salvamento minero y, según corresponda, se revise la eventual necesidad de introducir ajustes a las directrices, normas y planes de lecciones previstos para el entrenamiento. (Diagrama de Flujo de Acciones de Salvamento, elaboración propia)

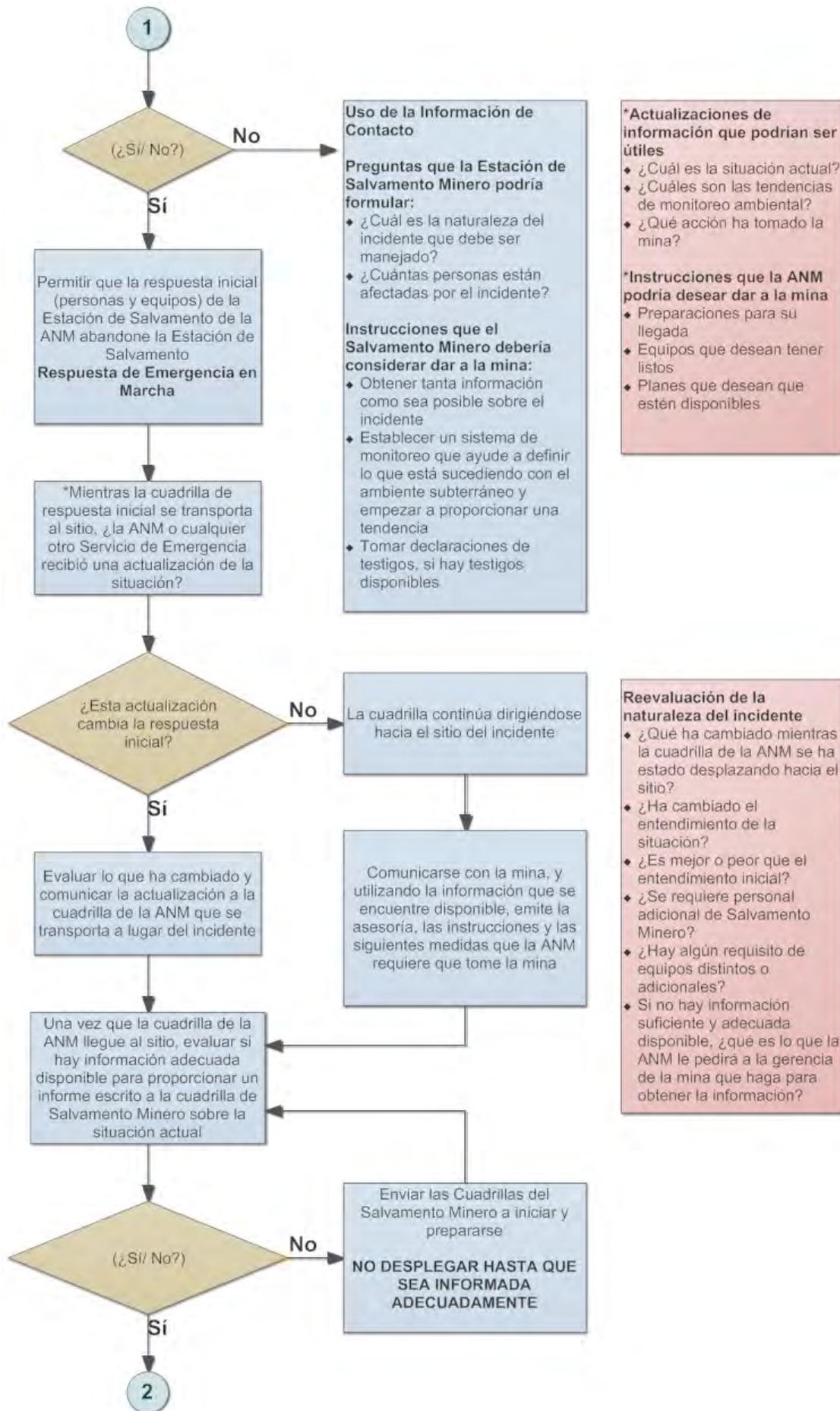


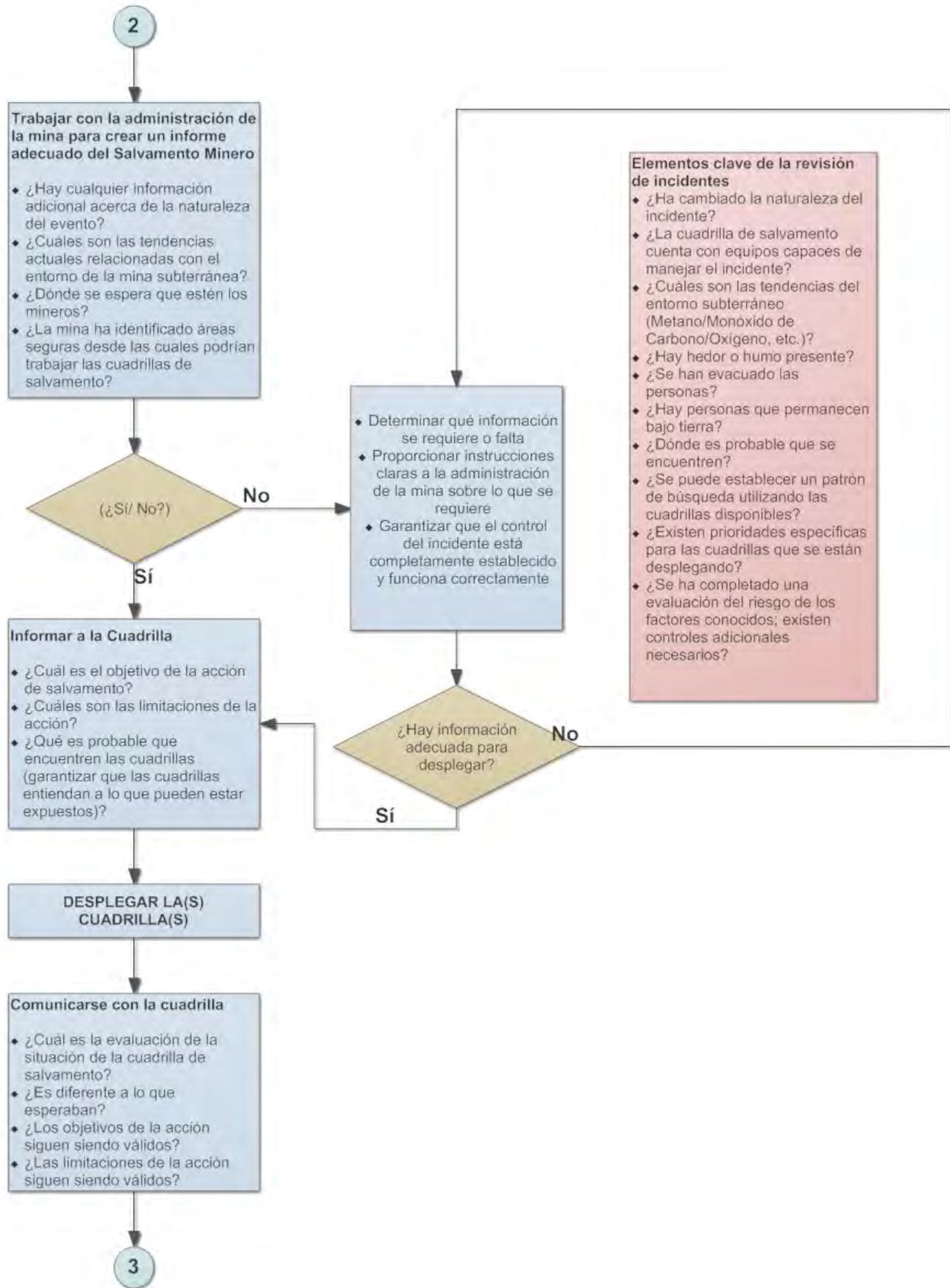
Establecimiento de Causas del Incidente (Primarias)

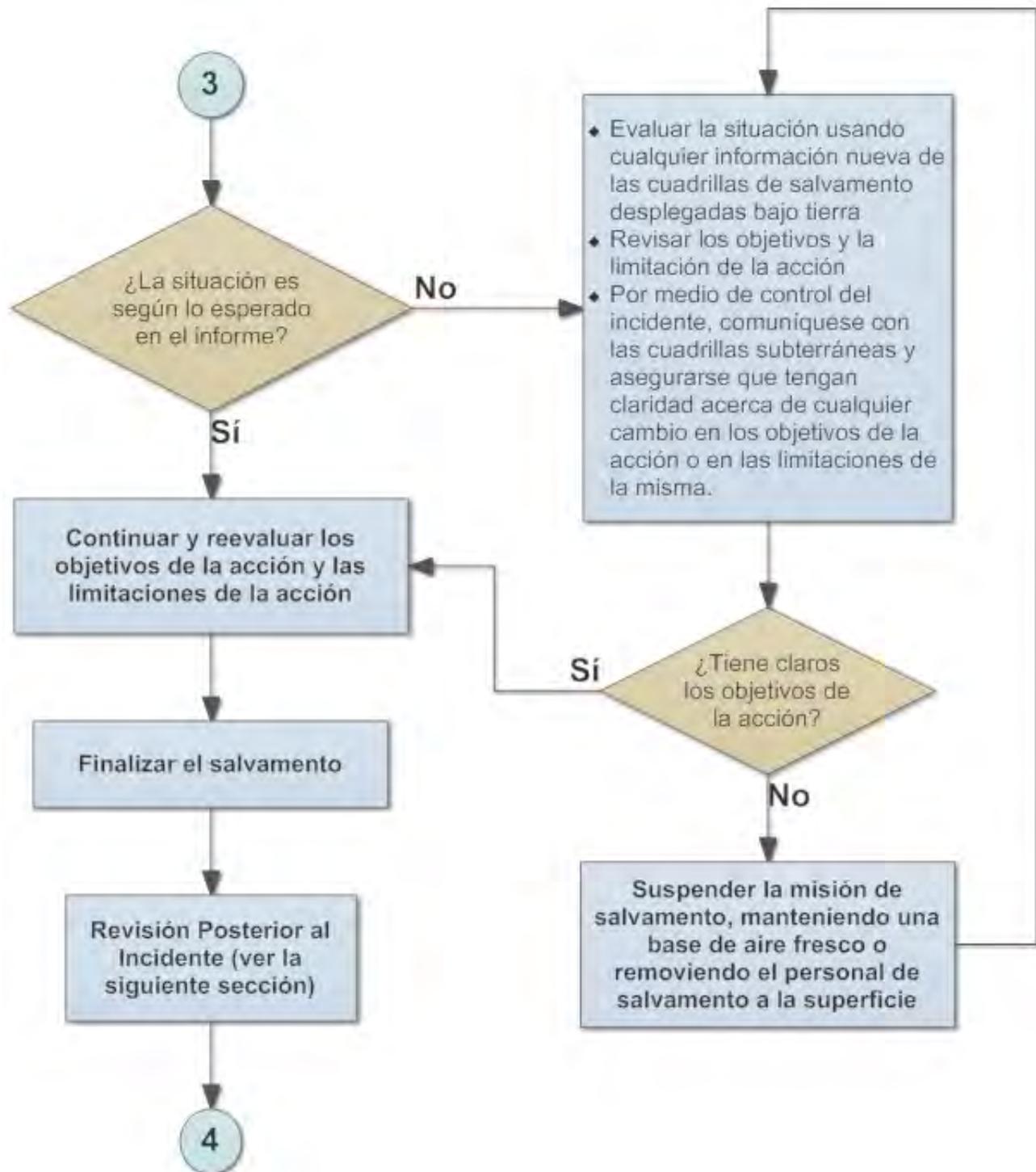
- ◆ Incendio
- ◆ Explosión
- ◆ Derrumbe
- ◆ Pozo (en alturas)

Secundarias

- ◆ Mecánica
- ◆ Eléctrica
- ◆ Deficiencia de Oxígeno







Revisión Posterior a un Incidente

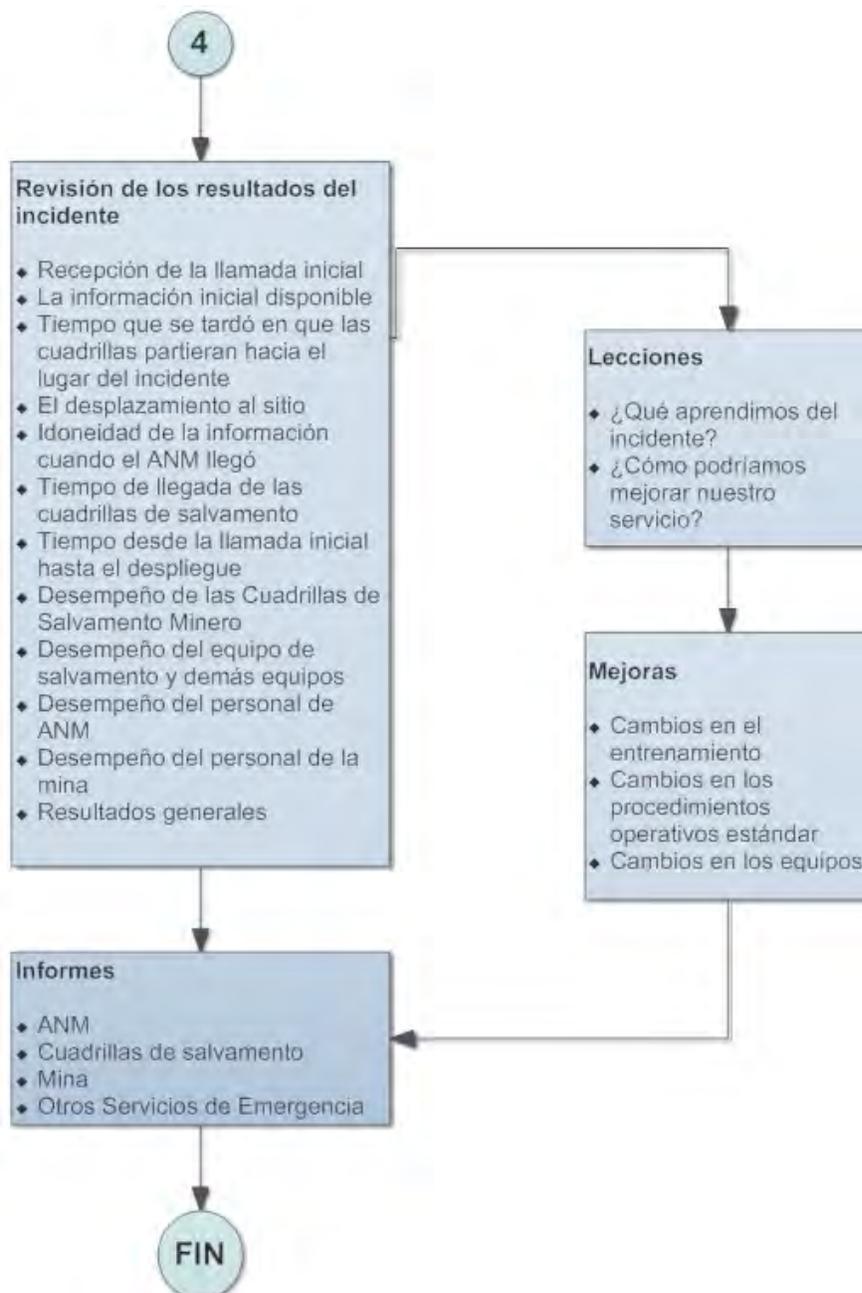
Una vez se haya completado el salvamento o incidente, se deberá realizar una revisión de las acciones ejecutadas y los resultados obtenidos tan pronto como sea posible. La revisión posterior al incidente se realizará con los objetivos clave de:

1. Tratar de establecer el motivo por el cual ocurrió el incidente (esto no hace parte de la mejora en la respuesta de salvamento, pero es importante para que la administración local de la mina y los operadores de la mina puedan tomar mayores medidas preventivas en el sector)

[si se hace alguna referencia a la investigación de incidentes, se puede hacer aquí]

2. Establecer la efectividad de la respuesta de salvamento

3. Documentar cualquier resultado clave del salvamento de manera que los lineamientos, estándares y entrenamiento se puedan mejorar continuamente



Evaluación de Incidentes

La naturaleza de una situación de emergencia puede significar que cada una es levemente diferente, y por lo tanto es casi imposible desarrollar un enfoque estándar para manejar una emergencia. Sin embargo, es posible desarrollar un enfoque común para el desarrollo de la comprensión inicial y la reacción inicial frente a la mayoría de los principales peligros mineros.

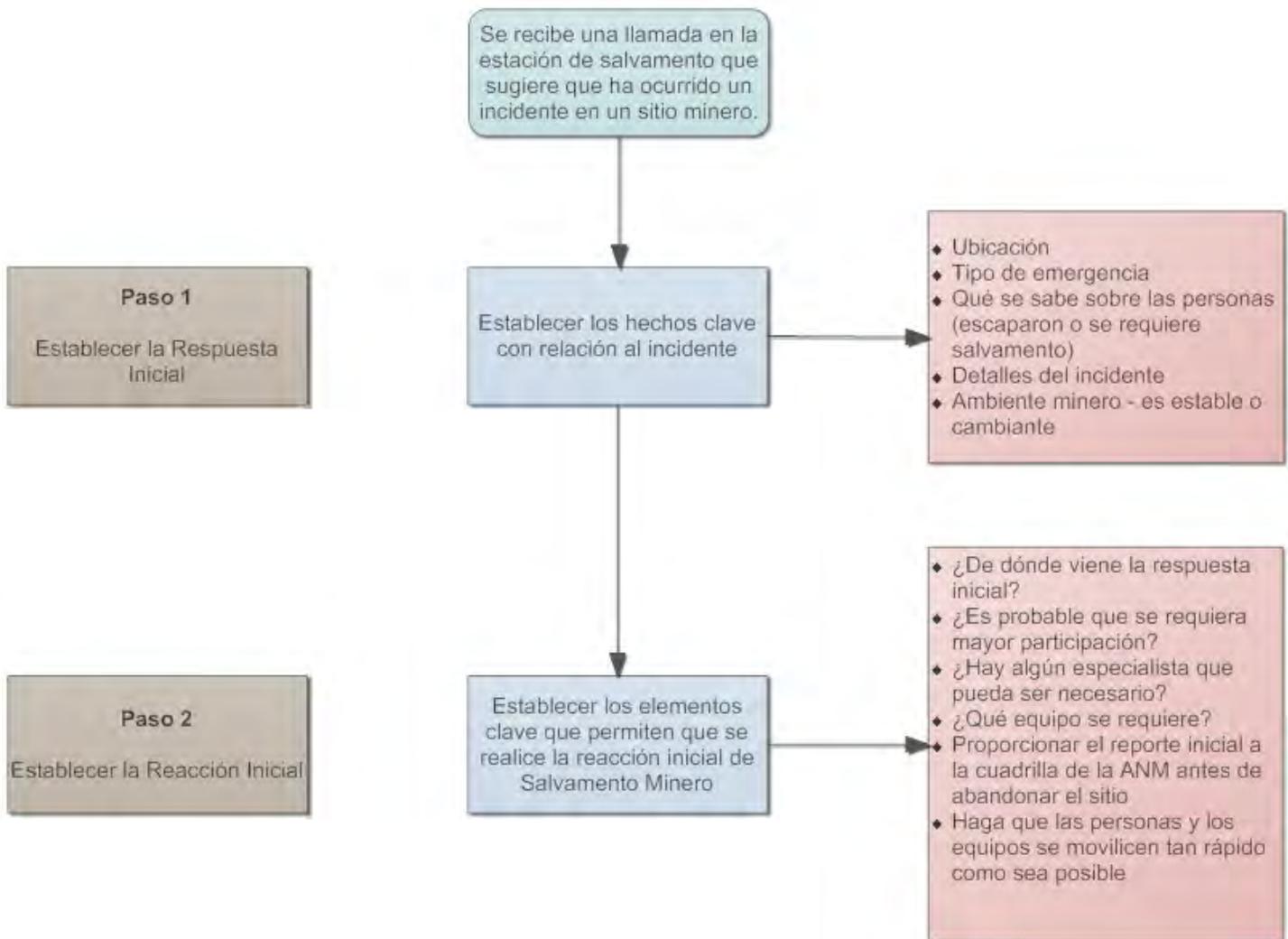
Esta sección considera que los principales peligros mineros son:

- Incendios subterráneos
- Explosiones subterráneas
- Control de suelo/deslizamiento
- Derrumbes
- Caídas de altura

Esta sección no tiene en cuenta los elementos que contribuyen a las principales amenazas mineras (especialmente incendios y explosiones subterráneas). Las áreas, por lo tanto, no cubiertas incluyen:

- Problemas mecánicos
- Problemas eléctricos

(Diagrama de Flujo de Evaluación de Incidentes, Elaboración propia)



3.4.1 Gases en minas y límites permisibles

Las atmósferas de las minas pueden contaminarse con una variedad de sustancias diferentes, incluyendo gases, polvo, vapores y, posiblemente, incluso materiales radioactivos. Junto con ellos, la humedad relativa en la atmósfera de una mina, puede tener efectos adversos sobre las personas, como se verá más adelante. De igual forma, la temperatura de la atmósfera de la mina se verá afectada por la profundidad de las obras y por la disipación del calor de la maquinaria y los equipos eléctricos. Los efectos de la velocidad del aire al interior de las obras de la mina también son importantes. Todos estos factores deben tenerse presentes cuando se considere estudiar las condiciones de trabajo de una mina en relación con su atmósfera.

Un sistema de ventilación será apropiado dependiendo del tipo de mina, de los peligros potenciales relacionados con sus actividades y de la extensión de las áreas que necesiten ventilación.

Los peligros a ser considerados por los operadores de la mina al diseñar el sistema de ventilación incluyen:

- a) gases inflamables
- b) gases tóxicos o asfixiantes
- c) sustancias peligrosas
- d) niveles de producción
- e) temperatura y humedad

Los gases tóxicos y las sustancias nocivas se deben monitorear para garantizar que las zonas de trabajo se mantengan apropiadamente seguras para las personas que permanezcan en ellas, aunque en algunos casos la permanencia se reduzca a cortos periodos de tiempo.

Diversas entidades de investigación han establecido las concentraciones máximas a que puede exponerse el ser humano durante determinados tiempos de permanencia en dicho medio, sin ser afectado en la salud. Estos niveles de concentración se denominan límites permisibles y se han fijado como promedios

ponderados en el tiempo para lapsos de 8 horas, denominados Límites Permisibles de Largo plazo y para 15 minutos, denominados Límites Permisibles de Corto Plazo.

Estos límites han sido establecidos para gases y para otras sustancias, y se revisan cada cierto tiempo para confirmar su aplicabilidad. Así mismo, han establecido estándares, aceptados prácticamente en todo el mundo, que ofrecen orientación y permiten entender mejor los límites de exposición de los gases y sustancias peligrosas.

Se incluyen a continuación definiciones y explicación de abreviaturas usadas en este documento para su mejor comprensión:

Definiciones y Abreviaturas:

Gases

Es el término general de la minería para productos gaseosos presentes en las minas, o formados en ellas, especialmente minas de carbón, y que son diferentes del aire puro. (Metano, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Nitrógeno, Sulfuro de hidrógeno). El Metano es el principal componente del gas Grisú; en el Reino Unido se dan nombres a algunas mezclas de gases propias de las minas como: Gas Blanco constituido principalmente por Monóxido de Carbono; Gas Negro que es una mezcla de Dióxido de Carbono y Nitrógeno en cantidades mayores al aire normal; Gas Apestoso nombre dado al Sulfuro de hidrógeno; a la mezcla de gases resultantes de una explosión se les conoce como Gas Posterior.

En Colombia se denomina gas dormilón o gas de muerte dulce al monóxido de carbono.

Gravedad Específica

El peso de un gas en comparación con el peso del mismo volumen de aire, a la misma temperatura y presión.

Inflamable

Que se inflama o arde con facilidad y, cuando se mezcla con aire dentro de ciertos límites, propagará las llamas alejándose de la fuente de ignición. Algunas veces, estos límites son denominados límites de explosividad porque la presión se suele relacionar con la propagación de las llamas.

ppm

Partes por millón; factor usado para medir la cantidad de una sustancia presente en muy pequeñas cantidades dentro de otra abundante, particularmente aquellas que pueden ser dañinas para la salud en cantidades muy pequeñas.

Límite Máximo de Exposición (MEL, por sus siglas en inglés)

La concentración máxima de una sustancia en el aire promediada sobre un periodo de referencia (por ejemplo, un término de 8 horas) a la cual los trabajadores pueden exponerse por inhalación en cualquier circunstancia. Estas sustancias generan efectos agudos y, por lo tanto, estos límites nunca se deben superar.

Estándar de Exposición Ocupacional (OES, por sus siglas en inglés) o Límite de Exposición de Largo Plazo o VLP TWA según los términos del Decreto 1886 de 2015.

Es la concentración de una sustancia en el aire durante un periodo de referencia de la que no hay evidencia que produzca daño para la salud de los trabajadores por una exposición repetitiva (día tras día) por inhalación.

Límite de Exposición a Corto Plazo - (15 minutos) o VLP STEL según el Decreto 1886 de 2015.

Concentraciones máximas de un contaminante en el aire por encima de las cuales no debería estar expuesto un trabajador durante un tiempo mayor a 15 minutos.

Sustancias peligrosas

Las personas están expuestas a una diversidad de sustancias en su trabajo (por ejemplo, en la minería, pueden ser gases, humos, polvos, químicos, etc.) que, bajo ciertas circunstancias, pueden tener efectos dañinos en su salud. Si la exposición a una sustancia peligrosa no se controla apropiadamente, puede causar problemas de salud al trabajador al respirarla, tragarla, absorberla por la piel, inyectarla o a través, incluso, de los conductos lagrimales del ojo. Puede que algunas de las enfermedades causadas no aparezcan sino hasta un largo tiempo después de la primera exposición; por lo tanto, es importante saber con anticipación cómo proteger a las personas que

puedan estar en contacto con estas sustancias peligrosas ya que pueden verse afectados por ellas. Los límites de exposición ocupacional (OEL) se establecen y revisan cada cierto tiempo para las sustancias peligrosas en el trabajo.

Límites de Exposición Ocupacional (OEL, por sus siglas en inglés)

Hay dos tipos de OEL para sustancias peligrosas: Límites Máximos de Exposición (MEL) y Estándares de Exposición Ocupacional. Los MEL y los OES (VLP TWA y VLP STEL) se establecen para ayudar a proteger la salud de los trabajadores. Ambos tipos de límites son concentraciones de sustancias peligrosas en el aire, promediadas en un periodo específico de tiempo y presentadas como un promedio de tiempo ponderado (TWA, por sus siglas en inglés). Se utilizan dos periodos de tiempo: largo plazo (periodo de 8 horas) y corto plazo (15 minutos). Los límites de exposición a corto plazo (STEL) se establecen para ayudar a prevenir efectos que pueden ocurrir después de la exposición a una sustancia peligrosa por unos pocos minutos.

Límite Máximo de Exposición (MEL)

Un MEL se establece para sustancias que pueden causar efectos muy serios para la salud, como cáncer o asma ocupacional, y para los cuales no se pueden determinar niveles “seguros” de exposición. Un MEL también se establece para sustancias que, si bien pueden tener niveles seguros, no es razonablemente práctico controlar estos niveles. La exposición a una sustancia que tenga establecido un Límite Máximo de Exposición debe limitarse tanto como sea razonable y mantenerse lo más lejana posible de dicho límite; nunca debe excederse el MEL cuando se promedia durante el tiempo de referencia indicado (8 horas). Para sustancias que tengan establecido un MEL de corto plazo (tiempo de referencia de 15 minutos), aplica el mismo principio de no superar el límite de exposición durante el plazo de referencia. Por fortuna muy pocas de las sustancias a las que pueden verse expuestos los socorredores mineros tienen asignado un MEL.

Un OES (VLP TWA – VLP STEL) se establece al nivel en que (con base en el conocimiento científico actual) no hay indicios de riesgos para la salud de los trabajadores expuestos por inhalación diariamente. Si

la exposición a una sustancia que cuenta con un OES se reduce al menos a dicho nivel, se ha logrado un control apropiado. Si excede este nivel, debe buscarse la causa y tomar las medidas necesarias para reducir la exposición a la sustancia tan pronto como sea posible.

3.4.1.1 Atmósfera Minera

La Tierra está completamente rodeada por una capa de gases llamada "aire", la cual forma la atmósfera y es esencial para la vida en la Tierra.

El aire consiste de una compleja mezcla de gases, siendo los tres principales oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono. Generalmente se acepta que su composición es (por volumen):

Oxígeno (O ₂)	20,93 %
Nitrógeno (N ₂)	79,04 %
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0,03 %
	100,00 %

El porcentaje de nitrógeno incluye todos los demás gases y vapores, tales como gases raros - helio, argón, neón, xenón, kriptón, radón y vapor de agua. El argón tiene el porcentaje más alto de estos, con 0,94 %, mientras que los demás gases representan menos del 0,01 %.

El aire es incoloro, inodoro e insípido, mantiene la combustión y es necesario para respirar. Dado que el aire es una combinación de gases, es posible aislar gases individuales mediante procesos especiales. Posteriormente, esto permite al fabricante cargar cilindros separados (bajo altas presiones) con oxígeno, nitrógeno y otros gases útiles, los cuales tienen aplicaciones muy amplias en diferentes industrias. Las propiedades de los principales gases constituyentes se encuentran documentadas en las secciones subsiguientes.

Con el fin de comprender por completo cómo la atmósfera de una mina puede cambiar según su entorno, algunas veces sustancialmente y en detrimento de quienes trabajan bajo tierra, es necesario entender ciertos principios que rigen este comportamiento.

Presión Atmosférica

El aire se vuelve menos denso a mayor altura sobre la superficie de la Tierra. A medida que se alcanza el límite de la atmósfera, hay una reducción gradual en el número de moléculas de aire. No hay una línea divisoria definida entre la atmósfera y el espacio, pero es generalmente aceptado que el aire se extiende por una distancia de 30 km por encima de la superficie de la Tierra.

Por el contrario, el aire es más denso en el fondo del pozo de una mina que en la superficie de la Tierra debido a una mayor columna de aire sobre aquel. El aire ejerce presión. Tal vez recuerde experimentos realizados en el colegio en el que recipientes de lata eran aplastados debido a que la presión del aire fuera de ellos era mayor que la presión en el interior. También puede haber visto una columna de mercurio (Hg) soportada únicamente por la presión del aire. Por supuesto, la columna no puede ser infinitamente larga- probablemente medía cerca de 760 mm (29,92 pulg.) al nivel del mar. La presión media del aire es 1013,25 milibares. A la altura de Bogotá (2644 m sobre el nivel del mar la presión es aproximadamente 550 mm Hg, el 72,4% de la presión media. La presión atmosférica varía constantemente con los cambios de clima y se mide con un barómetro. Seguramente ha visto un barómetro vertical de mercurio o uno de lectura continua del tipo aneroide. Las minas de carbón deberían tener barómetros de lectura continua para monitorear los cambios de presión.

En minería, la tendencia de la presión atmosférica es más importante que el valor puntual. De hecho, si se espera que la presión atmosférica (o el barómetro) caiga rápidamente, por ejemplo, disminuya a razón de 300 Pa cada hora o más, las minas en el área deberían estar informadas de ello. Esta alerta temprana puede transmitirse al personal operativo y de ventilación en la mina.

¿Por qué es importante este procedimiento? A medida que se reduce la presión atmosférica, también lo hace la presión del aire en las vías de la mina. Esto permitirá a los gases acumulados en los rellenos de estériles, en las áreas explotadas, trabajos abandonados, etc., expandirse y contaminar el aire de la ventilación. Todos los capataces y jefes

de la mina y el personal de ventilación deben ser conscientes de la tendencia de la presión atmosférica. Cada mina debería tener un barómetro ubicado en la superficie de la mina, disponible para la lectura por todas las personas. El operador de la mina debería exigir que se tomen y registren lecturas del barómetro inmediatamente antes de ir bajo tierra al comienzo del turno y al retornar a la superficie; estas lecturas deberían registrarse en los informes del supervisor. Las variaciones en la presión barométrica afectan enormemente lo que ocurre con la atmósfera subterránea. Es especialmente importante que el personal de salvamento minero entienda estos diversos cambios y sus efectos.

Cambios del aire al ingresar a la mina

A medida que circula el aire fresco en las galerías de la mina sufre cambios. Acumula calor y humedad. El contenido de oxígeno se reduce debido a la oxidación general y a la respiración de las personas, todo lo cual produce dióxido de carbono y, tal vez, monóxido de carbono. Donde se utilicen explosivos y motores diésel, también se presentará la adición de otros gases al aire de la mina, se añadirá grisú de los mantos de carbón y de los estratos circundantes. La cantidad de nitrógeno, es decir, el número de moléculas, no cambiará, pero los porcentajes se reducirán. Esto es porque se han añadido los gases mencionados, y el número total de moléculas ha aumentado.

Las variaciones en la presión barométrica afectan enormemente lo que ocurre con la atmósfera subterránea. Es especialmente importante que el personal de salvamento minero entienda estas variaciones y sus efectos sobre las emisiones de gases de la mina. Una mina bien ventilada en la cual el barómetro es constante, o incluso en aumento, mostrará que las emisiones de gases provenientes de galerías en abandonadas serán constantes o incluso se reducirán a medida que la presión devuelve los gases liberados a su ubicación original. No obstante, si el barómetro comienza a bajar, se puede anticipar la aparición de gases de la mina provenientes de tales galerías. A medida que cae la presión, los gases se expanden y fluyen hacia afuera de las vías abandonadas y zonas explotadas a las vías de la mina. Si esta caída en la presión barométrica es más

rápida, el volumen de los gases de la mina puede sobrecargar el sistema de ventilación normal, haciendo necesaria la evacuación de la mina o incluso, facilitando la ignición del metano.

Por lo tanto, es imperativo que la ventilación de una mina tenga la capacidad de evacuar las alteraciones causadas por las fluctuaciones razonables en la presión barométrica, y que los operadores de la mina hagan todos los esfuerzos para monitorear las presiones del aire y los pronósticos del clima. Una presión barométrica constante o en ascenso no es el caso de siempre y la mina debe estar preparada para sus eventuales variaciones repentinas especialmente hacia abajo.

3.4.1.2 Oxígeno (O₂)

El oxígeno es incoloro, inodoro e insípido y, en su estado puro, ligeramente más pesado que el aire, con una gravedad específica de 1,11. El cuerpo humano requiere un suministro constante de oxígeno para sobrevivir, y este normalmente se obtiene de la atmósfera que nos rodea.

Hay ocasiones en las que el aire no es apto para los humanos:

- Cuando hay un contenido reducido de oxígeno en el aire, llevando a una deficiencia de oxígeno.
- Si se introducen gases venenosos o irritantes en el aire, posiblemente como resultado de un incendio o explosión.

Bajo estas circunstancias, se puede obtener protección con el uso de equipos de respiración, auto-rescatadores (que producen oxígeno), u otros equipos de protección similares. Las minas deben suministrar esta clase de equipos a los trabajadores que laboran bajo tierra y el tipo específico de estos aparatos dependerá de las circunstancias, condiciones y requisitos legales e individuales de la mina.

La Tabla 3.4 – 1 contiene los síntomas progresivos de una persona que es expuesta gradualmente a una atmósfera deficiente de oxígeno.

El oxígeno también se puede volver un peligro si su presencia se vuelve excesiva en la atmósfera, aunque es más probable que esto ocurra en un espacio o habitación confinada. Los trabajadores de salvamento minero que utilicen equipos de carga de oxígeno para los cilindros de los equipos de respiración deben ser particularmente conscientes de que el enriquecimiento de oxígeno genera un peligro. Los reguladores, las válvulas y las tuberías en los sistemas de oxígeno deben mantenerse en un alto grado de limpieza, libre de aceites o grasa. Solo se deben utilizar lubricantes especiales con los equipos de respiración.

Tabla 3.4 – 1 Efectos fisiológicos de la deficiencia de oxígeno

Volumen %	Efectos
20,9	Normal
19,5	Mínimo para la respiración en zonas de trabajo. Llama de la linterna de seguridad altamente reducida
16,0	Falta de aliento, mareo, aumento en el ritmo cardiaco, capacidad y conciencia para tomar decisiones se ve afectada. Llama de la linterna de seguridad extinta.
14,0	Facultades mentales se ven seriamente afectadas.
10,0	Nauseas, vómito, incapacidad - el esfuerzo conduce a la pérdida del conocimiento.
6,0	Pérdida rápida de la conciencia y muerte.

Fuente: Mines Rescue Service Ltd.

Habrán ocasiones en las que la deficiencia de oxígeno se vuelva un peligro mayor. La llama de la lámpara de seguridad solía ser el único medio para advertir la presencia de una atmósfera deficiente de oxígeno en la que la altura de la llama se reduciría y, eventualmente, se extinguiría. Actualmente, los instrumentos multidetectores de gases se usan en la minería alrededor de todo el mundo para monitorear la concentración de oxígeno en la atmósfera de las minas y detectar cuando se pueda estar gestando un peligro.

3.4.1.3 Nitrógeno (N₂)

El nitrógeno es incoloro, inodoro e insípido. Si bien no es un gas venenoso, tampoco ayuda a la respiración necesaria para la vida ni nutre la combustión. Es ligeramente más liviano que el aire, con una gravedad específica de 0,97.

El nitrógeno actúa como un diluyente para el oxígeno y es un gas inerte, soluble en agua. Es un elemento principal del “gas negro” (CO₂ + N₂) y el “gas posterior” (de explosión), ambos siendo un peligro para la vida, el primero por asfixiante, el segundo por toxicidad.

Es ampliamente utilizado en la industria minera como medio para extinguir incendios mediante la aplicación de grandes cantidades a través de pozos de sondeo, conjuntos de tubería o directamente a la atmósfera de la mina tan cerca como sea posible a la fuente del incendio. Es particularmente útil para combatir las zonas de la mina afectadas por combustión espontánea.

3.4.1.4 Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas incoloro con un olor ligeramente ácido o punzante y un sabor a “agua de soda”. Es más pesado que el aire, con una gravedad específica de 1,53. Juega un papel importante en la respiración y en la circulación sanguínea del cerebro. En altas concentraciones, actúa como un estimulante de la respiración y el sistema nervioso central. En concentraciones excesivas, deprime el sistema nervioso central, resultando en la pérdida de conocimiento, narcosis, paro respiratorio y muerte.

Tabla 3.4 – 2 Efectos fisiológicos de la exposición al dióxido de carbono

Volumen %	Efectos
0,03	Normal
0,5	OES (Largo Plazo) Aumento en la ventilación pulmonar. (VLP TWA)
3,0	OES (Corto Plazo) (VLP STEL)
3,0	Dificultad respiratoria, aumentada cuando se hacen esfuerzos.
4,0	Ansiedad
+5,0	Dolor de cabeza, toxicidad, agotamiento
+10,0	Colapso, fuerte dolor de cabeza, palpitaciones

+20,0	Colapso inmediato
+30,0	Cese en la respiración

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Es soluble en agua y puede congelarse para formar “hielo seco”. También puede convertirse en un líquido mediante compresión. No se quema por sí mismo y no apoya la combustión y, por lo tanto, es utilizado como componente en cierto tipo de extintor para la supresión de incendios.

La Tabla 3.4 – 2 muestra los síntomas progresivos de una persona gradualmente expuesta a aumentos en el volumen del dióxido de carbono en el aire que se respira.

Detección

- Tubo y bomba de detección
- Instrumento multidetector de gases portátil (con sensores específicos)

3.4.1.5 Monóxido de Carbono (CO)

Este es el más peligroso de todos los gases tóxicos comúnmente encontrados en la atmósfera de la mina. Es de particular relevancia e interés para todos los trabajadores de salvamento, ya que se encuentra casi siempre cuando se requiere el uso de aparatos de respiración durante una situación de emergencia.

El monóxido de carbono tiene una gravedad específica de 0,967 y por lo general se encuentra mezclado en la atmósfera general de la mina. Es un gas incoloro, inodoro e insípido y es altamente tóxico. Al mezclarse con el aire en ciertas proporciones es altamente explosivo (entre 12,5 % - 74 % por volumen).

El monóxido de carbono es el efecto de una combustión incompleta y se encuentra en la mina debido a la oxidación del carbón u otros materiales carbonosos, la combustión espontánea, emisiones de escape de motores, uso de motores diésel o después de un incendio o explosión. A medida que el gas se produce naturalmente mediante la oxidación, se pueden encontrar pequeñas cantidades en la atmósfera de la mina (generalmente de 5 a 10 ppm). Esto se conoce como la “norma de CO” para el sector o para la mina. Bajo circunstancias normales, este nivel permanecerá constante. No obstante, si la norma empieza a aumentar, entonces puede indicar

el inicio de una combustión espontánea o un incendio potencial, y se debe iniciar una investigación inmediata para determinar la causa de este aumento.

El monóxido de carbono se produce en cantidades considerables por incendios subterráneos y explosiones de metano y polvo de carbón. En el caso de incendios, la producción de CO será relativamente pequeña en un comienzo, pero puede alcanzar proporciones letales si el incendio se establece. Por el contrario, una explosión de metano y/o polvo de carbón puede producir niveles de monóxido de carbono de entre el 6 % y el 7 % instantáneamente. Siempre estará presente si se puede ver humo. Es un peligro para la vida que nunca se resalta lo suficiente, y es particularmente peligroso para los trabajadores de salvamento, quienes siempre deben monitorear su presencia y concentración.

Tabla 3.4 – 3 Efectos fisiológicos de la exposición a monóxido de carbono

Concentración		Efectos
%	ppm	
0,0025	25	OES (exposición a largo plazo) (VLP TWA)
0,01	100	Dolor de cabeza cerca de siete horas después si está en reposo, o dos horas si está trabajando.
0,02	200	OES (exposición a corto plazo) (VLP STEL)
0,04	400	Dolor de cabeza y malestar, con probabilidad de colapso después de dos horas en reposo o 45 minutos de esfuerzo.
0,12	1200	Palpitaciones después de 30 minutos en reposo o 10 minutos de esfuerzo.
0,20	2000	Pérdida de conocimiento después de 30 minutos en reposo o 10 minutos de esfuerzo.

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El monóxido de carbono es extremadamente tóxico y es letal para la vida cuando se respira, incluso en pequeñas cantidades, durante un lapso suficiente de tiempo. La naturaleza tóxica del monóxido de carbono se debe a su disposición para combinarse con la materia que da el color rojo a la sangre (llamada



hemoglobina), con la cual entra en contacto al inhalarse: la hemoglobina de la sangre tiene una mayor afinidad hacia el monóxido de carbono que hacia el oxígeno (250 veces mayor). En la respiración normal, el oxígeno se combina con la hemoglobina creando un compuesto inestable (oxihemoglobina) y, a medida que la sangre pasa por el cuerpo, la sustancia se descompone, dando a los tejidos el oxígeno que necesitan, y generando la oxidación de las impurezas de los tejidos que pasan a la sangre en la forma de dióxido de carbono y humedad. El efecto de respirar monóxido de carbono es convertir la hemoglobina de la sangre en carboxihemoglobina (compuesto rosado claro) la cual no es capaz de suministrar oxígeno a los tejidos del cuerpo, un efecto que genera incapacidad física e incluso, la muerte, según el nivel de saturación de la sangre por este gas. Los experimentos muestran que la intensidad de la intoxicación por monóxido de carbono depende de la cantidad de gas presente, el tiempo durante el cual la persona esté expuesta al gas y la condición física de la persona (ver la Tabla 3.4 - 3).

Dado que el monóxido de carbono afecta el consumo de oxígeno de la hemoglobina, es muy importante suministrar oxígeno de inmediato si está disponible. La disociación de la carboxihemoglobina es un proceso largo y la hipoxia resultante se puede tratar más fácilmente con oxígeno. Si la respiración normal cesa, entonces se debe aplicar de inmediato un aparato de resucitación con capacidad de ventilación mecánica. Las personas que han sufrido de intoxicación con CO deben ser tratadas como casos de camilla hasta que la ayuda médica esté disponible.

Incluso cuando una víctima muestre signos de recuperación de una intoxicación con monóxido de carbono, deben permanecer como caso de camilla.

Un trabajador de mina que sufra intoxicación con monóxido de carbono puede presentar una apariencia “rosada” saludable.

Medios para detectar el monóxido de carbono:

- Tubo y bomba de detección
- Sensor electromecánico en un multidetector de gases.

3.4.1.6 Metano (CH₄)

Este es el gas más común encontrado en las minas de carbón, y es el que crea la mayoría de problemas, siendo responsable por una gran cantidad de víctimas mortales en los últimos años. Sin embargo, cuando los mineros hablan de “gas”, por lo general se refieren al “grisú”. El principal elemento del “grisú” es el metano, junto con pequeñas cantidades de otros gases de hidrocarburos, como el etano y el propano. Se le dio este nombre en las minas de carbón en Francia y su uso se extendió a España y América.

El metano es un compuesto de carbono e hidrógeno y se forma por la descomposición de materia vegetal en la presencia de agua y en la ausencia de oxígeno. Por lo tanto, se produjo simultáneamente con la formación del carbón, cuando la vegetación descompuesta fue sometida a grandes presiones y cambios físicos. El metano fue absorbido en los finos poros presentes en el carbón, donde quedó atrapado. También migró lentamente a los estratos circundantes y, por lo tanto, está presente en los estratos adyacentes.

El gas contenido en el manto no escapa fácilmente, incluso cuando se expone una superficie. Únicamente escapará el gas inmediatamente cercano a la superficie expuesta. Es durante la extracción que, debido a la fractura del carbón y de los estratos adyacentes se liberan grandes cantidades de metano. Algunos mantos de carbón contienen más metano que otros. Los carbones bituminosos pueden contener grandes cantidades de metano mientras que, por otro lado, la antracita contiene muy pocas.

El metano también se encuentra en algunas minas que no son de carbón.

Propiedades químicas y físicas del metano

- fórmula química CH₄
- peso molecular 16
- gravedad específica 0,55 (Aire= 1) - más ligero que el aire
- tasa relativa de difusión 1,34 (Aire = 1)
- incoloro
- insípido
- inodoro

- ligeramente soluble en agua
- incapaz de soportar vida
- no tóxico - ligeramente anestésico
- explosivo entre el 5% y el 15% (aproximadamente) en presencia de suficiente oxígeno

Efectos fisiológicos del metano

- no tiene efectos sobre los organismos vivos
- grandes cantidades disminuirán la proporción de oxígeno disponible, y esta insuficiencia es lo que afecta a las personas.

Dado que es mucho más liviano que el aire, el metano se acumulará en el techo de las vías de la mina, particularmente en las cavidades o rupturas detrás de los soportes, donde puede ser difícil detectarlo. Cuando las corrientes de ventilación son bajas, se dispersa lentamente y tiende a formar una capa cerca del techo de una vía y se va extendiendo por ella. Esta capa puede generar una potencial ignición del gas a lo largo de distancias considerables en la mina. Se debe tener especial atención a la búsqueda de cavidades en el techo que contengan metano y hayan formado estas capas. Si se encuentran, se deben tomar acciones de inmediato para remover el gas y dispersarlo con seguridad.

A continuación, se muestran las tres formas principales en las que el metano ingresa a las galerías de la mina, a saber:

- emisión gradual desde el manto y los respaldos
- escapes desde bolsas de gas bajo presión en el manto o en los respaldos
- estallido o reventones o expulsión súbita y en grandes cantidades desde bolsas de gas bajo presión en el manto o en los respaldos

Emisión gradual

Bajo condiciones normales, este es el método por el cual el metano ingresa a las galerías. Se desprende de las superficies de carbón y los estratos adyacentes recientemente expuestos. Por lo general, es bastante estable, pero la cantidad se ve afectada por los movimientos de los estratos, los cambios en la presión atmosférica y la cantidad de cortes de carbón realizados en los tajos de la mina. La cantidad de aire entregada al frente de producción debe diluir el metano de inmediato a un porcentaje seguro. La

práctica del “drenaje de metano” también ayuda a reducir la cantidad de metano emitida en la corriente de aire. Esto se considerará más adelante.

En la práctica, pueden surgir los siguientes problemas en un sector en desarrollo o producción en la mina, e interrumpir el control de la liberación de metano temporalmente.

- Reducción de la cantidad de aire.
- Pozos de drenaje de metano demasiado lejos de los frentes de avance.
- Pozos de drenaje de metano no mantenidos detrás de los tajos largos o cortos en retroceso
- Detenimiento temporal de la bomba de drenaje de metano o bloqueo por agua en tubos de drenaje.
- Una caída en la presión barométrica.

En algunas ocasiones, el metano en el cuerpo general del aire de la mina puede alcanzar un porcentaje que requiera apagar la energía eléctrica y que los hombres se retiren para garantizar su seguridad frente al riesgo de explosión.

Escapes

Esta es una situación en la que se libera una súbita emisión de metano en las galerías. Para que esto pase, debe haber una fuente del gas (la veta de carbón) y una cobertura de roca fuerte, bien cimentada y de baja permeabilidad por encima de las galerías.

Durante el curso de las operaciones mineras, la capa de roca no se fractura con facilidad y los estratos porosos entre la veta y lesta y el manto de carbón se vuelven un reservorio para gas presurizado. Subsiguientemente, cuando ocurre la fractura, se liberan cantidades adicionales de metano a presión a las obras. En algunos casos, la concentración de metano en el aire general de la ventilación puede pasar a representar tanto un riesgo de asfixia como un riesgo de explosión.

El riesgo de emisión es mayor en algunos momentos:

- Poco tiempo después de que los tajos largos han comenzado a producir.
- Al reiniciar los tajos largos después de un receso.
- Al pasar por encima o por debajo de pilares de carbón.



- Un cambio en el ritmo de progreso.

El riesgo se reduce cuando se opera un sistema eficiente de drenaje de metano. Una valiosa medida de seguridad adicional puede ser un suministro de aire filtrado, entregado a puntos determinados de respiración a lo largo de la cara y el retorno, para que los hombres lo utilicen en el caso de una emisión súbita. El personal también puede contar con respiradores autónomos e independientes del tipo de oxígeno químico, por ejemplo: Auto-rescatador DZGA Ci-30ks.

Estallidos

El término se utiliza para describir la liberación súbita de un volumen anormal de metano en las galerías de la mina. Se libera súbitamente de rupturas inducidas por los movimientos de los estratos. Por lo general ocurren desde el suelo y, usualmente, cerca del frente de explotación de carbón.

Figura 3.4 – 1 Reventón de gas, petróleo, agua y carbón en Thoresby.



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El volumen liberado por estallidos del piso ha variado de miles a millones de metros cúbicos. En algunos casos, el ritmo de flujo ha llegado a miles de metros cúbicos por segundo y en periodos de emisión que han variado desde unas pocas horas a varios meses. ¡Esto es un gran problema!

El término “estallido” también incluye la combustión espontánea de grisú y carbón pulverizado de una veta siendo trabajada. Dichos incidentes fueron muy comunes en las vetas de antracita en el sureste de Gales en el Reino Unido. El carbón en el sitio había

sido pulverizado por las fuerzas estructurales de algunas formaciones geológicas.

Si los trabajos de la mina intersectaban dicha zona, el gas se esparcía rápidamente y, junto con el carbón pulverizado, se descargaba violentamente sobre las galerías. Existía el riesgo potencial de asfixia y acumulación de porcentajes explosivos de grisú. En algunas minas en los campos de carbón del sur de Gales, se almacenaron aparatos de oxígeno de escape subterráneo para que los hombres las utilizaran con el fin de viajar con seguridad desde la zona de riesgo.

Detección de metano

Existen varios tipos de instrumentos utilizados para detectar y estimar la concentración de metano subterráneo:

- La lámpara de seguridad con llama (en desuso).
- Metanómetros
- Detectores de metano automáticos
- Monitores de gases - fijos o portátiles
- Sistemas de monitoreo de minas, utilizando sensores o conjuntos de tubos.

3.4.1.7 Hidrógeno

El hidrógeno libre no se suele encontrar en la atmósfera de una mina salvo en las estaciones de carga de las baterías usadas habitualmente en las locomotoras). Sin embargo, el hidrógeno se encuentra con facilidad en un estado combinado como constituyente del agua ‘H₂O’. Debe haber una reacción química para que el hidrógeno se libere de su enlace químico con el oxígeno en el agua.

El hidrógeno se produce en:

- En los incendios en minas, cuando se aplica agua a una masa incandescente, esto puede llevar a la separación de los elementos y liberar hidrógeno como “Gas de Agua”.
- El proceso de carga de baterías de ácido y plomo también produce hidrógeno (como en el caso de una estación subterránea de carga de baterías).

El hidrógeno se quema en el aire como una llama no luminosa.

Características y propiedades del Hidrógeno.

- Símbolo químico H_2
- Peligro para la vida Rango explosivo 4 % -74 % por volumen
- No apoya la vida
- Gravedad Específica 0,07

Este gas inodoro, incoloro e insípido, es el elemento químico más simple y más liviano. Se difunde con mayor rapidez y tiene la mayor capacidad para la conductividad del calor que cualquier otro gas de mina. Su presencia en la atmósfera de la mina hará que otros gases inflamables tengan un mayor rango de explosividad.

El único medio confiable para detectar del hidrógeno es un análisis de laboratorio.

3.4.1.8 Ácido Sulhídrico (Sulfuro de Hidrógeno H_2S)

El ácido sulhídrico o sulfuro de hidrógeno es una combinación de las sustancias Hidrógeno y Azufre y puede conocerse también como Sulfuro de Hidrógeno o Hidrógeno Sulfurado. Este es un gas altamente tóxico e inflamable; por lo tanto, dentro de ciertos parámetros, explotará.

El Sulfuro de Hidrógeno tiene una gravedad específica de 1,17 y por lo general se encuentra cerca del suelo (ligeramente más pesado que el aire). Es incoloro y tiene un sabor dulce y un olor similar al de los huevos podridos. Es altamente tóxico y al mezclarse con el aire en ciertas proporciones es altamente explosivo en concentraciones entre 4,3% - 43% por volumen.

Puede producirse en una mina por la acción de las aguas ácidas de la mina en ciertos sulfuros. En algunas ocasiones se produce cuando el carbón (que contiene azufre) se calienta al contacto con el aire - como en una combustión espontánea en los estériles acumulados bajo tierra. También se puede producir al utilizar ciertos explosivos durante la voladura.

Efectos fisiológicos del sulfuro de hidrógeno

En bajas concentraciones produce dolores de cabeza, somnolencia, mareo a irritación de los ojos y

garganta; sin embargo, es altamente tóxico y una cantidad tan pequeña como 500 ppm puede ser fatal (ver Tabla 3.4 - 4 Efectos Fisiológicos del Sulfuro de Hidrógeno).

En cantidades mínimas, el gas puede detectarse por su olor (huevos podridos); sin embargo, en cantidades mayores afecta el sentido del olfato por lo que la presencia de este gas resulta engañosa.

(Los mineros pueden pensar que, al desaparecer el olor, el gas también ha desaparecido).

Tabla 3.4 – 4 Efectos fisiológicos de la exposición al sulfuro de hidrógeno

Cantidad (ppm)	Efectos
0,003	Olor a huevos podridos
0,3	Olor diferente
1,0	Límite de Exposición a Largo Plazo (VLP TWA)
5,0	Límite de Exposición a Corto Plazo (VLP STEL)
20,0	Irritación en los ojos
150,0	Pérdida del sentido del olfato
500,0	Efecto sobre el sistema nervioso central. Si la exposición continúa durante una hora, la muerte es inminente.

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Si una atmósfera contiene más de 1000 ppm, una víctima se vería afectada con rapidez, la pérdida de la conciencia se desarrollaría rápidamente, seguido por la muerte inmediata si no se lleva al aire fresco.

Detección

- Instrumento portátil de detección de gases
- Tubo y bomba de detección

3.4.1.9 Dióxido de Azufre (SO_2) (Anhídrido sulfuroso)

Es un gas extremadamente tóxico que se puede encontrar bajo ciertas situaciones de emergencia bajo tierra.

El Dióxido de Azufre tiene una gravedad específica de 2,26 y, por lo tanto, se encuentra en el suelo ya que es más pesado que el aire. Es soluble en agua, formando ácido sulfuroso. Es incoloro, pero tiene un

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

olor punzante, sofocante a azufre y un sabor ácido casi intolerable. Es altamente tóxico.

El dióxido de azufre se suele encontrar en minas en las que ocurre combustión espontánea o un incendio en carbón que contiene azufre, ocasionalmente cuando se quema el caucho y en los vapores de escape del diésel.

El dióxido de azufre es altamente venenoso, pero, debido a su efecto irritante sobre los ojos y las vías respiratorias, es imposible respirarlo en concentraciones peligrosas por cualquier lapso de tiempo.

Tabla 3.4 – 5 Efectos fisiológicos de la exposición al SO₂

Porcentaje por volumen	Efectos
0,000025	Límite de Exposición a Corto Plazo (VLP STEL)
Valor guía no especificado	Límite de Exposición a Largo Plazo (VLP TWA)
0,0003	Detectable por el olor
0,01	Extremadamente irritante de los ojos y la respiración
0,05	Muerte

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Detección

- Instrumento portátil de detección de gases
- Tubo y bomba de detección

3.4.1.10 Óxidos de Nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno se producen en las atmósferas de la mina de dos maneras:

- Explosiones
- Motores diésel

Las cantidades de 'óxidos de nitrógeno' en los vapores de explosiones pueden cambiar dependiendo de la 'eficiencia de la detonación' del explosivo que contenga compuestos como nitroglicerina o nitrocelulosa. La detonación imperfecta de un explosivo producirá una cantidad de gas.

Los óxidos de nitrógeno también están presentes en los gases del escape de motores diésel empleados

en vehículos usados en las minas. Se han diseñado filtros de seguridad adicionales para estos motores con el fin de filtrar los óxidos de nitrógeno de los gases de escape. Tiene una gravedad específica de 1.6 y soporta la combustión, aunque no es inflamable por sí mismo.

El término 'Óxidos de Nitrógeno' se utiliza para representar la suma de los óxidos tóxicos de nitrógeno - Óxido Nítrico y Dióxido de Nitrógeno. El óxido nítrico se convierte en dióxido de nitrógeno en el aire, por lo que generalmente se hace referencia a ellos de forma conjunta como Óxidos de Nitrógeno.

Características y Propiedades del Dióxido de Nitrógeno

Símbolo Químico NO (Óxido Nítrico) NO₂ (Dióxido de Nitrógeno)

Peligro para la vida Tóxico Tóxico

Tabla 3-4 – 6 Efectos fisiológicos de la exposición al dióxido de nitrógeno

%	ppm	Efectos
0,00002	0,2	OES (VLP TWA)
Valor guía no especificado		OES (VLP STEL)
0,004	40	Se puede detectar por el olor
0,006	60	Pequeña irritación de la garganta.
0,010	100	La tos puede comenzar
0,015	150	Incomodidad severa, puede causar neumonía
0,020	200	Probablemente fatal

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Tabla 3.4 – 7 Efectos fisiológicos de la exposición al óxido nítrico

%	ppm	Efectos
0,0025	25	OES (VLP TWA)
Valor guía no especificado		OES (VLP STEL)
0,0100	100	Inmediatamente peligroso para la salud y la vida

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Es muy soluble en agua, formando ácido nítrico

Al calentarse, el gas tiene un característico color marrón rojizo que cambia a amarillo pálido cuando está frío. Si ocurre enfriamiento adicional, se condensa en un líquido amarillo pálido. El dióxido de nitrógeno tiene un olor punzante característico de vapores de ácido nítrico.

Su presencia en el aire de la mina produce de inmediato una irritación extrema del sistema respiratorio, afecta los ojos y tiene un olor agrio. Incluso en pequeñas cantidades, la irritación puede causar una violenta tos, seguida de un sentimiento de bienestar y, luego, el colapso.

El dióxido de nitrógeno es un gas extremadamente tóxico; 150 ppm representa un peligro para la vida y 250 ppm pueden causar la muerte inmediata. Si se percibe cualquiera de los efectos del gas, todas las personas en la zona afectada deben evacuarse a una zona de aire fresco. Se puede monitorear en el aire mediante instrumentos que cuenten con sensores apropiados. Tanto el óxido nítrico como el dióxido de nitrógeno se pueden monitorear por separado.

El efecto de intoxicación por 'Óxido de Nitrógeno' puede ser engañoso, ya que después del ataque inicial de tos puede ocurrir un segundo y tercer ataque minutos u horas después, siendo muchos más violentos con la posibilidad del colapso. La persona afectada puede no saber que algo está mal; sin embargo, después de algunas horas, se puede desarrollar bronquitis, la cual dependerá del nivel de exposición.

3.4.1.11 Peligros por gases durante y después de los incendios en minas

El gas resultante en la atmósfera residual después de una explosión subterránea y es una combinación de gases, muchos de los cuales se discutieron anteriormente.

Este gas resultante contendrá monóxido de carbono como producto de una combustión incompleta y dióxido de carbono como producto de una combustión completa. Habrá presencia de nitrógeno en o cerca a los niveles normales, con oxígeno residual que puede no ser suficiente para soportar vida, junto con rastros de otros gases. Puede haber

presencia de metano, dependiendo de los niveles normales de la mina, acompañado por grandes cantidades de vapor de agua, creando una atmósfera húmeda y con neblina. El gas resultante suele ser una combinación tóxica fatal de gases, que ha causado la muerte de muchos mineros que han sobrevivido a la explosión y de los rescatistas que intentaron ayudar pero que no contaban con aparatos de respiración.

El monóxido de carbono estará presente en la atmósfera después de un incendio o explosión en una mina. Dicha atmósfera es irrespirable, con probabilidad de muerte instantánea sin aparatos de respiración o auto-rescatadores de oxígeno.

La aplicación de agua a un incendio con el propósito de extinguirlo puede generar una mezcla de gases generada por la rápida conversión del agua en vapor. Estará conformada por altos niveles de monóxido de carbono e hidrógeno (usualmente 45% cada uno), junto con dióxido de carbono, metano, oxígeno y nitrógeno. Si bien el gas es inflamable, una explosión es poco frecuente, aunque esto no se debería asumir como una certeza. El nivel más bajo de inflamabilidad en el aire puede ser del 6% por volumen, con un límite superior de inflamabilidad del 70% por volumen. Por lo general se asocia con la aplicación de agua a una gran masa incandescente de carbón en situaciones de combustión espontánea, la cual está asentada en una parte inaccesible de la mina que está siendo inundada para extinguir el incendio.

3.4.1.12 Peligros adicionales ocasionados por deficiencia de oxígeno y acumulación de gases

Es usual encontrar en la atmósfera de las minas una mezcla de gases que no siendo explosiva tampoco da soporte a la vida. Sus principales gases constituyentes son Dióxido de carbono y Nitrógeno en niveles superiores a los que se encuentran en el aire normal. Sin embargo, puede contener trazas minúsculas de Metano y Monóxido de Carbono.

Esta composición es de proporciones variables, dentro del rango de 85% a 88 % de nitrógeno y del 15% al 12% de dióxido de carbono. Nota- las muestras tomadas de un sector durante un periodo de tiempo tienden a ser constantes; sin embargo, un cambio podría indicar condiciones anormales, como



3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

una combustión espontánea. Se considera que no tiene oxígeno en niveles suficientes para mantener la vida.

aunque por lo general contiene más que esta cantidad.

Tabla 3.4 – 8 Gases habituales encontrados en las minas

Característica	Oxígeno	Nitrógeno	Dióxido de Carbono	Monóxido de Carbono	Metano	Hidrógeno	Ácido Sulfhídrico	Anhidrido sulfuroso	Oxidos de Nitrógeno
<i>Fórmula</i>	O ₂	N ₂	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	H ₂ S	SO ₂	NO _x
<i>Gravedad Específica</i>	1,105	0,967	1,5291	0,967	0,555	0,07	1,191	2,26	1,04 – 1,59
<i>Composición del aire</i>	20,93	78,10	0,03	▫	▫	▫	▫	▫	▫
<i>Combustible</i>	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
<i>Apoya la combustión</i>	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
<i>Es tóxico</i>	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI
<i>VLP TWA</i>	▫	▫	5.000 ppm	25.000 ppm	▫	▫	1 ppm	Sin valor	NO 25 ppm NO ₂ 0,2 ppm
<i>STEL</i>	▫	▫	30.000 ppm	200 ppm	▫	▫	5 ppm	0,25 ppm	Sin valor
<i>Cómo se detecta</i>	Multidetector Análisis químico	Análisis químico	Multidetector Análisis químico	Multidetector Análisis químico	Multidetector	Análisis químico	Multidetector Análisis químico Olor	Multidetector Olor	Multidetector Olor
<i>Rango explosivo</i>	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO	12,5 – 73%	5-15%	4 – 74%	4,3 – 46%	NINGUNO	NINGUNO
<i>Temperatura de Ignición °C</i>	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA	593	593 a 749	858	371	NINGUNA	NINGUNA
<i>Origen</i>	Natural en el aire	Natural en el aire	Combustión completa	Combustión incompleta y explosiones	Emana del carbón y respaldos	Agua sobre material incandescente – carga de baterías	En aguas de mantos de carbón	Combustión de carbón con contenido de azufre	Uso de explosivos
<i>Ubicación en la mina</i>	Se mezcla en el aire	Se mezcla en el aire	Tiende a permanecer cerca del piso	Se mezcla con el aire	Flota en las partes altas de la mina	Flota en lo más alto de las vías	Se mezcla con el aire de la mina tiende a permanecer cerca del piso	Tiende a permanecer cerca del piso	Se mezclan con el aire
<i>Efectos fisiológicos</i>	Necesario para la vida	Causa la muerte por sofocación cuando su concentración reemplaza el oxígeno	Causa la muerte por sofocación cuando su concentración reemplaza el oxígeno	0,1% en el aire causa un colapso completo.	Causa la muerte por sofocación en altas concentraciones. Su efecto desaparece rápidamente al	Solo en muy grandes cantidades desplaza el oxígeno	0,07% causa la muerte en una hora; muy venenoso destruye el nervio olfativo	Irritación de vías respiratorias Exposiciones largas causan mayores efectos	Enfisema bronquitis pulmonía daño permanente de las células pulmonares

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Antes de que se formaran las capas de carbón, a medida que la materia vegetal crecía, esta combinaba luz solar y dióxido de carbono para crear las hojas y tallos de la planta. Cuando se consolidó, la materia vegetal eventualmente se volvió material de carbón sólido y casi todo el dióxido de carbono se volvió parte de él.

Esta mezcla no apoya la combustión ni la vida, pero puede respirarse sin molestia si el contenido de oxígeno en el aire supera el 18 %. Por lo general, es más pesada que el aire, pero tiene una gravedad específica variable debido a la mezcla de gases presente. Puede ser más ligera que el aire si el nivel de dióxido de carbono está por debajo del 5,5 %,

Dado que tiende a acumularse cerca del suelo y las corrientes normales de ventilación tienden a fluir por encima de este, se presenta una dispersión mínima. Siempre se debe sospechar su presencia en túneles bajos, sumideros y agujeros de bombeo.

Dado que es una mezcla mecánica de gases, no tiene símbolo químico o gravedad específica, pero se puede mostrar de la siguiente manera:

Símbolo químico: N₂ + CO₂
Gravedad Específica: 0,97 to 1,5

Peligros para la vida: Asfixia, efecto narcótico

Las principales fuentes de dióxido de carbono y nitrógeno en exceso del aire normal son:



Dióxido de Carbono

- Respiración de hombres y animales
- La llama de lámparas de seguridad casi totalmente ausentes hoy en día
- Como constituyente de gases emitidos durante las operaciones de minería
- combustión de carbón y otros materiales de carbono
- Mediante la acción química, como agua ácida en carbonatos

Nitrógeno

La remoción de oxígeno del aire mediante:

- La oxidación de piritas, carbón, madera y otros materiales de carbono
- La respiración de hombres y animales
- Como constituyente de los gases liberados del carbón y estratos

Esta mezcla se produce o almacena en lugares de la mina sin ventilación o con mala ventilación donde, en momentos de baja presión barométrica, fluirá hacia las galerías de la mina. También puede ser transportado a otras partes de la mina, disuelta en agua de la mina.

Los efectos de respirar aire que contiene esta mezcla dependen principalmente de su composición.

Los efectos son los mismos que en la deficiencia de oxígeno. A medida que el porcentaje de CO₂ aumenta, la respiración se vuelve: más rápida y más profunda, resultará en jadeos que pueden ser violentos y dolorosos. El dolor de cabeza es común, con la cara sonrojándose inicialmente; después, toma un color pálido y las extremidades se vuelven azules, principalmente los labios y lóbulos de las orejas. La aparición de esta cianosis es un buen indicador de que la pérdida de fuerza muscular, confusión mental y el posible colapso son inminentes. Si la atmósfera contiene de 10 a 15 % de CO₂, puede tener un efecto narcótico. Respirar aire normal consigue la recuperación total rápidamente. La administración de

oxígeno acelera considerablemente el ritmo de recuperación.

La presencia de esta mezcla se detectaba con facilidad cuando se usaba la “lámpara de seguridad con llama”, ya que su presencia “bajaba y oscurecía” la llama, hasta extinguirla eventualmente. La detección de niveles bajos de oxígeno utilizando un multidetector de gases acusa la presencia de la mezcla de N₂ y CO₂. Como todos los gases de mina, puede “fluir” alrededor de las galerías de la mina dependiendo de la “subida o caída” del barómetro. Incluso se ha encontrado en superficie cerca de donde hay minas abandonadas que actúan como reservas de gases, afectadas por las variaciones de la presión barométrica.

3.4.1.13 Zonas de riesgo por deficiencia de oxígeno y acumulación de gases

Incluso cuando las minas subterráneas están bien ventiladas, aquellos que realizan inspecciones de la mina deben permanecer vigilantes y conscientes de las zonas particulares de la mina donde se pueden acumular gases. Estas acumulaciones pueden ocurrir rápidamente o producirse lentamente durante un lapso de tiempo mayor. Siempre existe la posibilidad de que ocurran concentraciones de uno o más gases de mina si hay una falla o interrupción en el sistema normal de ventilación. De igual forma, un evento inusual, como un incendio o explosión, lleva a grandes cambios en la composición del aire de la mina.

Sin embargo, quienes realizan inspecciones deben ser particularmente conscientes de los cambios que pueden ocurrir en el día a día, o incluso en periodos mucho más cortos, los cuales pueden tener un impacto significativo sobre las acumulaciones de gases en la mina y su comportamiento. Es decir, que el aumento o caída de la presión barométrica puede afectar considerablemente la mina, algunas secciones más que otras.

Las minas que tienen zonas ya explotadas o socavones que no estén ventilados, necesitan ser vigiladas para detectar los efectos de los cambios en la presión barométrica. Estas zonas se llenarán con gases tóxicos y/o inflamables que, con un barómetro

en caída, pueden “ser empujados” súbita y silenciosamente hacia las vías o zonas de operación productiva. Es una característica de antiguas zonas ya explotadas de la mina, particularmente si son grandes, que la atmósfera en esa zona sea muy sensible a cambios en la presión atmosférica y que comiencen a “desbordarse” antes de que el barómetro mismo cambie.

La atmósfera contenida en zonas ya explotadas tendrá, invariablemente, una “mezcla marginal” de gases, posiblemente su contenido de oxígeno sea apenas justo por debajo de los niveles normales. Esta “mezcla marginal” se ha creado por cambios barométricos que “atraen” el aire a zonas donde el barómetro sube, permitiendo que después se muevan hacia “afuera” cuando el barómetro cae. Sin embargo, los periodos largos de baja presión en el barómetro, resultarán eventualmente en un flujo mucho mayor de estos gases hacia las áreas productivas de la mina generando un gran peligro que aumenta progresivamente. Invariablemente será deficiente de oxígeno, al ser éste desplazado por los gases tóxicos. A menos que el sistema de ventilación tenga la capacidad de efectuar la dilución de estos gases, pueden ser un peligro considerable para la vida y generar también un riesgo de explosión.

Las zonas ya explotadas deben ser “selladas” y aisladas del sistema de ventilación normal de la mina. En minas susceptibles a combustión espontánea, este debería ser un proceso normal de trabajo. El estándar de construcción de las paredes de los “tabiques de aislamiento” determinará su efectividad. Por lo general se construyen a una pequeña distancia únicamente en una de las vías de acceso a las zonas explotadas con el fin de que una persona sea capaz de inspeccionar la zona cuidadosamente. Es muy difícil “sellar” zonas ya explotadas de la mina con un estándar que evite fugas de gases con un cambio en la presión barométrica. Dichos estándares altos por lo general solo están encaminados para extinguir incendios que surjan de la combustión espontánea.

Capas de metano

La presencia de capas delgadas de metano, algunas veces con unos pocos centímetros de espesor, que se encuentran en el techo de las vías y en los lugares altos, en varios casos ha resultado en explosiones de

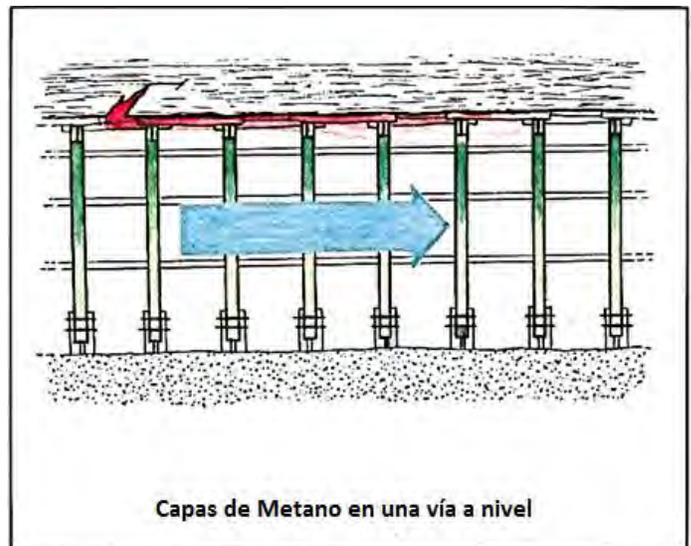
este gas. Son un asunto que requiere de la más cuidadosa atención.

Claramente, evitar que se presenten es la mejor opción, pero la posibilidad de que se presenten dichas capas hace necesario que el proceso de inspección tenga la capacidad de detectarlas. Hay dos problemas que requieren manejo:

- La dificultad física de acceder a lugares altos para pruebas
- La cantidad de gas metano es tan pequeña que podría no detectarse.

El principal peligro de las capas delgadas en el techo no es tanto la cantidad de gas presente en la capa misma, sino que la capa puede filtrarse a las cavidades del techo, fracturas del techo y a zonas ya explotadas. Otro peligro es que la capa puede descender debido a una caída de piedras del techo y mezclarse con el aire en el proceso, encendiéndose fácilmente, incluso a nivel del piso.

Figura 3.4 – 2 Capas de metano en el techo de un túnel a nivel



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

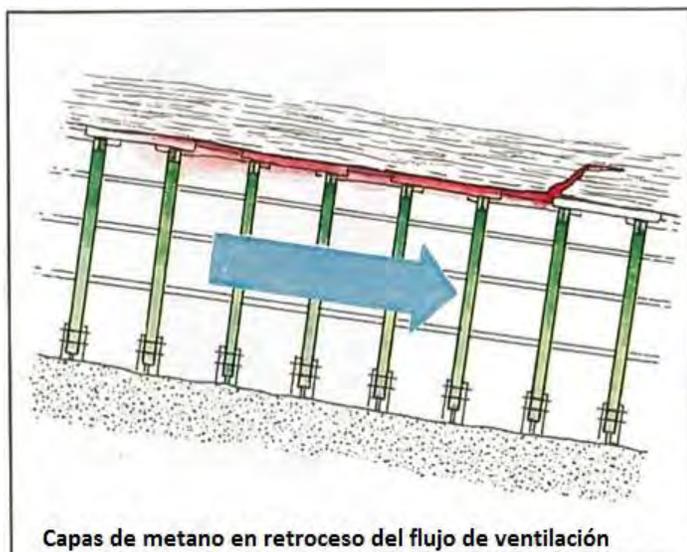
Las velocidades del aire cambian en diferentes niveles en una vía y la velocidad en los lados y el techo puede ser menor que en el centro. Una capa de gas es capaz de “moverse” en contra de la corriente de ventilación normal de la vía, un hecho

que debe ser tenido en cuenta por quienes inspeccionan la mina en búsqueda de gases. Este efecto de “retroceso” puede ser mucho más pronunciado en una vía descendente, donde el flujo de la ventilación se mueva hacia abajo.

Cavidades en el techo de la vía

La formación de cavidades en el techo de las vías, especialmente en o cerca de la zona de extracción o donde las vías se tornan más altas, con frecuencia es repentino e impredecible. Si se forma una cavidad, se puede volver más grande con rapidez a menos que se tomen pasos para prevenirlo. Independientemente de cual sea la situación respecto al soporte del techo, es una oportunidad para que el metano se acumule. Se deben tomar acciones para que cualquier cavidad del techo reciba ventilación tan pronto como sea posible. Cuando en la mina ocurren con frecuencia capas de metano, la cavidad actuará como una zona de almacenamiento para el gas.

Figura 3.4 – 3 Capas de metano en retroceso en un túnel inclinado



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Puntos vulnerables en zonas de trabajo

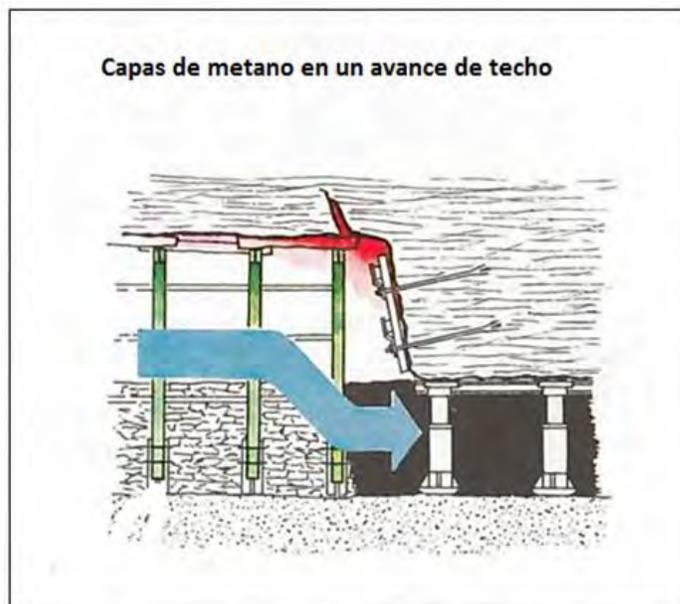
La existencia de los peligros del gas metano (grisú) tiende a ser mayor en puntos particulares de la mina. Por lo general, estos son lugares en los que están los puntos más altos de las vías, sitios de cambio de altura por avance del techo, cavidades de las vías, áreas ya explotadas, el punto más alto de un tajo de

carbón inclinado y el lado de retorno de un tajo de carbón.

Todos estos lugares requieren atención especial de quienes se encargan de la detección de gases y el mantenimiento del sistema de ventilación.

Algunos problemas también pueden surgir en obras de cámaras y pilares, donde puede que la totalidad de la zona no cuente con ventilación adecuada. Algunos tajos largos en retroceso utilizan un sistema de “vías de purga” para remover el gas almacenado en la zona de estériles, evitando su filtrado a la zona de trabajo en el costado de aire de retorno del tajo. En la mayoría de los casos, el diseño de la mina, la existencia de una ventilación adecuada en cantidad y velocidad, será suficiente para dispersar las acumulaciones de gases y evitar una

Figura 3.4 – 4 Capas de metano en un avance de techo



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

deficiencia de oxígeno. La mayoría de puntos vulnerables localizados pueden permanecer seguros desviando la ventilación con el uso de tabiques de ventilación u otros ductos de aire apropiados para redirigir el aire y que llene el lugar. Si esa zona de la mina cuenta con disponibilidad de aire comprimido, por lo general un pequeño ventilador accionado por un motor neumático será suficiente.

Todas las minas cuentan con una zona particular que siempre es susceptible a una atmósfera deficiente de oxígeno o a la acumulación de gas, particularmente metano. La extracción de cualquier mineral, particularmente carbón, resulta en la creación de frentes o puntos de trabajo con una sola entrada. En algunas formas de trabajo - cámaras y pilares - puede haber hasta tres o más frentes de estos excavados a partir de un mismo cruce, cada uno ventilado con el mismo flujo de aire.

Cuando se forma este tipo de túneles y se avanza aproximadamente 10 metros, deben tener alguna forma de ventilación mecánica, ya sea mediante ductos y, preferiblemente, con un ventilador auxiliar conectado al ducto. Sin estos elementos, las entradas se vuelven más peligrosas a medida que se avanza y, eventualmente, la acumulación de gas alcanzará un nivel en el que ya no es posible realizar trabajos adicionales. Si este escenario ocurre, la mina debe contar con un plan sistemático para la recuperación (remoción de gases) del frente. Este es un procedimiento altamente peligroso que puede resultar en explosiones, tal y como ha sucedido en el pasado. Hay un riesgo potencial alto para la ignición del gas por diferentes fuentes, particularmente por la electricidad.

3.4.1.14 Resultados de la deficiencia de oxígeno y la acumulación de gases en las minas

Acumulaciones peligrosas o nocivas de los gases de la mina subterráneas se previenen normalmente mediante ventilación adecuada de las labores. En general, estos gases pueden clasificarse como:

- gases inflamables, compuesto principalmente por metano, monóxido de carbono e hidrógeno
- gases tóxicos, principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrógeno sulfuro
- gases asfixiantes, mezcla nitrógeno - dióxido de carbono, metano y dióxido de carbono que se

presentan por aparición repentina expulsados de los mantos y respaldos o por una acción antrópica.

Sin embargo, el sistema de ventilación subterráneo puede ser interrumpido o reducido por una serie de razones, por ejemplo, debido a un fuego subterráneo o explosión o estallido de gases. Los gases resultantes de la mina pueden tener efectos fisiológicos significativos en las personas que están bajo tierra y por lo tanto afectadas por el incidente. Los dos peligros mayores a la vida a estas personas, derivadas de las acumulaciones de gases de mina producidos durante o después de un incendio o una explosión, son de monóxido de carbono y asfixia en una atmósfera deficiente en oxígeno.

Tabla 3.4 – 9 Efectos fisiológicos de la deficiencia de oxígeno

Volumen %	Efectos
20,9	Normal
19,5	Mínimo para la respiración en zonas de trabajo. Llama de la linterna de seguridad altamente reducida
16,0	Falta de aliento, mareo, aumento en el ritmo cardiaco, capacidad y conciencia para tomar decisiones afectada. Llama de la linterna de seguridad extinta.
14,0	Facultades mentales seriamente afectadas.
10,0	Nauseas, vómito, incapacidad - el esfuerzo conduce a la pérdida del conocimiento.
6,0	Pérdida rápida de la conciencia y muerte.

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Es obligatorio proporcionar equipos de respiración a los trabajadores para su auto-rescate y los socorredores cuentan con sus equipos de protección respiratoria, pero, para mantener la vida en tales circunstancias, es importante que haya una comprensión básica de los efectos fisiológicos que experimentará la persona que se encuentre en tal situación. El efecto fisiológico del monóxido de carbono en el individuo se ha descrito en otras partes en detalle. Es reconocido como el más peligroso y el

que con más frecuencia se presenta entre los gases tóxicos encontrados bajo tierra y es un gas que debe ser entendido por los trabajadores de rescate de minas en particular.

De igual forma, los efectos de los demás gases que pueden encontrarse en las minas han sido descritos en detalle en la sección correspondiente a cada gas en particular.

Por su parte, los efectos fisiológicos de una atmósfera deficiente de oxígeno en las personas, varían según el porcentaje de oxígeno disponible para respirar. La tabla siguiente indica los síntomas de cualquier persona expuesta a una reducción gradual en el contenido de oxígeno de la atmósfera. Cabe señalar que estos síntomas pueden ser más notorios si la persona está llevando a cabo un mayor nivel de esfuerzo o actividad física. También puede exacerbarse con cantidades más altas de dióxido de carbono en la atmósfera.

La exposición de un individuo a una disminución del nivel de contenido de oxígeno en la atmósfera general refleja un nivel de contenido de oxígeno en el torrente sanguíneo. Los seres humanos respiran muy fácilmente y son capaces de realizar horarios de trabajo normales cuando el contenido en oxígeno disponible es aproximadamente 20.9%. Una reducción de hasta 19% de oxígeno es muy tolerable, pero, a medida que se reducen los niveles de oxígeno, el individuo comienza a ser cada vez más afectado físicamente limitando sus acciones. La pérdida de conciencia es inevitable por debajo de 10% de oxígeno. Una persona que se expone de repente a niveles particularmente bajos de oxígeno puede colapsar en segundos sin previo aviso, aunque puede ser llevado a un sitio con aire fresco o si se le suministra oxígeno o aire comprimido directamente. Este efecto de bajos niveles de oxígeno en el torrente sanguíneo, causando un suministro deficiente de oxígeno a los tejidos humanos, se conoce como hipoxia.

Las personas, tales como los trabajadores de salvamento, que desean entrar en un área de labores mineras, donde se sospecha que hay una atmósfera

deficiente de oxígeno por cualquier motivo, deberán tener a disposición aparatos respiratorios de protección. La presencia de otros gases en las minas, especialmente los gases inflamables antes referidos, puede complicar la entrada, incluso para las cuadrillas de salvamento usando aparatos de respiración, especialmente si se sospecha de la existencia de una fuente de ignición activa, como un incendio o equipo eléctrico vivo.

El monitoreo de los gases en el medio ambiente minero es en todo momento importante para las cuadrillas de rescate. La fiabilidad, la exactitud y la tendencia de los gases, incluyendo la deficiencia de oxígeno es, por lo tanto, de vital importancia para determinar los niveles aceptables de riesgo al desplegar los equipos de rescate.

La sección anterior 3.4.1.12 hizo referencia a las acumulaciones de una mezcla de dióxido de carbono y nitrógeno que contiene niveles muy bajos de oxígeno. Sin embargo, mayores niveles de dióxido de carbono también pueden resultar en efectos fisiológicos extremos sobre las personas, como insuficiencia respiratoria por asfixia y en última instancia la muerte en la medida en que se agota el contenido de oxígeno con su propia respiración.

Tabla 3.4 – 10 Efectos fisiológicos de la exposición al dióxido de carbono

Volumen %	Efectos
0,03	Normal
0,5	OES (VLP TWA) Aumento en la ventilación pulmonar.
3,0	OES (VLP STEL)
3,0	Dificultad respiratoria, aumentada cuando se hacen esfuerzos.
4,0	Ansiedad
+5,0	Dolor de cabeza, toxicidad, agotamiento
+10,0	Colapso, fuerte dolor de cabeza, palpitaciones
+20,0	Colapso inmediato
+30,0	Cese en la respiración

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Personas que pueden quedar atrapadas en una mina donde no hay flujo de aire para mantener el contenido



en oxígeno normal del aire respirable estará expuesto a un aumento gradual en los niveles de dióxido de carbono con efectos correspondientes como se muestra en la siguiente tabla.

Si la exposición a altos niveles de dióxido de carbono es prolongada, dará lugar a daños permanentes, especialmente derivados del correspondiente efecto de la hipoxia inducida por la reducción de los niveles de oxígeno. Personas que pueden llegar a los equipos de rescate puede ser revivido con la administración de oxígeno, posiblemente sin efectos graves a largo plazo, siempre que su exposición haya sido limitada en el tiempo. El uso de un "refugio" subterráneo es particularmente relevante durante la acumulación de dióxido de carbono cuando las personas están respirando en un espacio confinado durante un período de tiempo. La provisión de un suministro de aire comprimido u oxígeno por fuentes químicas o botella es considerada esencial para mantener el aire respirable en un refugio. Además, durante largos períodos de tiempo en un refugio donde las personas pueden tener que esperar rescate, será necesario vigilar de cerca los niveles de dióxido de carbono. El diseño de un refugio será necesario incluir para la eliminación de dióxido de carbono con un "sistema de depurador" con el fin de prevenir la peligrosa acumulación de dióxido de carbono.

Por otro lado, la presencia de gases tóxicos, cuyos efectos fisiológicos fueron descritos antes, en pocas ocasiones causan tales reacciones en el personal minero, pues las cantidades usuales en las minas raras veces rebasan los límites de exposición establecidos como seguros para los trabajadores.

Como se expresó al comienzo de esta sección, la forma más segura de evitar sus efectos es mantener un sistema eficiente de ventilación que diluya adecuadamente las concentraciones de cualesquiera gases que se presenten en la mina. Los trabajadores deberán comprender que la presencia de olores diferentes a los habituales en las minas serán indicativos de la presencia de gases nocivos y deberán proceder a evacuación y aviso de alarma cuandoquiera que su presencia por olor sea detectada.

3.4.1.15 Acciones preventivas contra los riesgos de deficiencia de oxígeno y acumulación de gases

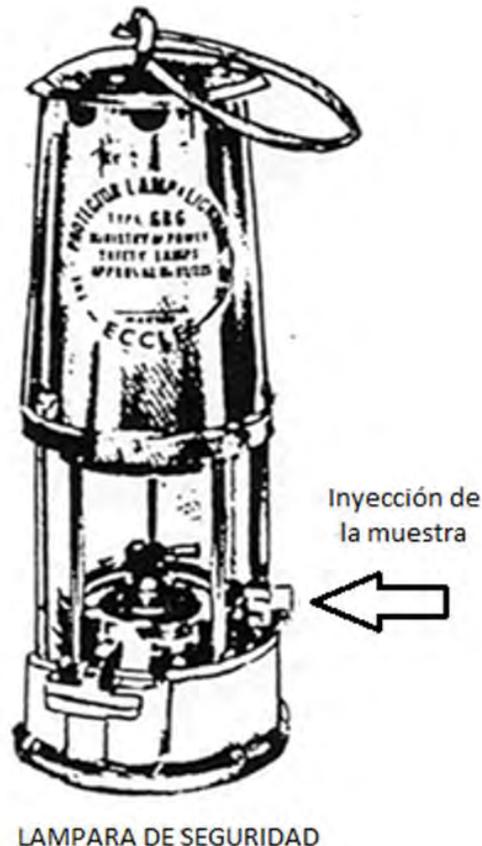
Con el fin de evitar una situación de deficiencia de oxígeno o la acumulación de gases que puede resultar en una explosión de gas grisú o una emergencia por toxicidad o asfixia generada por ellos, se deben realizar todos los esfuerzos para monitorear la presencia de todos los gases de mina, tanto tóxicos como inflamables, que puedan evitar el surgimiento de situaciones peligrosas.

Las secciones anteriores han mencionado el tipo de gases que se puede encontrar en minas subterráneas, sus propiedades y cómo pueden ser un peligro para la vida. También es evidente que, con el fin de mantener buenas condiciones atmosféricas o ambientales bajo tierra, es esencial que la principal consideración sea tener suficiente aire del estándar requerido para una adecuada ventilación en toda la mina. Si esto no se implementa en una base continua y constante, el riesgo de una situación de deficiencia de oxígeno o la acumulación de gases inflamables, tóxicos o asfixiantes será extremadamente alta, en particular, en aquellas minas caracterizadas como altamente grisutas, donde el riesgo sería lo suficientemente alto para sugerir que una explosión sea inevitable. ¡Lo único que se necesitaría sería una fuente de ignición apropiada!

Por lo tanto, es esencial que los operadores de la mina entiendan las propiedades y comportamiento de los gases, pero, en particular, cómo pueden monitorearse. Un conocimiento de los instrumentos de monitoreo y las técnicas para su uso también es esencial para combatir la acumulación de gases en la mina con el fin de detectar la aparición de mayores peligros.

Durante muchos años, los mineros utilizaron dos técnicas básicas para monitorear los gases de mina en entornos subterráneos, el sentido del olfato y la llama de la lámpara de seguridad. La combustión espontánea se puede reconocer en sus etapas tempranas con vigilancia, olores diferentes al normal, tal vez olores a aceite o petróleo, condensación o transpiración. Informes sobre estas situaciones presentados por cualquier persona que labore bajo tierra no deben ignorarse y deben investigarse de inmediato.

Figura 3.4 – 5 Lámpara de seguridad



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

La llama de la lámpara de seguridad, es un medio simple y confiable, aunque hoy en desuso, para advertir a los mineros de:

- La presencia de una atmosfera deficiente de oxígeno, en la cual la llama alumbrará “tenuemente” y finalmente se “extinguirá” a medida que bajan los niveles de oxígeno.
- Una acumulación de metano o grisú, con la cual la llama formará una “capa” de gas azul en el borde de la llama. A medida que el porcentaje de metano aumenta, la “capa” será más fácil de ver y el azul se torna más oscuro.

Lámpara de seguridad con llama.

La primera linterna exitosa fue inventada por Sir Humphrey Davy en 1815 y, en esencia, consistía de una llama de petróleo rodeada por un sencillo cilindro de malla muy fina de alambre, sin vidrio o capucha. La seguridad de la lámpara en una mezcla inflamable

de aire/grisú depende de la malla de alambre y era la característica de seguridad esencial estas lámparas.

Las lámparas más modernas tenían dos gazas y una capucha exterior de protección y, por lo tanto, resistían con éxito el paso de la llama en todas las condiciones que se podrían encontrar bajo tierra.

Los capataces de la mina debían tener experiencia en el uso de la lámpara de seguridad y capacidad para detectar la presencia de gas y estimar la concentración en porcentaje.

La llama de la lámpara en la presencia de grisú alumbrará con un borde azul por encima de la llama. En porcentajes bajos es azul pálido, pero a medida que el porcentaje aumenta, el borde se vuelve más oscuro y es más fácil de ver. Para obtener las mejores condiciones para alcanzar la capa de gas, se debía bajar la llama hasta que únicamente se muestre una pequeña partícula amarilla. Esta era la llama de prueba.

El observador entrenado vería la forma de la capa azul y sería capaz de convertirla a un porcentaje con un grado razonable de precisión.

La principal característica de la linterna era que permitía evaluar muestras de la atmósfera de la mina de hasta el 4%; muestras con un porcentaje más alto podían inyectarse y se podían estimar valores de hasta el 20%.

La muestra se recogía en un aspirador de caucho, el cual se podía utilizar con una sonda para extraer muestras de lugares por fuera del alcance normal. Para muestras remotas, el aspirador se desinflaba y se incluía un dispositivo de válvula sobre la apertura del cuello de la bomba. La válvula se ajustaba al bastón del diputado (bastón de mando hoy en desuso), y se abría presionando la palanca contra el techo en el punto en el que se quería tomar la muestra. El aspirador se llevaba al nivel del suelo para inyectar la muestra en la lámpara.

La introducción de los monitores portátiles de gases con capacidad de evaluar la concentración de varios gases a la vez, eliminó la necesidad del uso de lámparas de seguridad de llama.

Instrumentos para medir metano

Hay varios instrumentos aprobados para su uso bajo tierra (ATEX) que se consideran seguros en una atmósfera potencialmente explosiva. -

- Para la medición de metano
- Para la detección de metano
- Como detector automático de metano

El metanómetro se define como un instrumento diseñado para:

- Detectar y/o medir metano
- Ser operado independientemente de cualquiera de los servicios de energía de la mina.
- Incluir cualquier accesorio (dispositivo de muestras, registrador) para formar un sistema autónomo.

Hay tres clases normales de metanómetro, cada una de las cuales se subdivide en Categorías A y B. Los de Categoría B son menos precisos que la Categoría A y son apropiados para su uso como detectores. La clasificación incluye el rango, función y precisión de operación.

- Clase 1: instrumentos con escalas 0-5 %.
- Clase 2: instrumentos con escalas 0-100 %.
- Clase 3: Alarmas de metano

Los metanómetros incluyen:

- Instrumentos portátiles
- Alarmas de metano portátiles
- Monitores de metano

El uso de metanómetros en minas se ha reducido considerablemente y actualmente el instrumento ha sido remplazado casi universalmente por instrumentos de varios gases, fabricados por varias compañías alrededor del mundo.

Metanómetros portátiles, que miden el gas en el rango de 0-5 % se basan en la difusión del gas mediante un disco de metal sinterizado hacia una celda de combustión. La celda contiene el detector, llamado pellistor, el cual es un resistor eléctrico

cubierto con un catalizador. El catalizador oxidará el metano cuando se caliente.

Este resistor, junto con un resistor inactivo, están incorporados en lo que se denomina un puente de Wheatstone. Cuando se presiona el botón de prueba, una corriente eléctrica de la batería calienta los dos resistores por igual. El metano en el resistor cubierto de catalizador se oxida, aumentando su resistencia eléctrica. Esto ocasiona un desbalance en el balance eléctrico del puente, ese desbalance se calibra en términos de porcentaje del metano.

Figura 3.4 – 6 Metanómetro portátil



Fuente: ISweek High-Tech

También permiten la toma de muestras remotas, para lo cual se puede ajustar una manguera delgada de plástico que lleva la muestra de aire hasta la apertura del equipo por la que ingresa el aire a ser medido.

Alarmas de metano portátiles también se basan en un pellistor y funcionan con principios similares a los metanómetros portátiles.

Estos instrumentos se encienden al insertar la batería (la cual está diseñada para durar un turno completo) antes de ir bajo tierra. Bajo condiciones seguras, la luz de alarma titila una vez cada 15 segundos. Por lo general, la alarma está configurada a 1,25 %, pero puede ajustarse a cualquier punto en el rango del instrumento. Cuando la concentración de metano

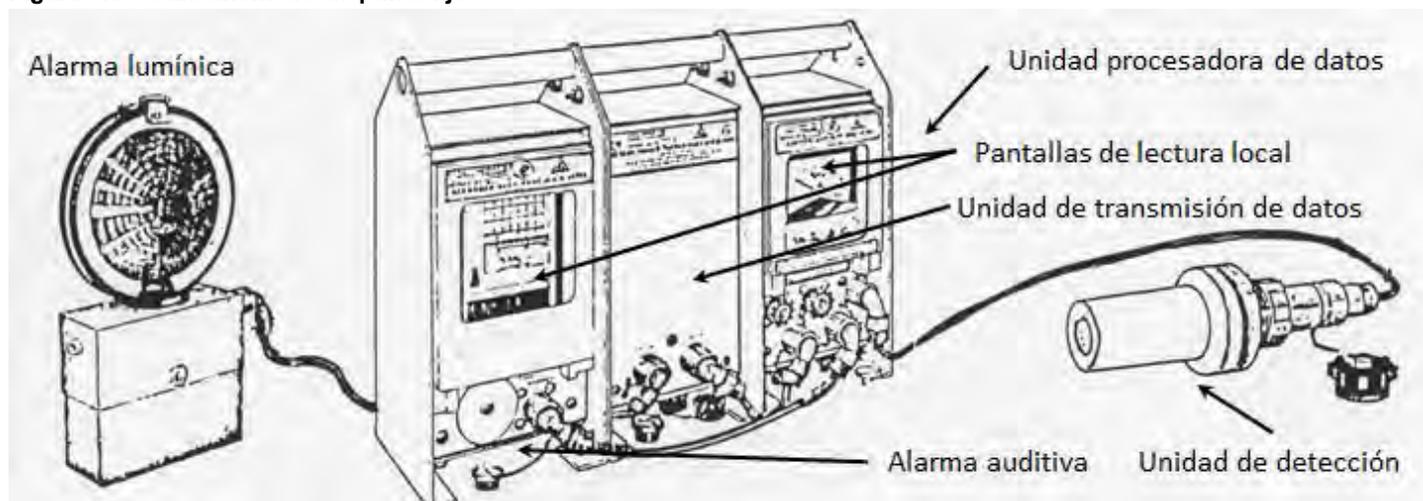
supere el valor predeterminado, la luz titila cada segundo. En caso de falla, el instrumento no titilará.

Figura 3.4 – 7 Alarma de metano portátil



Fuente: Nova Industry Pol.

Figura 3.4 – 8 Metanómetro de punto fijo



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Los metanómetros de punto fijo también están basados en pellistores y son ampliamente utilizados bajo tierra. La mayoría dan una indicación local de la concentración de metano y cuentan con salidas análogas de datos para permitir registrar una señal localmente o para enviarla a la superficie, usualmente por medio del sistema de monitoreo ambiental fijo de la mina.

Este instrumento monitorea continuamente el porcentaje de metano en el aire en un punto fijo. Este

valor se muestra en la pantalla provista en el medidor mismo y se puede transmitir a superficie al cuarto de control. Bajo condiciones normales, se emite una señal de luz y sonido cada 15 segundos. Bajo condiciones de alarma, la señal se emite cada segundo. La cabeza del detector está colgada en un lugar en el que se detectará el gas y se conectará a la unidad de control con un cable. La unidad de control se fija a un lugar en la vía y tiene una pequeña luz y un medidor que indica la concentración del gas en el rango de 0-3 %. La unidad de control cuenta con opciones para utilizar los cables para transmitir las señales de alarma a sitios distantes dotados de luces y altoparlantes.

Los metanómetros de alto rango son instrumentos portátiles con un rango entre 0-100 %, apropiados para medir altas concentraciones de metano en sistemas de drenaje de metano, estériles y cavidades. Su principio de medición se basa en el cambio de la resistencia eléctrica en un filamento por efecto de su temperatura, que es modificada por el

cambio de la conductividad térmica de la mezcla de gas que pasa por el instrumento.

También existen monitores de punto fijo que utilizan un detector de conductividad térmica para medir y registrar las concentraciones de metano en el rango 0-50 %. Se utiliza en lugares que son propensos a los estallidos de metano.

Es imperativo que todas las cuadrillas de salvamento minero cuenten con instrumentos aprobados de medición de gas, preferiblemente para varios gases y que tengan la capacidad de medir, al menos, monóxido

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

do de carbono, metano y oxígeno, y que todos los miembros del equipo tengan conocimiento de los gases y sean competentes para probar su presencia.

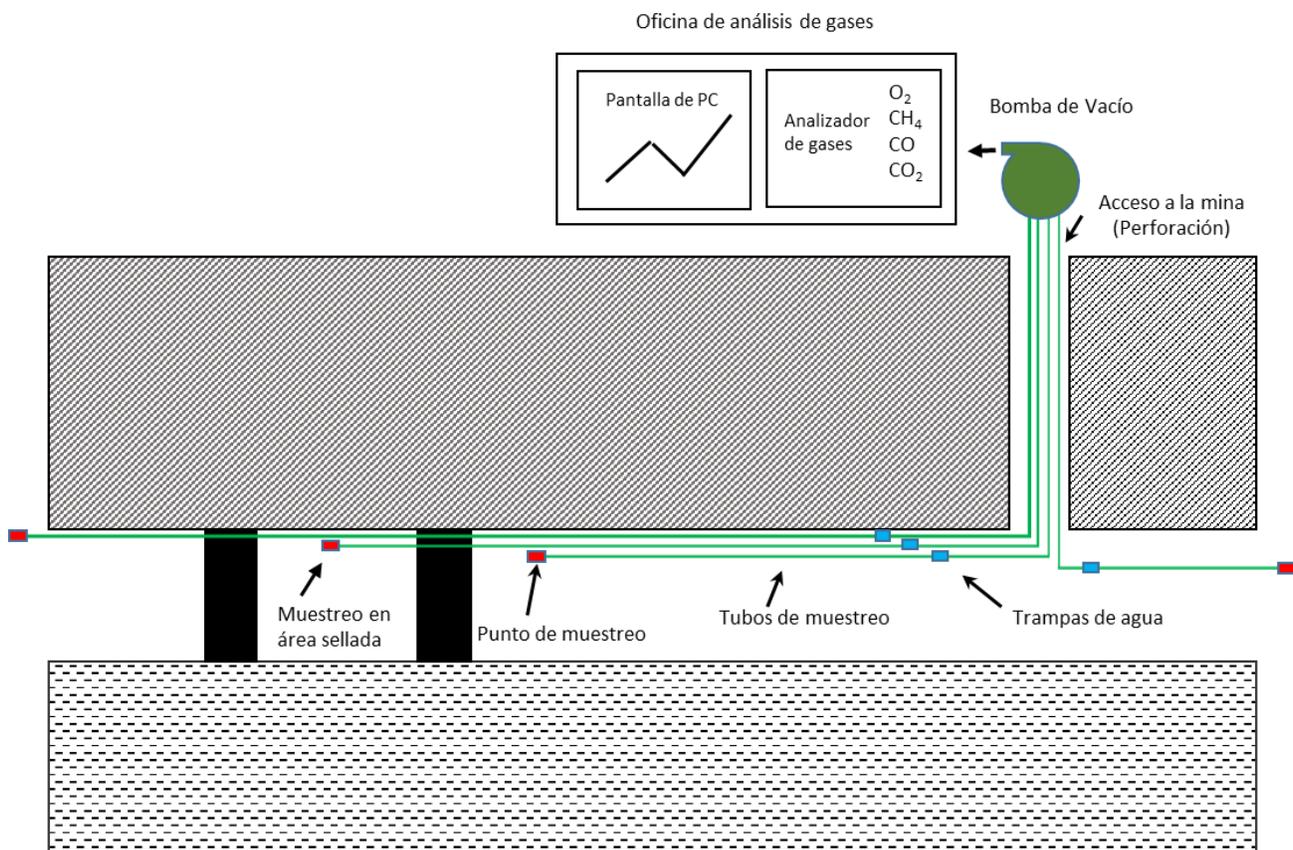
Si bien los instrumentos portátiles para monitorear el entorno subterráneo son vitales para la salud y seguridad de todos bajo tierra, todas las minas deberían ser obligadas a instalar algún tipo de sistema de monitoreo ambiental que compruebe constantemente las zonas clave de la mina, preferiblemente enviando información a un punto central en la superficie.

Figura 3.4 – 9 Sistema de muestreo por haces de tubos

Ambos sistemas están diseñados para medir y registrar los gases peligrosos de la mina que deben monitorearse continuamente, y para presentar esta información en un formato apropiado para su uso por parte de la gerencia de la mina.

Sistemas de Haces de Tubos

Este es un sistema relativamente simple que lleva aire de lugares determinados bajo tierra hacia la superficie para su muestreo secuencial automático. El aire se recoge a través de pequeños tubos de polietileno mediante bombas de vacío ubicadas en la superficie.



ESQUEMA DE UN SISTEMA DE MUESTREO DE GASES POR HACES DE TUBOS

Fuente: Mines Rescue Service

Los sistemas de monitoreo ambiental se suelen dividir en:

- Sistemas de Haces de Tubos
- Sistemas de Sensores Transductores

El extremo de cada línea de muestreo se ubica en el área a muestrear y desde allí inicia su recorrido hacia la superficie. Donde se encuentran dos o más tubos, por ejemplo, en una vía principal, se organizan en un conjunto dentro de una cubierta general de PVC. El haz de tubos puede contener hasta 19 tubos y pueden revestirse para protección adicional en pozos o socavones y otras ubicaciones vulnerables. Los

tubos individuales pueden identificarse mediante códigos de colores.

Originalmente, el sistema se diseñó para medir los cambios en el contenido de monóxido de carbono en la ventilación de retorno. Una vez se estableció, fue bastante sencillo incluir muestreo para otros gases

Un registro continuo de las lecturas de monóxido de carbono permite establecer con facilidad una norma para cada punto de muestreo individual. Una tendencia al alza que continúe, incluso cuando las actividades mineras son mínimas, sería un indicio del comienzo de una combustión espontánea o de un incendio. La desviación de la norma causada por efectos de corto plazo, tales como detonaciones y motores diésel, se pueden distinguir con facilidad.

La forma mecánica en la que las muestras se toman significa que se elimina el error humano al tomar la muestra. Cada vez, la muestra se toma de la misma manera y exactamente en el mismo lugar. La desventaja del sistema de haces de tubos es el lapso de tiempo antes de que se realice el análisis en la superficie. Tomará cerca de 2 horas a una distancia de 4 millas entre la cabeza del detector y el punto de análisis en la superficie.

Las demoras, incluso de esta magnitud, pueden ser aceptables. La detección de combustión espontánea, para la cual fue diseñado originalmente, requiere un periodo de incubación relativamente largo para su desarrollo. Una gran ventaja de tener los equipos de análisis en la superficie es que no quedan sujetos a las restricciones establecidas por el uso de energía eléctrica bajo tierra. Adicionalmente, se puede añadir una amplia variedad de análisis de laboratorio para medir otros productos. En momentos de emergencia, los análisis de hidrógeno y otros gases pueden ser invaluable para la gerencia y los equipos de salvamento.

Los avances en las técnicas de haces de tubos han llevado a la inclusión de microprocesadores para manejar el análisis de los datos, y en la mayoría de las instalaciones actualmente se cuenta con sofisticados sistemas de presentación de datos en pantalla y administración de alarmas enlazadas con los sistemas de monitoreo ambiental de la mina. Es

un sistema preciso de medición que permite calcular “indicadores” o “relaciones de gases” como la Relación de Graham, con cierto nivel de confianza. El dióxido de carbono se puede monitorear rutinariamente en las minas con haces de tubos y los gases adicionales como hidrógeno, etano y etileno pueden medirse utilizando muestras del haz de tubos suministradas a un cromatógrafo de gases.

En Australia, SIMTARS ha desarrollado un análisis de gases de mina asistido por computadora utilizando cromatógrafos ultra-rápidos de gases.

La desventaja obvia del sistema de haces de tubos es el tiempo que toma la muestra subterránea en llegar a la superficie. Por lo tanto, es un sistema inapropiado para advertir de incrementos súbitos en los niveles de metano. Sin embargo, es particularmente apropiado para tomar muestras de áreas aisladas de la mina, tal vez dónde todavía haya zonas activas con combustión espontánea.

Sistemas de Sensores Transductores

Actualmente existe una gama amplia de instrumentos aprobados para su uso bajo tierra, apropiados para medir concentraciones de metano, monóxido de carbono, oxígeno, productos de combustión, temperatura, presión y velocidad del aire.

Por lo general, las señales de estos sistemas se entregan a través de una estación subterránea a un sistema de transmisión de datos. Se muestra casi que instantáneamente en una pantalla de visualización en superficie. La velocidad con la que los resultados están disponibles significa que el sistema puede usarse como alarma de incendios y es particularmente valioso al lidiar con un incidente bajo tierra.

Parámetros como temperatura, presión y velocidad del aire también se pueden medir y se puede utilizar el sistema para controlar los equipos subterráneos que forma parte del sistema de seguridad de la mina, por ejemplo, ventiladores, válvulas, drenaje de metano, etc.

La información puede ser procesada utilizando programas de análisis por computador apropiados y



3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

se puede mostrar casi que instantáneamente en el cuarto de control de la mina.

Figura 3.4 – 10 Sistemas de monitoreo basados en transductores



Fuente: Vishwa Group of Co.

Por lo general el sistema ofrece dos opciones de visualización en la unidad de visualización de video. Los valores se pueden mostrar gráficamente o de manera análoga, con visualización de datos y hora, y pueden accederse remotamente utilizando redes de computadores en la superficie.

La información puede mostrar tendencias en el tiempo para cada punto de muestra.

Un desarrollo adicional fue la alarma de discriminación múltiple (MDA por sus siglas en inglés), el cual es un sofisticado programa de

computador que permite predecir los niveles de alarma futuros con base en la información recolectada durante un determinado periodo.

El MDA ha sido utilizado en varios sistemas de monitoreo de aire de minas. Existe evidencia comprobada de que detecta la combustión espontánea y el fuego, con una baja incidencia de falsas alarmas. Otros sistemas de monitoreo utilizados incluyen:

- Sistema de monitoreo FIDESCO, el cual mide los productos de combustión, brindando así una alerta temprana
- BM2H, un instrumento que continuamente monitorea altas concentraciones de metano. Se

utiliza para medir la concentración en una instalación de drenaje de grisú.

- El sistema de monitoreo de vibración en ventilaciones FIFFI, el cual mide la vibración de una instalación auxiliar de ventiladores.
- Monitor de presión absoluta, para monitorear la presión barométrica bajo tierra continuamente.
- Monitor de velocidad de ductos de aire. Este mide la cantidad de aire en los ductos de un sistema de ventilación auxiliar.
- Monitor de presión BPI. Para su uso en sistemas de drenaje de metano, para monitorear continuamente la presión diferencial en un tubo por el que fluyen gases. También monitorea la presión estática y la succión a lo largo de la misma.

El uso de transductores remotos de monitoreo y sistemas de transmisión de datos ha mejorado significativamente con el paso de los años, con énfasis particular en su integridad y confiabilidad. Los sistemas de baterías de respaldo como respuesta a fallas de energía han mejorado bastante. Esto es particularmente importante después de un incidente subterráneo (explosión), en los que se corta el suministro de energía. Su principal desventaja en comparación con el Sistema de Haces de Tubos es la probabilidad de que los sensores se contaminen por los altos niveles de gases que se presentan después de un incendio o explosión grave.

Es interesante recalcar que la industria inglesa del carbón comenzó a retirar el Sistema de Haces de Tubos de sus minas después del desarrollo e instalación de sistemas remotos de control y monitoreo diseñados principalmente para sistemas de producción de minerales. Este sistema permitió la mejora sustancial del monitoreo y control ambiental al utilizar un sistema diseñado para mejorar la eficiencia. Sin embargo, después de algunos incendios y, en particular, una explosión, se tomó la decisión de mantener el Haz de Tubos como un sistema paralelo. La pérdida de energía eléctrica, la contaminación de las cabezas de los sensores, causando lecturas imprecisas, hizo que el despliegue de un equipo de rescate fuera aún más incierto, mientras que los sistemas de Haces de Tubos

continuaban operando como lo hacían antes de la emergencia.

Bomba CRE para muestras de análisis de gases

Las minas modernas que cuentan con monitoreo continuo del entorno subterráneo ya no realizan un muestreo sistemático y regular del aire de la mina en varios lugares de la misma. Sin embargo, el muestreo de gases continúa siendo una tarea rutinaria en algunos lugares de la mina que no se pueden monitorear continuamente, por ejemplo, las zonas ya explotadas y las áreas aisladas mediante sellamiento.

El sistema que con mayor frecuencia utilizan los equipos mineros y los operarios de rescate para obtener muestras de gases para un análisis subsiguiente y más detallado mediante cromatografía, se basa en una bomba manual y en tubos de muestra metálicos, con una tapa roscada

Figura 3.4 – 11 Bomba de muestreo CRE



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

La bomba CRE y los tubos utilizados en el Reino Unido por los equipos mineros y de rescate se muestran en la figura 3.4 - 11. Si bien es fácil de operar, existe un proceso de uso para garantizar que no se contamine la muestra.

Antes de usarlos deben probarse en superficie como se describe a continuación:

Bomba

- Sellar el orificio de entrada de aire y retirar la manija de la bomba para crear un vacío; después de unos segundos, soltar la manija. La manija de la bomba debería regresar a su posición original por el vacío.

- Verificar la eficiencia de la bomba, colocando un tubo vacío y haciendo 15 bombeos completos de la bomba; transferir el tubo a una válvula de liberación que esté conectada a un manómetro (garantizando que la válvula del tubo permanezca cerrada). En un tubo normal de 245mm se debería observar una presión de 160 psi o 1100 Kn/m².

Si la bomba falla cualquiera de las pruebas, no debe utilizarse y debe repararse.

Tubos

Los tubos deben examinarse externamente en busca de corrosión; si hay cualquier duda sobre su condición, no debe utilizarse.

- Fijar un tubo a la bomba CRE y realizar 10 bombeos completos
- Remover el tubo y colocar una pequeña cantidad de agua destilada en la "Válvula Schrader" para verificar fugas.
- Al finalizar la prueba con éxito, libere la presión utilizando el botón de liberación en la manija y coloque de nuevo el guardapolvo.

Uso

La bomba podrá utilizarse para recoger muestras de varias fuentes, por ejemplo, el cuerpo general de la atmósfera de la mina o a distancia usando mediante tubos y mangueras de alargue. El siguiente método es para tomar una muestra del cuerpo general en la vía de una mina.

- Seleccionar un tubo y remover el guardapolvo, asegurarse de que el tubo está despresurizado; fijar el tubo a la bomba y realizar 10 bombeos completos; aplicar un poco de humedad a la válvula para buscar fugas.
- Liberar la presión y repetir la operación una segunda vez. La tercera vez, llenar el tubo por completo con entre 17 y 25 bombeos. Buscar fugas y colocar de nuevo el guardapolvo.

Nota: el número de identificación en el tubo debe anotarse y registrarse con la ubicación, hora y fecha de la muestra, y luego ser pegado al tubo.

Es recomendable llenar dos tubos en cada ubicación, garantizando que siempre que se requiera se tenga una muestra de respaldo.

Para muestras de la atmósfera general, tomar la muestra atravesando la vía a lo ancho.

Para una muestra puntual, tomarla en un punto fijo.

Figura 3.4 -12 Fuelle y tubos de detección de gases Drager



Fuente: Drager

Tubos de detección de gases

Los tubos de detección de gases se han utilizado en minas durante más de un siglo, inicialmente para monóxido de carbono. Con los años se han desarrollado otros, hasta el punto que actualmente se puede detectar y medir cualquier gas con estos tubos.

Un sistema de medición con tubos de detección consiste en una bomba o fuelle que se fija a un tubo de vidrio sellado individual que contiene un material inerte, sólido o granular impregnado con o mezclado con reactivos químicos. Estos reactivos - algunas veces más de un reactivo - cambian de color cuando se introduce un gas al tubo. La magnitud del cambio de color se mide en una escala y es un indicador, normalmente en partes por millón (ppm) de la cantidad del gas.

La precisión es un asunto de cuidado y puede variar según el gas, y su uso ha bajado considerablemente con otros desarrollos en monitoreo y medición. La mayoría de tubos de detección tienen una "vida útil" y

tienen que ser específicos para el gas que se mide. Por lo tanto, se debe verificar su “fecha de vencimiento”, pasada la cual estos se deben destruir.

3.4.2 Acciones para controlar el riesgo por deficiencia de oxígeno y acumulación de gases

Es generalmente aceptado que la ventilación de una mina subterránea debe ser lo suficientemente adecuada para:

- Diluir gases dañinos e inflamables para volverlos inofensivos.
- Remover estos gases
- Proporcionar por lo menos 19,5 % de oxígeno por volumen en la atmósfera general de la mina.
- Evitar que el porcentaje de dióxido de carbono en el aire de la mina supere 0,5% por volumen.

Al mismo tiempo, las condiciones ambientales de la mina deberían ser “razonables” respecto a:

- temperatura
- humedad
- polvo

Estos estándares no aplicarían a las partes de la mina que ya no están en uso y que están bloqueadas para que las personas no accedan a ellas, por ejemplo, túneles abandonados o en desuso.

El suministro de una ventilación adecuada a la mina debe sortear diferentes inconvenientes.

- El incremento de los volúmenes de producción causa la liberación de mayores volúmenes de metano a la atmósfera de la mina.
- Los frentes de producción en la mayoría de minas son cada vez más distantes de la superficie, lo que aumenta la resistencia al flujo de aire.
 - Los diversos equipos utilizados bajo tierra son cada vez más numerosos y con mayores consumos de energía. Pueden funcionar eléctrica o hidráulicamente o con motores diésel. El resultado es que el calor, junto con el monóxido de carbono y el dióxido de

carbono del escape, que generan estas máquinas bajo tierra tiene que removerse mediante el flujo de aire de ventilación.

- Se deben distribuir mayores cantidades de aire a toda la extensión de la mina para mantener un entorno seguro en el cual se pueda trabajar sin riesgos para la salud de los mineros.

Las secciones anteriores han mencionado varios gases que se producen en la minería y los peligros que crean y que se deben controlar con el fin de proteger a todos. Una ventilación insuficiente de la mina resultará, inevitablemente, en una deficiencia de oxígeno y en la acumulación de gases de la mina que son asfixiantes, tóxicos, explosivos o todo lo anterior.

3.4.2.1 Principios para controlar el riesgo por deficiencia de oxígeno y acumulación de gases

En la práctica, la ventilación de la mina ocurre, tanto, de forma natural como mediante el uso de ventilación mecánica. Los primeros mineros aprendieron rápidamente que era ventajoso juntar excavaciones adyacentes bajo tierra para formar dos o más puntos de entrada y salida, creando así una “ventilación natural”. También descubrieron que, en minas pequeñas, la cantidad y la dirección de la ventilación natural depende de la temperatura y presión del aire superficial.

Ventilación natural

Esta resulta de una diferencia en la densidad de las columnas de aire que se encuentran a diferente nivel, densidad que también es afectada por diferencias en la temperatura; ambos fenómenos son resultado de causas naturales. Las diferencias en temperatura y densidad surgen principalmente de dos causas:

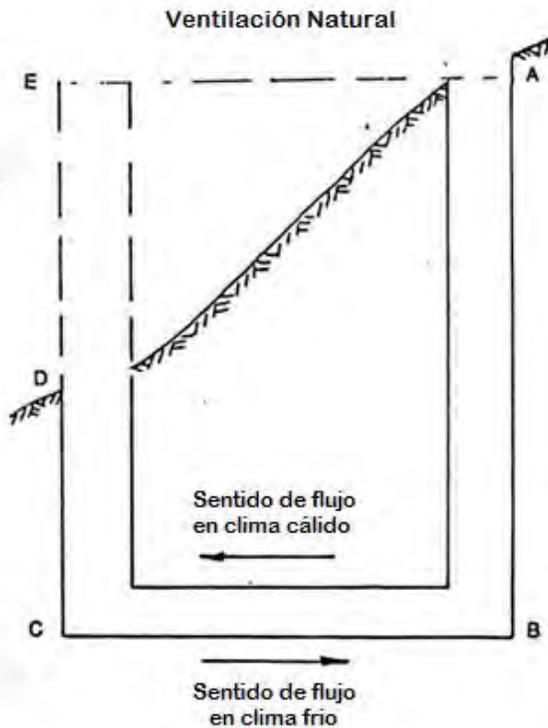
- Diferencia en la profundidad de la mina debido a la diferencia de altitud entre los puntos en que los pozos o túneles se abren a la superficie.
- El calentamiento del aire en los pozos o túneles, la cual aumenta con la profundidad.

Para entender la forma como se produce la ventilación natural debido a una diferencia de

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

profundidades, obsérvese la siguiente gráfica que muestra de forma esquemática dos pozos de mina.

Figura 3.4 -13 Esquema de la ventilación natural



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

En clima cálido o templado, la temperatura promedio de la columna de aire EC en la Figura 3.4 - 13 será mayor que la de la columna AB. Por lo tanto, la densidad promedio de la columna EC será menor que la de la columna AB, de manera que el aire fluirá en la dirección de ABCD, según se indica.

En clima frío, las condiciones se invertirán, de manera que la columna EC será más fría y densa que la columna AB, causando así un flujo en la dirección opuesta DCBA, según se muestra.

Bajo ciertas condiciones climáticas, las columnas AB y EC se equilibrarán entre sí. Esto significa que el flujo de aire cesará o fluctuará en cualquier dirección. Por este motivo, la ventilación natural no es confiable, varía en cantidad y es totalmente inapropiada para las minas modernas.

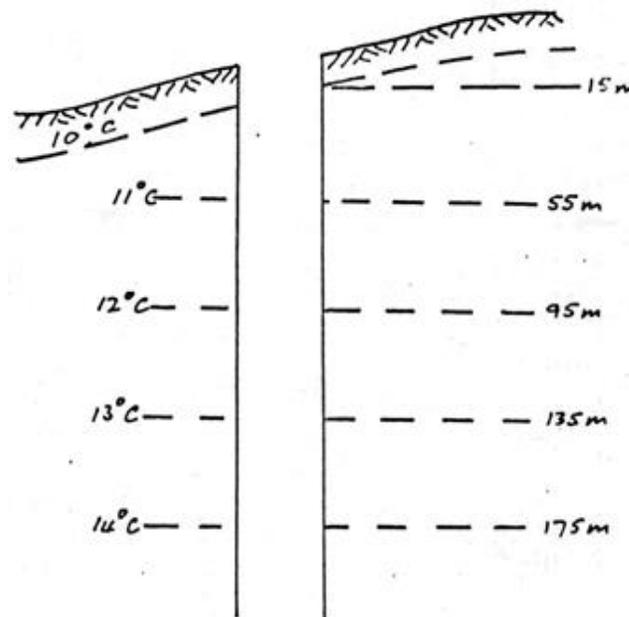
Gradiente geotérmica

A medida que se desciende por la corteza terrestre y se acerca a su centro, la temperatura de los estratos aumenta. El ritmo al que la temperatura aumenta con

la profundidad se conoce como la gradiente geotérmica. En los campos de carbón ingleses, por ejemplo, se tiene que, a 15 metros por debajo de la superficie, la temperatura es constante en alrededor de 10°C. El valor promedio de este gradiente es de 25 °C/km de profundidad, considerando que se avanza desde la superficie hacia el centro de la esfera terrestre. Los valores usuales se encuentran en el rango 10 a 66 °C/km, sin embargo, se ha medido gradientes de hasta 200 °C/km. La razón por la que la temperatura aumenta a medida que se profundiza radica en las muy altas temperaturas que existen en el núcleo del planeta.

Para Colombia se puede consultar el anexo 2.

Figura 3.4 - 14 Gradiente geotérmica



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

La figura 3.4 - 14 muestra cómo la temperatura de las capas rocosas aumenta 1°C por cada 40 metros de profundidad adicional. La densidad del aire también se ve afectada por su contenido de humedad y será obvio que cualquier cálculo hecho para la ventilación natural requerirá modificación en casos en los que una entrada presente mayores niveles de humedad y la otra esté seca.

Ventilación Mecánica

Como se mencionó anteriormente, la ventilación natural no debe considerarse como apropiada para

ventilar una mina con estándares adecuados debido a las variaciones considerables que se pueden presentar, resultando en la creación de circunstancias peligrosas bajo tierra.

Esto significa que se debe instalar un ventilador mecánico en el circuito para garantizar el suministro constante del volumen de aire requerido bajo tierra. Estos “ventiladores principales” se suelen instalar cerca de la parte superior del pozo de ventilación o el túnel superficial y actúan como sistema de extracción de aire. Esto crea una presión negativa bajo tierra, causando un flujo de aire constante a través de la mina.

En la mayoría de las minas, el pozo de ventilación tiene una esclusa de aire y no está abierto a la atmósfera. El ventilador de la mina es del tipo de extracción. Hala el aire desde abajo del pozo y a través de los trabajos hacia el pozo de ventilación de salida. Cerca de la parte superior del pozo de ventilación se encuentra el ducto del ventilador a través del cual el ventilador extrae el aire de la mina que pasa sobre y alrededor del ventilador mismo y es empujado hacia superficie por el ducto de descarga del sistema de ventilación.

La distribución de aire a lo largo de la mina se controla con el uso de varios dispositivos, que incluyen:

- Tabiques de aislamiento entre vías
- Rellenos laterales donde se ha removido carbón.
- Puertas en las vías
- Reguladores en las vías
- Láminas o cortinas de ventilación para dirigir el flujo de aire.
- cruces de aire para aislar una vía de aire de entrada de una vía de aire de retorno

Tabiques de aislamiento

Los tabiques de aislamiento se construyen para aislar vías y partes de la mina que ya no son necesarias para trabajar o desplazarse y que buscan minimizar las fugas de aire en la mina.

Figura 3.4 – 15 Tabique de bloque y cemento



Fuente: Lackawanna Coal Mine, Scranton Pennsylvania USA

Dichos tabiques de aislamiento suelen ubicarse entre una entrada principal de aire en el sistema de ventilación y un retorno principal, donde podría haber una diferencia significativa en la presión del aire que podría dar origen a una fuga sustancial de aire. Por lo general, debido a su diseño estándar son:

- Construidos de un relleno hermético, de al menos 5 metros de espesor en piedra, tierra, arena o material estéril, o
- Construidos de un relleno hermético, de al menos 3 metros de espesor en piedra, tierra, arena o material estéril y con un muro de al menos 190mm de grosor de mampostería, ladrillo o concreto, con una cobertura de mortero para evitar fugas ubicado en la cara del tabique que mira hacia la entrada principal de aire.
- Todo espacio entre el frente del tabique de aislamiento y la vía del sistema de ventilación debe permanecer libre.

Rellenos Laterales

Estos rellenos forman los lados de la vía en las explotaciones de tajo largo. El relleno cumple dos funciones:

- Soportar el techo
- Evitar fugas de aire desde las vías de ingreso de aire del sistema de ventilación hacia las vías de retorno.

La corriente de ventilación siempre tomará la línea de menos resistencia y, si el relleno se construye dejando vacíos en el cuerpo del mismo o encima de él, el aire pasará a través. La construcción de rellenos apropiados y herméticos es imperativa debido a que, además de reducir el paso de aire por el frente de corte, las fugas por los rellenos laterales pueden causar el calentamiento espontáneo del carbón en el estéril.

Puertas

Es necesario utilizar puertas en el circuito de ventilación para evitar que el aire rompa el circuito por las vías que conectan la vía de ingreso con la de retorno. Al menos dos puertas son instaladas en cada corte transversal y se distancian de manera que solo sea necesario tener una puerta abierta en cualquier momento determinado. Obviamente, entre más cerca se esté del ventilador en superficie, la diferencia en la presión entre las vías de ingreso y retorno será mayor. Es probable que los conjuntos de puertas cerca del ventilador contengan tres o incluso cuatro puertas debido a la gran diferencia de presión.

Las puertas se construyen sobre marcos que están ligeramente inclinados a la vertical y para que se abran hacia el lado desde donde fluye la ventilación. Esto permite que su cierre se produzca de manera autónoma y que no queden entreabiertas para permitir fugas.

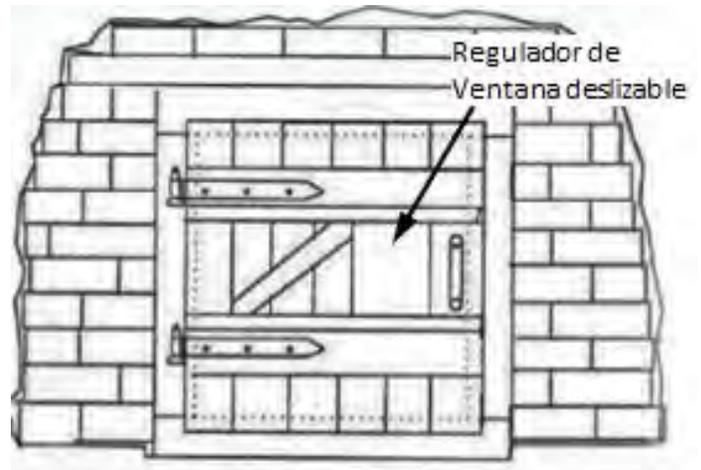
Reguladores

El aire de ventilación que pasa por un área, unidad o panel depende de la diferencia de presión entre el punto de ingreso y el de retorno del aire de la ventilación. Esta diferencia de presión causa el flujo de aire. Entre más largas sean las vías, mayor será la resistencia al flujo de aire.

Por lo tanto, en una mina con unidades de producción cercanas al ventilador o al pozo o túnel del mismo y con largas vías principales para alcanzar otras unidades de producción, será necesario controlar el aire que circula hacia los paneles cercanos. De lo contrario, la tendencia sería que más aire circularía por estas galerías cercanas, reduciendo el flujo a las áreas más alejadas, aumentando el riesgo de acumulación de gases.

Con el fin de controlar el flujo de aire alrededor de un área, se construyen reguladores en el retorno, usualmente en el costado cercano a la salida, donde la vía es más estable. Un regulador es como una puerta, excepto que tiene un corte rectangular en él. El tamaño de la apertura se puede controlar con un panel deslizable ajustable para regular el flujo de aire que pasa a través de él.

Figura 3.4 – 16 Regulador de ventana deslizable



Fuente: Desarrollo propio

El tamaño de la apertura que permite el flujo de aire depende de los requisitos de ventilación del sector. La posición del panel deslizable es determinada por una persona competente (Oficial de Ventilación), quien tiene la capacidad de calcular el tamaño requerido.

Láminas o cortinas de ventilación

La cortina de ventilación es un material flexible resistente al fuego que se fabrica en rollos.

Su uso principal es desviar el aire hacia las esquinas y cavidades, a donde la corriente principal de ventilación no tiene acceso.

Los oficiales pueden utilizar las cortinas de ventilación para despejar el gas de los sitios mencionados, o una serie de ellas como "obstáculos" para la corriente de aire, con el fin de despejar el gas que se ha acumulado en el techo de la vía. Si se construye correctamente en la vía, una cortina de ventilación puede cumplir la misma función que una puerta.

Cruces de aire

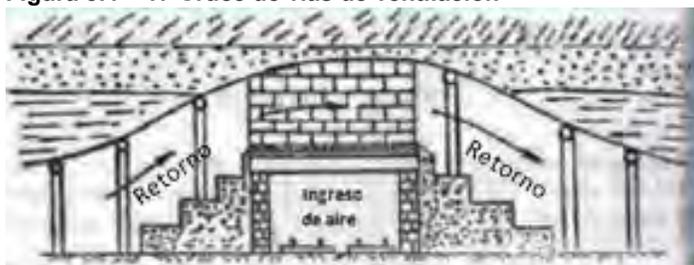
El método utilizado para suministrar aire a todas las partes de la mina en las mejores condiciones posibles es mediante la ventilación paralela. Esto implica que las vías de entrada y retorno se cruzan entre sí en varios puntos, de manera que se debe tener cuidado para evitar fugas en estas intersecciones.

Las vías en estos puntos deben construirse de manera que una, cruce sobre la otra y queden completamente separadas. Los cruces de aire se suelen construir de manera que la vía de retorno cruce por encima de la vía de entrada. Estos deben ser herméticos y lo suficientemente fuertes para resistir las presiones ejercidas por los estratos.

Hay dos tipos de cruces:

- ordinarios
- a prueba de explosiones - que deben ser herméticos y ser capaces de soportar una explosión; son virtualmente indestructibles.

Figura 3.4 – 17 Cruce de vías de ventilación



Fuente: Fionn Taylor Mine Rescuer

El cruce representado en la figura 3.4 – 17 es a prueba de explosión. La línea punteada representa un cruce normal de ventilación

Medios para ventilar una mina de forma efectiva

Un ventilador es una máquina giratoria con aspas que mantiene un flujo continuo de aire (en oposición al flujo pulsante de una máquina con pistones). Tiene un propulsor con aspas que ejercen fuerza en el aire, manteniendo así el flujo y aumentando la presión total.

Hay tres tipos de ventiladores que pueden ser utilizados en las minas:

- Flujo centrífugo o radial

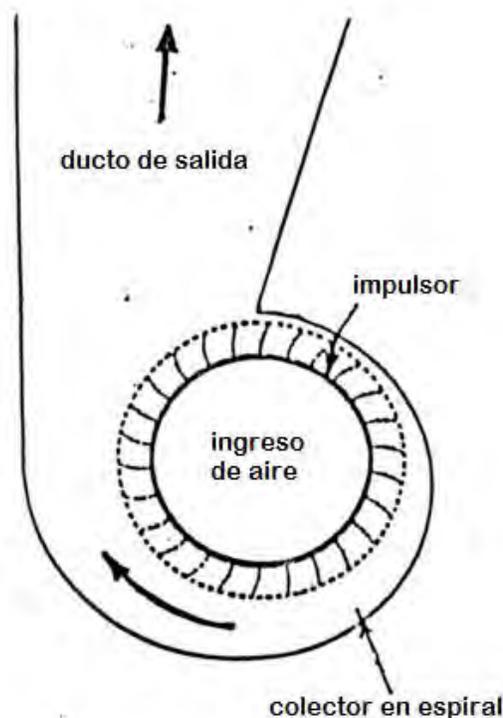
- Flujo axial
- Flujo mixto

En teoría, cualquiera de estos tipos de ventilador puede usarse para cualquier tarea, siempre y cuando se seleccione el tamaño y velocidad adecuada. Sin embargo, factores como la fuerza mecánica y la eficiencia aerodinámica hacen que cada ventilador tenga un uso óptimo.

El ventilador de flujo centrífugo es más apropiado para situaciones de alta presión/bajo volumen, el de flujo axial para alto volumen/baja presión y el de flujo mixto para el punto medio. Hay grandes áreas de coincidencia y la mayoría de tareas de ventilación de la mina se encuentran dentro de esta área.

Ventiladores de flujo centrífugo

Figura 3.4 – 18 Ventilador centrífugo



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

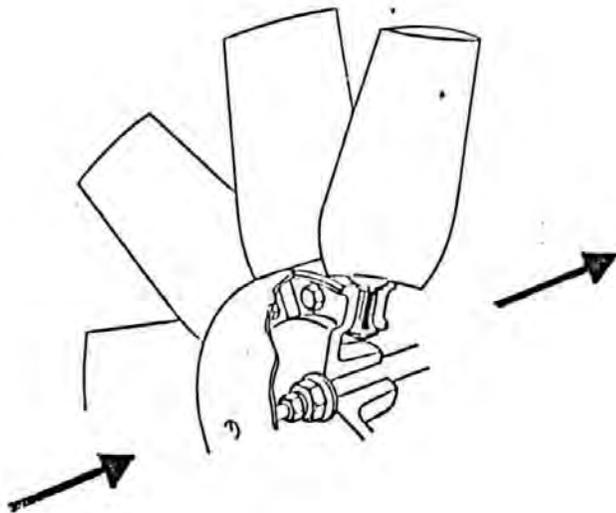
Los ventiladores centrífugos tienen una serie de aspas montadas de manera radial, de manera que el aire se atrae hacia la entrada y es descargado radialmente a la carcasa del ventilador. La carcasa o voluta recolecta el aire a medida que deja la periferia del ventilador y lo dirige al punto de descarga.

Para mayor eficiencia, se debe prestar atención a las formas y dimensiones relativas del propulsor y la voluta que lo contiene.

A medida que la velocidad del aire se reduce gradualmente en la carcasa, la velocidad de presión perdida se convierte en presión estática útil, aumentando la eficiencia general de la instalación.

Ventiladores de flujo axial

Figura 3.4 – 19 Ventilador axial



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Este tipo de ventilador tiene una serie de aspas montadas sobre un buje central de manera similar a la turbina de un avión.

El aire pasa por el ventilador en una trayectoria paralela al eje de rotación. Las aspas tienen una sección aerodinámica para mejorar la eficiencia y un conjunto de compuertas de guía del aire a continuación del propulsor, que pueden utilizarse para aumentar la presión generada.

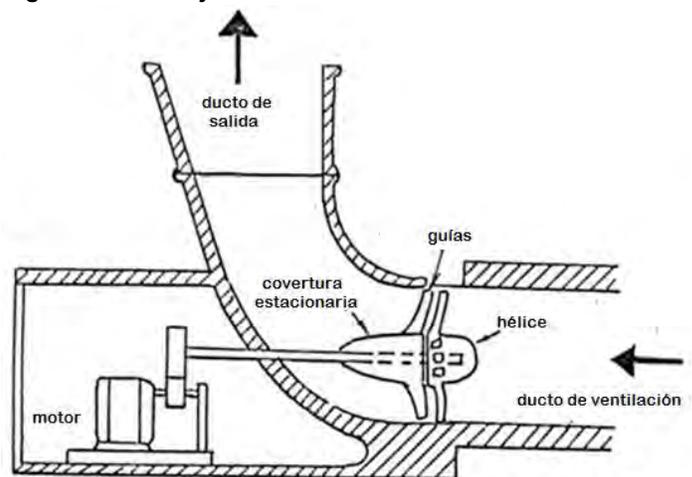
El volumen de aire manejado es aproximadamente proporcional a la zona barrida por las aspas, asumiendo que todos los demás elementos sean constantes. Aumentar el diámetro del buje resulta en una menor longitud de las aspas y aumenta la presión generada. La mayoría de los ventiladores de flujo axial para ventilación de minas tienen aspas de longitud corta a media, con un diámetro total

equivalente a entre 1,3 y 2,2 veces el diámetro del buje. Las aspas pueden ser ajustables o rígidas en relación con el buje.

Ventiladores de flujo mixto

Estos ventiladores tienen una apariencia similar a los ventiladores de flujo axial. La diferencia es que las aspas son fabricadas a partir de lámina y no tienen una sección aerodinámica. Están soldadas a una posición fija en el buje, el cual tiene una superficie inclinada. De forma similar a los ventiladores de flujo axial, los ventiladores con aspas más largas producen un mayor flujo a una menor presión.

Figura 3.4- 20 Flujo de aire en un ventilador axial



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Reversión del flujo de aire

Circunstancias como un incendio en un sitio cercano al acceso principal de la mina, pueden beneficiarse de la reversión en el flujo de aire de la mina. Esto significa que, temporalmente, las funciones del pozo superior e inferior se revierten. El beneficio es que, en caso de un incendio en una mina, los gases del incendio no pasarán a los frentes cercanos ni crearán una atmósfera irrespirable. Serían llevados hacia afuera de la mina.

Las disposiciones para la reversión del flujo de aire se construyen en el diseño del sistema, y esto se logra mediante la operación de compuertas y puertas ubicadas estratégicamente.

La necesidad de revertir el aire surge rara vez en la práctica, pero requiere los medios para realizarlo en una emergencia.

Otra razón para considerar la reversión del flujo de aire es que después de una explosión, sirve para prevenir que los vapores tóxicos sean transportados al interior, con los respectivos daños para los trabajadores.

La reversión de la ventilación es un paso serio y **solo debería aplicarse en caso de necesidad real**, después de considerar por completo su efecto sobre las condiciones de toda la mina.

La disposición para la reversión depende del tipo de ventilador y de la disposición de sus componentes en la instalación efectuada. Con los ventiladores de tipo centrífugo y radial, la reversión de la dirección de rotación no afecta la dirección de flujo del aire y en algunos casos, según el diseño de las palas del venturi, es posible que la reversión del sentido de giro anule por completo el impulso del aire que se logra con el giro en el sentido del diseño original. Por lo tanto, los arreglos deben permitir que el ventilador, operando en su dirección normal, revierta el flujo de aire.

Con el ventilador de flujo axial, la reversión de la corriente de aire se logra simplemente revirtiendo la dirección del propulsor. Debe notarse, no obstante, que la cantidad de aire se reduce considerablemente en comparación con la operación normal. Esta circunstancia se supera con los ventiladores de aspas ajustables que pueden acomodarse al nuevo sentido de giro. Sin embargo, este tipo de ventiladores son poco comunes en las instalaciones mineras.

Las figuras 3.4 – 21, 3.4 – 22, 3.4 – 23 y 3.4 – 24 muestran disposiciones típicas para flujo normal y flujo de reversión de aire, tanto para ventiladores axiales como para ventiladores centrífugos cuyas instalaciones revisten algunas características similares.

Para lograr la reversión se han dispuesto compuertas que de acuerdo con una combinación específica en la que unas de ellas están abiertas y otras cerradas, el

flujo de aire se encamina en direcciones opuestas, sin grandes cambios adicionales en las instalaciones

Flujo de Aire Bajo Tierra

La ventilación fluye en todas las galerías de la mina y diferentes partes requieren diferentes cantidades de aire para cumplir con los requisitos de las regulaciones mencionadas anteriormente. Por lo tanto, es muy importante que las medidas requeridas para calcular la corriente de ventilación sean tomadas correctamente.

Con el fin de calcular la cantidad de flujo de aire, se debe determinar la siguiente información en puntos específicos de la vía.

- La velocidad del aire
- El área de corte transversal de la vía

De manera que $Q = VA$, donde

Q es la cantidad en metros cúbicos por segundo
 V es la velocidad en metros por segundo
 A es el área de corte transversal en metros cuadrados

Instrumentos para medir el flujo de aire

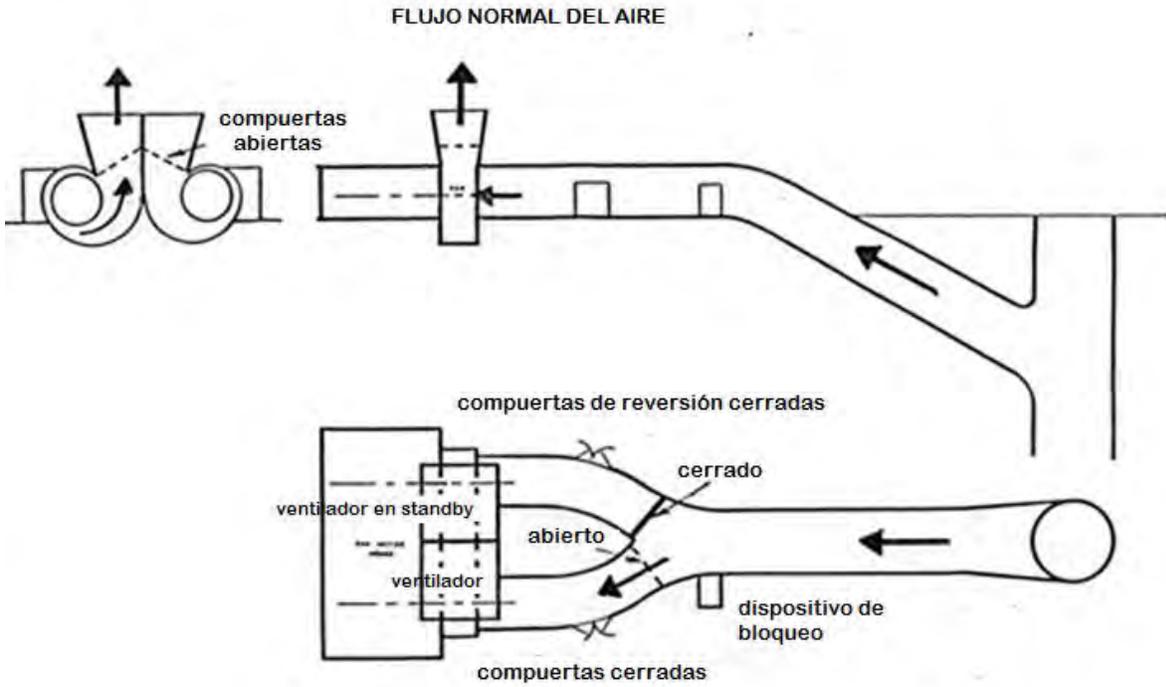
La cantidad de aire depende de su velocidad, y se ha encontrado que vías de diferentes tamaños tendrán una gama de velocidades de aire que, puede ir desde muy baja hasta muy alta y para medirla con precisión existen diferentes instrumentos y métodos, a saber:

- Tubo de Pitot - alta velocidad
- anemómetros - velocidad media y baja
- Nubes de humo - velocidad baja

Tubo de Pitot

El tubo de Pitot es necesario para las velocidades más altas, superiores al rango del anemómetro. Los valores encontrados en la corriente del ventilador y en el ducto de ventilación auxiliar se obtienen utilizando el tubo de Pitot. También puede ser utilizado para velocidades medias.

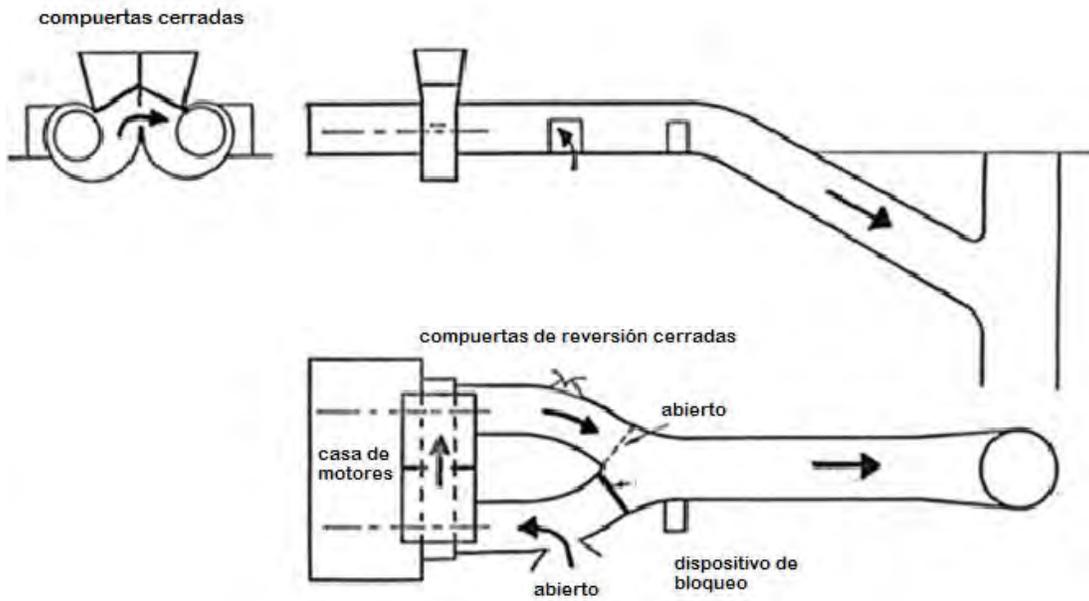
Figura 3.4 – 21 Ventilador centrífugo, flujo normal



Ventilador radial de extracción en un inclinado - Flujo de aire Normal

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

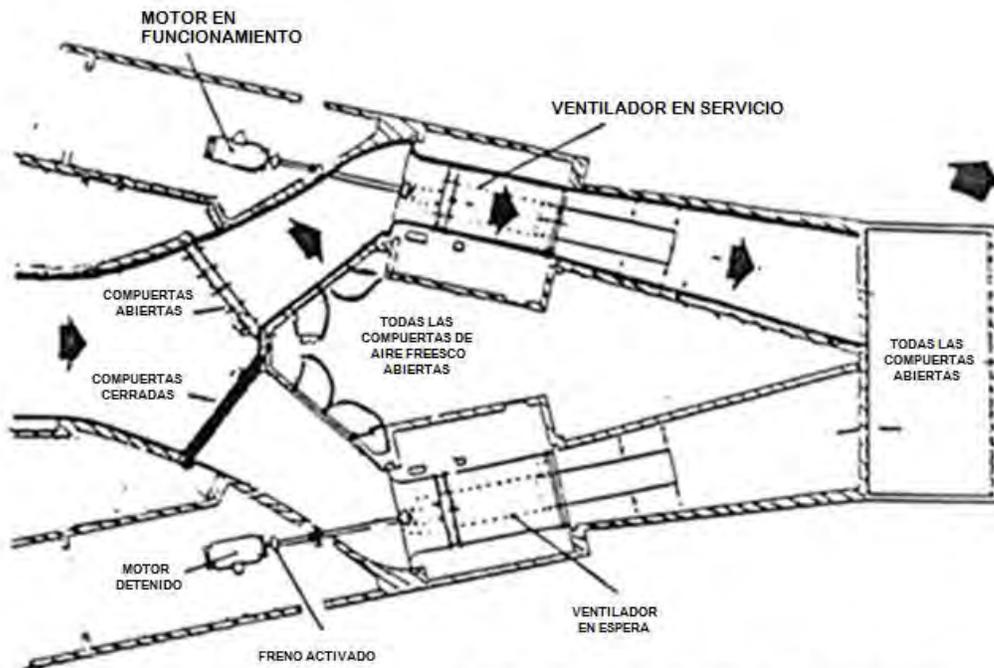
Figura 3.4 – 22 Ventilador radial o centrífugo flujo invertido



Ventilador radial de extracción en un inclinado - Flujo de Aire Invertido

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

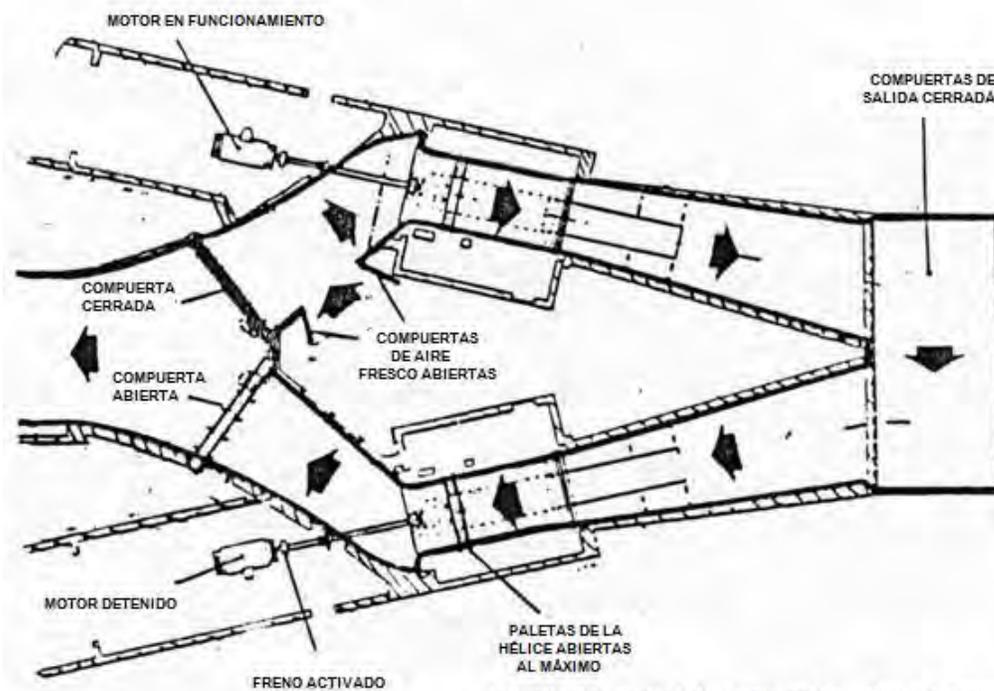
Figura 3.4 – 23 Ventilador axial, flujo normal



Ventilador axial de extracción - Flujo Normal

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.4 – 24 Ventilador axial, flujo normal



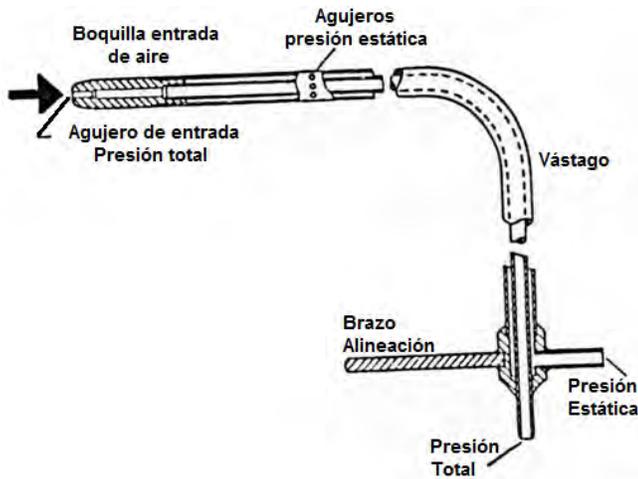
Ventilador radial de extracción - Flujo Invertido

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

Para determinar la velocidad del aire, el tubo de Pitot se conecta a los extremos de manómetro de agua, de tubo inclinado, que registrará la presión de velocidad (Pv). Esta presión de velocidad debe convertirse a la velocidad de flujo (V).

Figura 3.4 – 25 Tubo de Pitot

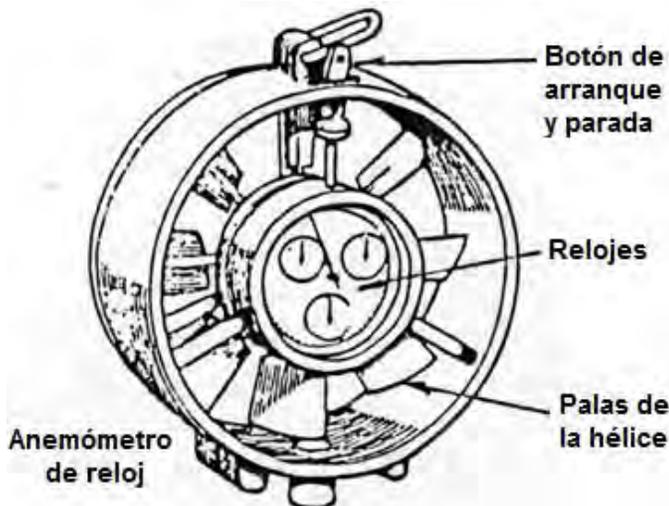


Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El manómetro de tubo inclinado se utiliza porque medirá pequeñas diferencias de presión con mayor precisión que un manómetro estándar.

Anemómetros

Figura 3.4 – 26 Anemómetro

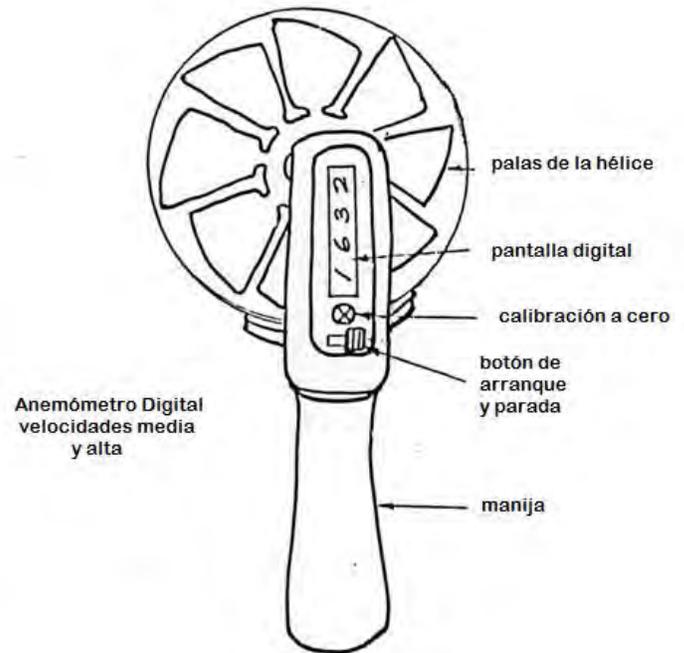


Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El anemómetro da una lectura acumulada del aire que pasa a través del mismo. Si el instrumento se ubica correctamente a través de la sección de la vía y se

utiliza un cronómetro, se puede encontrar la velocidad promedio del aire.

Figura 3.4 – 27 Anemómetro AM500



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Los anemómetros son:

- De velocidad media/alta
- De velocidad baja

El instrumento AM500 de velocidad media/alta tiene un rango de hasta 25 metros por segundo. Es de lectura digital y puede utilizarse para lecturas desde 0,7 metros por segundo. Por debajo de este valor el instrumento es impreciso, de manera que lecturas inferiores a este rango no deben tomarse como válidas.

Nubes de humo

Las velocidades menores se obtienen midiendo el tiempo de viaje de una nube de humo químico sobre una distancia conocida. El tiempo se mide con un cronómetro. La lectura se toma en el centro de la nube. Por ejemplo, si la nube de humo se demora 40 segundos en viajar 5 metros, entonces la velocidad del aire es 5/40 metros por segundo, o 0,125 metros por segundo.

Elección de instrumentos

El instrumento que se suele utilizar bajo tierra es el anemómetro de hélice, como el que se muestra en las figuras 3.4 – 26 y 3.4 - 27. Los anemómetros de baja velocidad no deben utilizarse cuando la velocidad es mayor que 2 metros por segundo, ya que se podría dañar el instrumento.

Un anemómetro de velocidad media no debe utilizarse cuando la velocidad del aire es menor que 1 metro por segundo, ya que el porcentaje de error es mayor a velocidades bajas.

Para las corrientes de los ventiladores se utiliza un anemómetro de alta velocidad o un tubo de Pitot.

La vara del anemómetro debe tener el largo suficiente para que el cuerpo del observador siempre esté a al menos 1,5 metros de distancia del instrumento. El operador debe siempre ubicarse de frente a la entrada de aire con el equipo frente a él.

Midiendo el flujo de aire con un anemómetro.

Equipos requeridos:

- Un anemómetro de hélice apropiado
- Varilla de longitud suficiente.
- Cronómetro.
- Tabla o curva de calibración de anemómetro
- Cinta métrica, de 10 metros de largo y con un gancho en el extremo
- Calculador de ventilación de la mina
- Libro de medición de aire

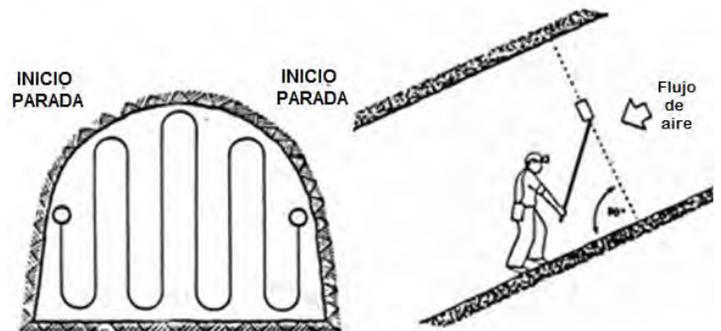
Se debe elegir la mejor sección de la vía que esté disponible, considerando la uniformidad de la sección transversal, las obstrucciones y la proximidad con curvas o cruces (la distancia entre el punto de medición y la curva o cruce más cercanos debe ser, preferiblemente, mayor a 20 veces el ancho de la vía).

Sea cual sea la inclinación de la vía, el plano del recorrido debe estar en ángulo recto con la línea central de la vía.

La figura 3.4 – 28 muestra el método para ubicar el anemómetro.

- El operario pondrá el anemómetro y el cronómetro en ceros.
- El anemómetro se mueve al comienzo del recorrido.
- Esperar cerca de 15 segundos para que el instrumento tome velocidad

Figura 3.4 – 28 Medición con el anemómetro



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

- Simultáneamente, iniciar el anemómetro y el reloj
- Realizar el recorrido según el dibujo y, al terminarlo, detener el anemómetro y el reloj simultáneamente.
- Registrar la lectura del anemómetro y el tiempo del recorrido
- Reiniciar el instrumento y el cronómetro y repetir el recorrido.

La velocidad del aire se encuentra dividiendo los metros registrados según lo indica el anemómetro por el tiempo en el que se realizó el recorrido.

Ejemplo: Pasan 98 metros en 70 segundos, de manera que la velocidad del aire es 1,4 metros por segundo.

La velocidad de movimiento en el recorrido de medición debería ser cerca de 3 segundos por metro para un anemómetro de velocidad media y 6 segundos por metro para un instrumento de baja velocidad.

Se deben realizar recorridos adicionales de izquierda a derecha y luego de derecha a izquierda. Se debe calcular el promedio de cuatro velocidades medidas y

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

se debe descartar cualquiera que difiera del promedio por más del 5%. Se hacen correcciones a la calibración del instrumento y a la gradiente de la vía si es de 1 en 3 o más pronunciada.

Área de la Sección Transversal de la Vía

Las vías son de diferentes formas y tamaños y presentan depresiones y levantamientos del suelo en distintos grados. El operario utiliza su experiencia para medir y calcular el área de la sección transversal. Él tendrá en cuenta cualquier obstrucción.

La cantidad de aire se suele calcular al multiplicar el promedio corregido de velocidad del aire por el área del corte transversal.

Ejemplo: si la velocidad del aire promedio es 1.44 m/s y el área de sección transversal es 10.2 m², entonces la cantidad de aire que fluye es 14.69 m³/s.

Leyes de ventilación

El flujo de aire por una vía o ducto resulta de la diferencia en las presiones en los extremos de flujo de entrada y de salida. Para una mina, los extremos de entrada y salida son la parte inferior y superior del pozo de ventilación. La presión de ventilación de la mina es la diferencia en presión que produce el flujo de aire alrededor de la mina. La presión se mide en Pascales (Pa) (1Pa = 1N/m²) y usualmente se observa como una columna de líquido en un manómetro vertical o de tubo inclinado (medidor de agua).

La presión de ventilación se utiliza para superar la resistencia, y esta resistencia al flujo de aire en un conducto de ventilación depende de:

- área de sección transversal (A)
- la superficie de fricción (s)
- la velocidad del aire (v)
- el factor fricción (k)

La superficie de fricción es el techo, piso y lados expuestos en contra de los cuales fluye el aire, por lo tanto, es el perímetro por la longitud y se mide en metros cuadrados.

El factor fricción varía con la rugosidad del techo, piso y lados de la vía. El tipo de revestimiento utilizado afectará el valor del factor fricción – un revestimiento en concreto liso tiene un factor bajo, mientras que las vías que han sido sometidas a distorsión causada por la presión de los estratos tendrá un factor de fricción alto. Su valor se mide en Ns²/m⁴.

Estas unidades se insertan en la Ecuación de Atkinsons para obtener el flujo de aire:

$$p = \frac{ksv^2}{A} \text{ o alternativamente } p = \frac{ksQ^2}{A^3}$$

donde:

p	=	presión de ventilación (Pa)
k	=	factor fricción (Ns ² /m ⁴)
s	=	superficie de fricción (m ²)
v	=	velocidad del aire (m/s)

A	=	área de sección transversal (m ²)
Q	=	flujo de aire (m ³ /s)

Ejemplo: calcule la presión requerida para pasar 19 m³/s de aire por una vía rectangular 4 m x 2.5 m y 1200 m de largo, si el factor fricción es 0.02 Ns²/m⁴.

A	=	4 x 2.5	=	10 m ²
s	=	2(4+2.5) x 1.200	=	15.600 m ²

$$\begin{aligned} \therefore p &= \frac{ksQ^2}{A^3} \\ &= \frac{0.02 \times 15600 \times 19^2}{10^3} \end{aligned}$$

$$= 112.63 \text{ pascales}$$

La resistencia (R) en el circuito es igual a

$$\frac{ks}{A^3}$$

Por lo tanto: $p = RQ^2$ donde

R es la resistencia equivalente en el circuito y sus unidades son Ns²/m⁸.

Ejemplo: Una presión de ventilación de 1000 Pa ventila un sector cuya resistencia es equivalente a 2.5

Ns^2/m^8 . Calcule la cantidad de aire que pasa por el sector.

$$\begin{aligned}
 p &= RQ^2 \\
 \therefore Q^2 &= \frac{P}{R} \\
 &= \frac{1000}{2.5} \\
 &= 400 \\
 \therefore Q &= 20 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

La distribución de la ventilación

La ventilación se puede distribuir a lo largo de las galerías ya sea en:

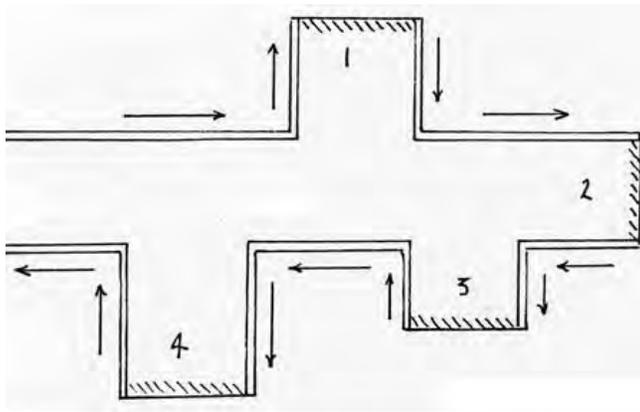
- serie o
- en paralelo

La figura 3.4 - 29 muestra un número de unidades de explotación y vías conectadas en serie. La resistencia total se encuentra sumando las resistencias individuales, dado que el flujo de aire de ventilación viaja por todas las vías de manera consecutiva.

$$RT = R1 + R2 + R3 + R4$$

donde RT = la resistencia total
 y $R1 + R2 + R3 + R4$ son las resistencias en cada uno de los sectores.

Figura 3.4 – 29 Ventilación en serie



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Este sistema de ventilación no es satisfactorio pues habría una acumulación de gases tóxicos e inflamables a medida que el aire pasa de un sector a otro.

La ventilación en paralelo es un mejor método para la distribución del aire. Con este método cada galería

individual recibe su propio aire fresco requerido, asegurando así condiciones satisfactorias en cada sector.

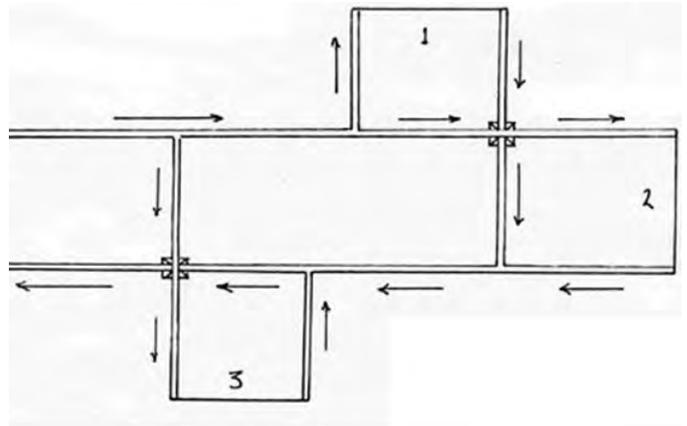
En el dibujo se puede ver que el aire se separa de la toma principal a la entrada de cada sector. El ducto de retorno principal recoge el aire de nuevo. Este sistema evita que grandes cantidades de aire circulen alrededor de la totalidad de la mina y así disminuye la resistencia efectiva de la mina.

La resistencia total de los sectores en paralelo entre sí se encuentra utilizando la fórmula:

$$\frac{1}{\sqrt{R_T}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}}$$

donde RT = resistencia total y $R1, R2$ y $R3$ son las resistencias de cada uno de los sectores. Esto se ilustra en el siguiente ejemplo.

Figura 3.4 – 30 Ventilación en paralelo



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Tres unidades A, B y C se conectan en paralelo. Sus resistencias son 1, 2 y 4 Ns^2/m^8 respectivamente. Calcule la resistencia combinada de las tres unidades.

$$\frac{1}{\sqrt{R_T}} = \frac{1}{\sqrt{R_A}} + \frac{1}{\sqrt{R_B}} +$$

$$\frac{1}{\sqrt{R_C}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{\sqrt{1}} + \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{4}} \\
 &= \frac{1}{1} + \frac{1}{1.41} + \frac{1}{2} \\
 &= 2.209
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_T &= \left(\frac{1}{2.209} \right)^2 \\
 &= 0.205 \text{ Ns}^2/\text{m}^8
 \end{aligned}$$

Ejemplo: Si las caídas en la presión estática en los sectores A, B y C en la pregunta anterior son 600 Pa, calcule la cantidad de aire que circula en cada sector (QA, QB y QC).

$$p = RQ^2$$

$$Q_A = \sqrt{\frac{p}{R_A}}$$

$$= \sqrt{\frac{600}{1}}$$

$$= \underline{24.49 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_B = \sqrt{\frac{600}{2}}$$

$$= \underline{17.32 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_C = \sqrt{\frac{600}{4}}$$

$$= \underline{12.25 \text{ m}^3/\text{s}}$$

La cantidad total:

$$Q_T = Q_A + Q_B + Q_C$$

$$= 24.49 + 17.32 + 12.25$$

$$= \underline{54.06 \text{ m}^3/\text{s}}$$

La cantidad total calculada utilizando una diferencia de presión de 600 Pa y la resistencia total de 0.205 Ns²/m⁸

$$p = R_T Q_T^2$$

$$\begin{aligned}
 Q_T &= \sqrt{\frac{p}{R_T}} = \sqrt{\frac{600}{0.205}} \\
 &= \underline{54.10 \text{ m}^3/\text{s}}
 \end{aligned}$$

Ventilación auxiliar

Hay lugares bajo tierra a los cuales la corriente de ventilación no llega y por lo tanto debe haber un segundo método para mantener una ventilación adecuada en esos lugares. Este método secundario se conoce como ventilación auxiliar y se adopta para ventilar:

- túneles de desarrollo
- cruzadas o túneles en roca durante su desarrollo
- frentes ciegos – avances en explotaciones por cámaras y pilares

La ventilación auxiliar consta de un ventilador auxiliar acoplado a un ducto que proporciona aire al lugar requerido, lo que puede hacerse de variadas maneras.

Un sistema de ventilación auxiliar debe ser diseñado y operado para que diluya, haga inocuo y elimine gases inflamables y tóxicos, controle el polvo en el aire y proporcione un ambiente adecuado para que los hombres puedan trabajar con niveles razonables de seguridad y comodidad. Debe satisfacer los requisitos establecidos en la legislación y los documentos de orientación relacionados. Se debe proporcionar ventilación adecuada a la proximidad inmediata de cualquier máquina de corte de carbón para evitar la acumulación de metano. La velocidad del aire en la vía debe ser suficiente para evitar la formación de capas de metano.

Se recomienda que la velocidad del aire hacia adelante en la posición del operador de la máquina no sea menor de 0,5 m/s para asegurar que cualquier nube de polvo se mantenga adelante de la posición.

La velocidad de aire hacia adelante de un ducto de inyección forzada debe ser controlada para evitar que la turbulencia excesiva mantenga el polvo en el frente de corte, pero a la vez debe ser suficientemente turbulento para evitar la acumulación de metano.

Se puede pensar que estos son requisitos contradictorios. Lo son, pero pueden y deben ser satisfechos. Consideremos la figura 3.4 - 31 que muestra diagramas de los dos sistemas básicos de ventilación auxiliar.

Sistema de ventilación auxiliar de inyección forzada

El aire fluye desde el extremo del conducto, 5m atrás del frente de la excavación. La interpretación es que el final de conducto DEBE estar dentro de los primeros 5 m medidos desde el frente. Este flujo de aire recorre el frente y evita la formación de capas y acumulaciones de metano. El sistema puede utilizar un conducto flexible plano, que es más barato y más fácil de transportar y de instalar que cualquier otro.

Tiene un revestimiento interior liso y por lo tanto tiene una menor resistencia que el conducto reforzado con espiral. Dado que el aire en el conducto está a una presión más alta que el aire del frente, el conducto se infla a su sección transversal máxima. El aire que llega al frente de la excavación es más fresco y contiene menos gas y humedad que en un sistema de extracción. Cualquier gas o calor emitido en el camino se transporta hacia afuera por el aire de retorno y no es llevado al frente. Los sistemas forzados son ideales para prevenir acumulaciones y capas de grisú.

La desventaja es que cualquier contaminante generado en el frente de excavación, por ejemplo, gas, polvo, calor, gases por voladuras, pasa por donde se encuentran los obreros trabajando en el frente.

El extremo de un conducto forzado puede requerir la colocación de un difusor para controlar la velocidad hacia adelante del aire proyectado.

Sistema de ventilación auxiliar de extracción

El movimiento del aire en el frente de avance es lento y, por lo tanto, puede haber problemas en el control del metano. El flujo de aire en el frente es hacia adelante y siempre que la velocidad de avance del flujo de aire sea

por lo menos 0.5 m/s, la nube de polvo se mantendrá delante de los operarios. El polvo y gas ingresan al conducto y no contaminan el frente. Puede utilizarse un filtro de polvo junto con el ventilador auxiliar.

Figura 3.4 – 31 Ventilación auxiliar forzada y de extracción

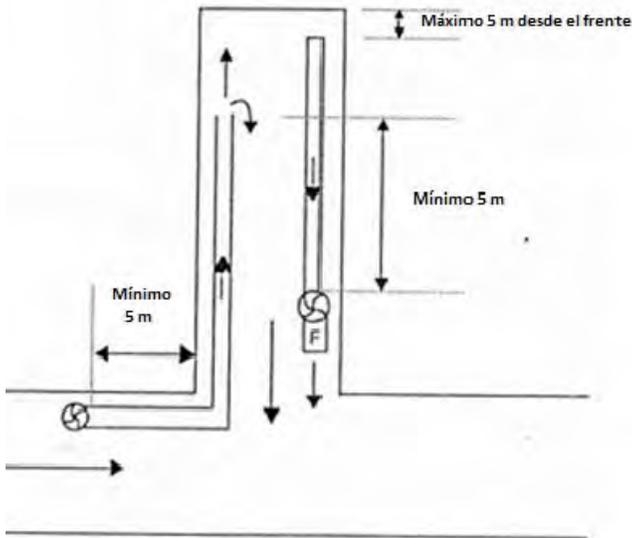


Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Los sistemas de extracción no pueden utilizar ductos flexibles dado que el aire en el conducto tiene una presión menor que el aire a su alrededor. Pueden utilizarse conductos reforzados con espiral cuando la presión negativa en el sistema no es demasiado grande. Se notará que este tipo de conductos no se inflarán ni abrirán en toda su extensión. La presión en la vía trata de empujar el ducto hacia adentro entre el refuerzo de espiral. Por esta razón, el conducto debe ser suspendido en línea recta y tensado

correctamente. La resistencia se aumenta mucho respecto a sistemas forzados, debido a la reducción de la sección transversal por la ondulación del revestimiento. Galerías largas requieren canalización rígida de acero o plástico reforzado con fibra de vidrio (GRP).

Figura 3.4 – 32 Ventilación auxiliar combinada



Fuente: Mines Rescue Service

La principal ventaja del sistema de extracción es que el polvo y gas ingresan en el conducto y no pasan por el lado de los obreros. La desventaja es que el movimiento del aire es lento y puede no eliminar las acumulaciones y capas de grisú en el frente de avance.

El extremo del conducto de extracción debe estar cerca del frente de excavación para asegurar que se controla el polvo.

Se observa que tanto los sistemas de inyección forzada como de extracción tienen ventajas y desventajas, pero ninguno puede por cuenta propia satisfacer completamente los requisitos de un tajo mecanizado.

Para resolver los problemas, particularmente si se instalan máquinas de corte, puede utilizarse un sistema combinado. La figura 3.4 – 32 muestra un sistema de ese tipo, con las dimensiones requeridas.

El sistema de extracción puede incluir una unidad de filtración de polvo y se puede proporcionar ventilación "local" en el frente montando direccionadores en la máquina que pueden formar una cortina de aire para mantener el polvo en el frente de avance adelante del operador de la máquina.

En galerías largas es importante planificar un sistema que satisfaga los requisitos mínimos del operador de la mina a todo lo largo de la vía. Es imprescindible elegir el tipo y tamaño correcto de ducto. La resistencia de un sistema será mucho mayor a 1000 m, que a 100 m. Puede ser necesario aumentar la velocidad del ventilador auxiliar o instalar ventiladores adicionales en serie y/o en paralelo para lograr el propósito deseado.

Si los ventiladores se colocan fuera de los frentes, habrá un mayor diferencial de presión entre el conducto y la vía. Por lo tanto, habrá mayor potencial de que ocurra una fuga. Si los ventiladores se colocan en el frente, conocidos como ventiladores "en etapas" o "en línea", entonces se debe tener cuidado con la recirculación.

La antigua British Coal estableció las siguientes instrucciones relativas a los sistemas de ventilación auxiliares:

- i) Todos los frentes de avance y desarrollo deben tener sistemas de ventilación forzada con control de polvo mediante filtros y ventiladores ubicados dentro de la labor.
- ii) Todas las galerías nuevas por encima de 300m de longitud deben usar un sistema de ventilación de inyección forzada principal, combinado con extracción.
- iii) El monitoreo del metano en el frente de excavación consistirá en lo siguiente:
 - a) un detector de metano con luz intermitente, situado en el techo por encima de los operadores para monitorear permanentemente y graduado para disparar la alarma en 1,00%.
 - b) un Detector Automático de Metano (AFD) en cada turno laboral que debe estar ubicado delante de los operarios en el conjunto de

soporte del techo y graduado para disparar la alarma en 1,00%

- c) Adicionalmente, en los sistemas combinados de extracción y en todos los sistemas de extracción existentes, se ubicará un detector de metano en el ducto que lleva al conjunto donde está instalado el ventilador, para activarlo cuando la concentración de metano alcance el 1,00%. El suministro de energía para la máquina de corte, si la hubiera, estará interconectado con el ventilador de extracción que forma parte del sistema combinado.

Se ha revisado que hay ventajas y desventajas al usar los sistemas de ventilación auxiliares de inyección forzada o de extracción. El sistema superpuesto de los dos, se introdujo para combinar los méritos de ambos sistemas. Sin embargo, también hay problemas y desventajas al usar el sistema de combinado:

- i) requiere dos ventiladores
- ii) el ventilador interior crea un ruido excesivo en el frente de excavación
- iii) hay dos ductos que deben ser extendidos, los cuales también pueden ser de diferentes tipos
- iv) el ventilador interior se debe mover cada cierto tiempo
- v) es esencial tener un control cuidadoso de las cantidades de aire que circulan en el frente

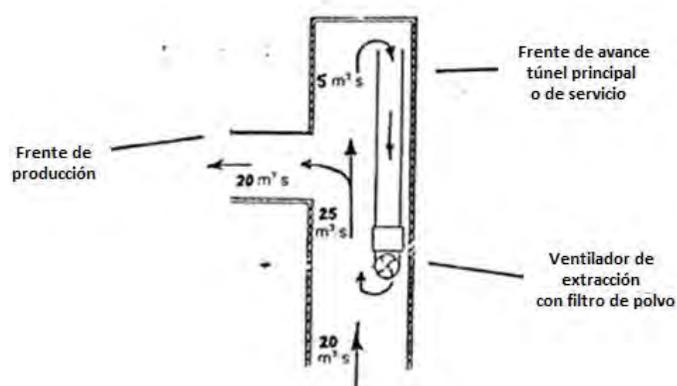
Para solucionar estos problemas, se desarrollaron sistemas de recirculación controlada para que tanto los problemas de gas como de polvo se puedan manejar por medio de un solo ventilador.

Ingreso de aire al frente de avance

La figura 3.4 – 33 muestra un el ingreso de aire a un frente de avance que es ventilado por un sistema de recirculación controlada. Las cantidades mostradas se dan como un ejemplo y dependerán de los requisitos establecidos por la mina.

Los sistemas de ventilación auxiliar siempre deberían estar diseñados en una forma que no se requiera de ninguna operación planeada de “desgasificación” y por lo tanto dicha situación únicamente debería surgir de imprevistos.

Figura 3.4 – 33 Ventilación auxiliar de recirculación controlada



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

3.4.2.2 Acciones o métodos de salvamento para controlar el riesgo de deficiencia de oxígeno y acumulación de gases

Quienes manejen una emergencia minera que involucre incendio o explosión, pueden anticipar una atmósfera deficiente de oxígeno y la presencia de diversos gases tóxicos e inflamables. Es imperativo que sean técnicamente competentes y expertos en el ambiente subterráneo y que tengan conocimiento de los problemas que enfrentarán las cuadrillas de salvamento con equipos de respiración. El Comandante de Incidente en una operación de salvamento minero deberá establecer las condiciones de la acción y determinar las limitaciones. Una vez se tome la decisión inicial de desplegar cuadrillas de salvamento teniendo esa atmósfera, su conocimiento acerca de lo que podrían enfrentar y su entrenamiento y disciplina serán primordiales para garantizar su seguridad.

Por eso, es importante que los socorredores reciban durante su entrenamiento todo el conocimiento y entendimiento detallado de cómo funcionará su cuerpo al usar equipos de respiración. El uso en una atmósfera con deficiencia de oxígeno o tóxica debería verse como desafiante pero no prohibitivo; no obstante, el socorredor debe ser consiente de los demás factores, tales como temperatura, humedad y el proceso de respirar con calma.

Fisiología de la respiración

El sistema respiratorio está compuesto por la boca, la nariz, tráquea, pulmones y por los vasos sanguíneos pulmonares. La respiración involucra el proceso de respirar y el intercambio de gases (oxígeno y dióxido de carbono) en los pulmones y en las células en todo el cuerpo. Nosotros inhalamos aire para llevar oxígeno a nuestros pulmones y exhalamos para expulsar el gas de dióxido de carbono residual, lo cual es un subproducto de la respiración. Cuando respiramos, el aire es aspirado por medio de la nariz y la boca a las vías respiratorias y a los pulmones. En los pulmones, el oxígeno es tomado de bolsas de aire (alvéolos) hacia los diminutos vasos sanguíneos (capilares sanguíneos). Al mismo tiempo, el dióxido de carbono es liberado de los capilares a los alvéolos y es expulsado cuando exhalamos.

El proceso de respirar es controlado por el cerebro por medio del sistema nervioso autónomo, un sistema que también ayuda a monitorear los niveles de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre. El adulto promedio normalmente respira cerca de 16 veces por minuto. Esta tasa se puede alterar de forma voluntaria (normalmente mayor) o de forma involuntaria por el centro respiratorio en el cerebro como una respuesta, especialmente a los niveles anormales de dióxido de carbono y también a los bajos niveles de oxígeno, estrés, ejercicio, lesión o enfermedad.

El proceso de respiración consiste en inhalar (aspiración), exhalar (expiración) y una pausa. Siempre hay aire sobrante en los pulmones para que el oxígeno esté constantemente disponible en la sangre. (El cuerpo absorbe oxígeno y desprende dióxido de carbono).

Cualquier trastorno del proceso respiratorio es potencialmente fatal ya que puede llevar a sofocación, la cual es una condición causada no solo por asfixia sino también por cualquier condición que evite que el oxígeno sea tomado de los pulmones por la sangre. La reducción de oxígeno en el cuerpo es conocida como Hipoxia. En este estado los tejidos comienzan a deteriorarse rápidamente, las células cerebrales comenzarán a morir si su suministro de oxígeno es interrumpido durante tan solo tres minutos aproximadamente.

Síntomas de bajos niveles de oxígeno en la sangre

- Respiración rápida y con dificultad y jadeo para respirar
- Confusión y agresión, llevándolo a la inconsciencia
- Coloración azul-grisácea en la piel (cianosis)
- La respiración o el corazón se podrán detener si la hipoxia no se revierte rápidamente

Calor y humedad

El ambiente de la mina expone a los trabajadores a un amplio rango de peligros evidentes, desprendimientos de tierra, contacto con partes móviles de maquinaria, inhalación de polvos, etc. Un peligro mortal menos evidente, pero sin embargo potencial son los efectos de la exposición a condiciones ambientales de calor y humedad. El acceso a las reservas por explotar requiere que los pozos mineros y los trabajos mineros sean más profundos y más extensos, estos factores, junto con el uso de equipos pesados ha resultado en que los trabajos mineros tengan temperaturas ambientales más altas. El uso de agua, y en ocasiones la presencia natural de agua en la mina, también lleva a que se encuentren atmósferas húmedas durante operaciones mineras diarias. Por lo tanto, en el evento que haya un incendio o combustión espontánea, estas condiciones se pueden volver más peligrosas para las personas que operan dentro de ellas, especialmente cuando los trabajadores deben usar equipos respiratorios durante largos periodos. Por lo tanto, es esencial que los socorredores mineros tengan experiencia sobre condiciones de calor y humedad usando equipos respiratorios con el fin de entender su efecto.

Calor

Es una de las sensaciones básicas producidas por el contacto con o por la cercanía al fuego o a cualquier cuerpo con una temperatura alta. En las minas se produce calor por varios factores como, la profundidad de las galerías, la combustión del carbón, la maquinaria, la gente trabajando e incluso, por la fricción entre la corriente de la ventilación de la mina y el techo, los hastiales y el piso de las vías.

Humedad

“Baja Humedad y Alta humedad”. ‘la proporción de humedad encontrada en la atmósfera’. El aire que nos rodea puede absorber agua. Un simple ejemplo de este principio es el “secado” de un piso trapeado. El agua en el piso eventualmente se evapora y pasa a ser parte del aire. Cuando el aire contiene alguna proporción de agua evaporada se dice que es húmedo. La cantidad de humedad que se puede absorber por el aire ambiental tiene límites (piense en el aire como una esponja capaz de absorber agua) y cuando se llega al punto de máximo contenido, se dice que la atmósfera está totalmente saturada.

La combinación de calor y humedad genera entonces ambientes cálidos con presencia de una cierta cantidad de humedad. El contenido de humedad puede variar hasta que se alcance el punto de saturación.

El calor y la humedad pueden tener un mayor impacto en las operaciones de salvamento y con el fin de entender su importancia es necesario mirar el cuerpo humano y cómo los aumentos en la temperatura pueden afectar la manera cómo funciona.

Regulación de calor en el cuerpo humano

La temperatura óptima en la que opera el cuerpo humano está dentro del rango 36-38°C. Para preservarla, el cuerpo debe mantener un balance entre la ganancia de calor y la pérdida de calor y un “termostato” en el cerebro regula esa función. El sistema metabólico del cuerpo produce calor por medio de la conversión de los alimentos en energía y también por medio de la actividad muscular. Ciertas enfermedades, así como el ambiente al que están expuestas las personas, puede afectar la temperatura corporal. Si el calor corporal no es disipado, se presentarán riesgos potenciales para la salud debido al agotamiento por calor y al shock térmico o golpe de calor.

El cuerpo humano puede perder calor de las siguientes formas:

El calor se puede perder con:

- Aire ambiental fresco – por medio de la radiación y por la evaporación a través de la piel y en la respiración.
- Los objetos fríos en contacto con la piel, lo cual proporciona un “camino” para que el calor escape.

En condiciones de alto calor, el cuerpo intenta perder calor por medio de:

- Los vasos sanguíneos que están situados en o cerca de la piel se dilatan para perder calor en la sangre.
- Las glándulas sudoríparas se vuelven activas y secretan sudor; el calor entonces se pierde ya que el sudor se evapora de la piel en el aire fresco, proceso en el cual absorbe el calor corporal.
- Mayor frecuencia y profundidad de respiración; el aire tibio es expulsado y el aire frío entra para reemplazarlo, enfriando la sangre ya que pasa por los pulmones.

Efectos del calor extremo

Cuando la temperatura atmosférica es igual a su temperatura corporal, el cuerpo no puede perder calor por radiación. Si también hay una atmósfera húmeda, entonces ésta podrá afectar la evaporación del sudor, ya que el aire ambiental no podrá absorberlo impidiendo así el proceso de enfriamiento del cuerpo. Estas circunstancias, junto con ejercicio extenuante (usar equipos de respiración) en donde el cuerpo generará más calor, puede llevar a agotamiento por calor y golpe de calor.

Agotamiento por calor

Esta condición normalmente se desarrolla de forma gradual y es causada por pérdida de sal y agua del cuerpo debido a la sudoración excesiva. Al desarrollarse la condición, puede haber:

- Dolor de cabeza, mareo y confusión.
- Pérdida de apetito y náuseas.
- Sudor, con piel pálida y sudorosa.
- Calambres en los brazos, piernas o en la pared abdominal.
- Respiración y pulso rápido y débil.



UN MIEMBRO DE LA CUADRILLA QUE EXPERIMENTE ESTOS SÍNTOMAS DURANTE UNA ACCIÓN DE SALVAMENTO DEBERÁ NOTIFICARLO INMEDIATAMENTE AL JEFE DE LA CUADRILLA.

Golpe de calor

Una falla en el “termostato” del cerebro es lo que causa esta condición. El cuerpo se sobrecalienta debido a una alta fiebre o a una exposición prolongada al calor. En algunos casos, se presenta después del agotamiento por calor cuando el sudor para y el cuerpo no puede enfriarse por medio de la evaporación. El golpe de calor puede ocurrir repentinamente, causando inconsciencia en minutos. Esto puede ser señalado por la víctima al sentirse incómodo y enfermo. Al desarrollarse esta condición puede haber:

- Dolor de cabeza, mareo y malestar
- Agitación y confusión.
- Piel caliente, ruborizada y seca.
- Una rápida deterioración en el nivel de respuesta.
- Un pulso muy acelerado.
- Temperatura corporal por encima de los 40°C.

UN MIEMBRO DE LA CUADRILLA QUE EXPERIMENTE ESTOS SÍNTOMAS DURANTE UNA ACCIÓN DE SALVAMENTO DEBERÁ NOTIFICARLO INMEDIATAMENTE A SU CAPITÁN DE EQUIPO.

INSTRUMENTACIÓN USADA PARA MONITOREAR CONDICIONES DE “CALOR Y HUMEDAD”

Interpretación de Condiciones

Debido a que las atmósferas de las minas tienen niveles de humedad cambiantes que se presentan a niveles de temperatura también variables, puede resultar que las condiciones predominantes en un momento dado tengan efectos importantes en la capacidad de las personas para realizar un trabajo duro. Los miembros de una cuadrilla de salvamento están potencialmente en mayor riesgo debido a las condiciones que es probable encontrar luego de una explosión, incendio o combustión espontánea,

además de tener que usar equipos respiratorios y realizar tareas físicas dentro de estos ambientes.

A lo largo de los años, se han llevado a cabo extensas pruebas para determinar los efectos de trabajar en condiciones de calor y humedad altos. De los resultados obtenidos, se han diseñado “periodos de operación segura” para los socorredores que usen equipos de respiración en estas condiciones. Con el fin de determinar el periodo de operación segura para una cuadrilla, es necesario medir el calor y la humedad real presente en las áreas en las que están trabajando en un momento determinado (véase como una evaluación de riesgo del ambiente laboral). Un instrumento usado para medir el calor y la humedad presentes en la atmósfera de la mina es el “higrómetro giratorio”. Los datos obtenidos del higrómetro giratorio tienen que ser interpretados y para ello se usan un conjunto de tablas higrométricas conocidas como la “tabla de Lind” por el nombre de la persona que la diseñó.

Higrómetro Giratorio

La humedad relativa del aire se puede determinar fácilmente desde tablas higrométricas cuando se conocen las lecturas de un higrómetro de bulbo húmedo y seco. Este instrumento está compuesto simplemente por dos termómetros. Un termómetro tiene su bulbo expuesto al aire y es conocido como el bulbo seco. El “Bulbo Seco” medirá la temperatura de la atmósfera ambiental. El segundo termómetro tiene su bulbo envuelto en una pieza de muselina, que se hunde en un depósito de agua destilada. La evaporación del agua contenida en la muselina húmeda, reduce la temperatura del termómetro de “Bulbo Húmedo” en proporción inversa a la humedad atmosférica del sitio de la medición. Las dos lecturas obtenidas son marcadas en una tabla higrométrica que indicará el tiempo seguro de operación para una persona usando un equipo de respiración.

El higrómetro giratorio es un instrumento portátil de aproximadamente 23 cm de largo y 5cm de ancho (excluyendo la manija). El marco principal está hecho de madera o de un material plástico. Una manija se encuentra unida al marco mediante un mecanismo que permite al marco girar libremente cuando es impulsado mediante un movimiento giratorio que se imprime a la manija. Ambos termómetros están amortiguados y fijados firmemente en el marco. El bulbo seco está abierto a la atmósfera y el bulbo

húmedo está cubierto por una manga fina de muselina que es mantenida húmeda con agua destilada. Una tapa atornillada está puesta en un lado del depósito para evitar pérdida de agua cuando se gire el higrómetro.

Revisiones previas al uso

1. Asegúrese que los termómetros:
 - a) sean de mercurio
 - b) estén asegurados en el marco
 - c) estén intactos y sin roturas
 - d) sean fáciles de leer; y
 - e) ambos estén calibrados en grados Celsius y sean del mismo tipo (para incluir un rango de -5 a 50°C)
2. Verifique que la manija está asegurada y que el marco gira libremente.
3. Examine la manga de muselina y verifique que cubra completamente el bulbo, que esté en buenas condiciones y razonablemente limpio.
4. Verifique para asegurar que el depósito de agua ha sido cargado con agua destilada y que la tapa final está en posición y asegurada.

Uso del higrómetro giratorio

Las anteriores verificaciones deberían realizarse en superficie para que los defectos o los daños puedan repararse. También, en este punto, está bien verificar que se lleve a mano el cuadro higrométrico.

Cuando se requiere una lectura, el socorridor que debe hacer la lectura debe separarse del grupo, preferiblemente en posición ascendente de la ventilación, para garantizar que la cuadrilla y los aparatos de respiración no influyan en los resultados.

Se deben verificar los dos termómetros para garantizar que se encuentren en una posición legible. El operador entonces comenzará a girar el higrómetro a la distancia del brazo, tomando nota del tiempo y también garantizando que el instrumento está libre de todas las obstrucciones mientras está girando, atravesando al mismo tiempo toda la sección transversal de la vía. El higrómetro debería girarse

con el brazo extendido a una velocidad de aproximadamente 200 revoluciones por minuto durante un minuto. Esto simulará una velocidad de aire de 3,5 metros/segundo. Este flujo de aire es fundamental para el funcionamiento del instrumento ya que es la velocidad del aire la que ejerce influencia sobre el bulbo húmedo. Tan pronto como el higrómetro quede en reposo, el aire que rodea el bulbo húmedo absorberá humedad de la muselina y esa pequeña cantidad de aire tendrá una humedad aumentada artificialmente, que a su vez alterará ligeramente, la temperatura indicada en el bulbo húmedo. Por este motivo, el bulbo húmedo debería leerse antes del bulbo seco en el preciso instante en el que la rotación se detiene.

Es importante evitar el contacto con los termómetros al leer las temperaturas obtenidas ya que todas las fuentes de calor, tales como las manos o la lámpara minera del operador pueden influir en las lecturas del termómetro. (La lectura del bulbo húmedo nunca superará la lectura del bulbo seco.)

Interpretación de resultados

Utilizando el cuadro higrométrico anterior, en caso de que un operador obtenga una lectura de bulbo húmedo de 30°C y una lectura de bulbo seco de 34°C, entonces el tiempo de funcionamiento seguro para un equipo que tenga un aparato respiratorio BG4 será de 42 minutos.

Tablas higrométricas

Establecer los tiempos de trabajo seguro es sencillo cuando las cuadrillas están operando en entornos en los que las temperaturas seca y húmeda son relativamente constantes. En algunas ocasiones, la cuadrilla deberá desplazarse a través de minas en las que las temperaturas cambiarán de un sitio a otro y en tales circunstancias, el jefe de la cuadrilla debe prestar atención especial a las condiciones de los miembros de la cuadrilla y a la interpretación de resultados obtenidos de las mediciones con el higrómetro giratorio.

Ejemplo 1

Se está desplegando una cuadrilla para que trabaje en un tabique de aislamiento. La distancia de viaje al

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

tabique es de 20 minutos. Las lecturas del higrómetro en esta vía indican un tiempo de trabajo seguro de 120 minutos. En una intersección que lleva a al área del tabique, el tiempo de funcionamiento seguro es de 40 minutos. El equipo, por lo tanto, tiene 40 minutos de tiempo de funcionamiento seguro en la atmósfera cálida y húmeda y dos períodos de 20 minutos de viaje.

Tabla 3.4 – 11 Tabla higrométrica atmósfera parcialmente saturada

ATMÓSFERAS PARCIALMENTE SATURADAS

		BULBO SECO - °C													
		24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
BULBO HÚMEDO - °C	23	*	*	*	118	113	108	103	98	93	89	85	81	77	73
	24	119	114	108	103	99	94	90	85	81	78	74	71	67	64
	25		99	95	90	86	82	78	75	71	68	65	62	59	56
	26		87	83	79	75	72	68	65	62	59	56	54	51	49
	27			72	69	66	63	60	57	54	52	49	47	45	43
	28			63	60	57	55	52	50	47	45	43	41	39	37
	29				53	50	48	45	43	41	39	38	36	34	32
	30				46	44	42	40	38	36	34	33	32	30	30
	31					38	36	35	33	32	31	30	29	28	27
	32					33	32	31	30	29	28	27	26	26	25
	33						29	28	27	27	26	25	24	23	23
	34						27	26	25	24	23	23	22	22	22
	35							24	23	22	22	22	21	20	20
	36								22	22	21	20	20	19	19
	37									20	19	19	19	19	-
	38										19	19	19	-	-

* 120 minutos o más

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Tabla 3.4 – 12 Tabla higrométrica atmósfera saturada

ATMÓSFERAS COMPLETAMENTE SATURADAS

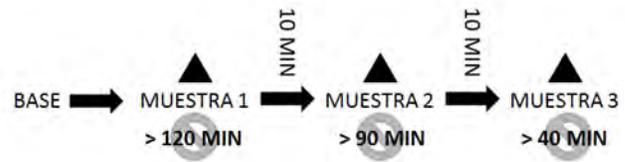
BULBO HÚMEDO	PERÍODO SEGURO
°C	Minutos
28	63
30	46
32	33
34	27

36	22
38	19

Fuente: Mines Rescue Service

Ejemplo 2

Figura 3.4 – 34 Tiempo de permanencia de una cuadrilla con temperatura y humedad variables



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Una cuadrilla ha dejado la base de aire fresco y ha tomado una lectura del higrómetro en el punto de muestreo 1. A partir de las lecturas obtenidas, el tiempo de operación es de 120 minutos. Después de viajar durante 10 minutos, llega a una intersección y toma una segunda muestra en el punto de muestreo 2. El tiempo de operación de la lectura obtenida es ahora de 90 minutos. Después de un tiempo adicional de 10 minutos, la cuadrilla toma una lectura de higrómetro en el punto de muestreo 3 donde el tiempo de funcionamiento seguro ahora es de 40 minutos. El cuadrillero debería determinar que el equipo tiene 40 minutos como período de uso más allá del punto de muestreo 3. Al regresar al punto de muestreo 3, el equipo tiene 20 minutos de tiempo de viaje a la base de aire fresco en condiciones ambientales mejoradas.

Aunque las lecturas higrométricas sean proporcionadas para garantizar la seguridad y el bienestar de los usuarios de aparatos respiratorios, debe subrayarse que los efectos de trabajar en condiciones cálidas y húmedas pueden ser influenciados por la dieta de una persona, el consumo de alcohol y una variedad de otros factores. Es importante que los miembros del grupo sean conscientes de los síntomas asociados con las afecciones relacionadas con el calor, y notifiquen inmediatamente al cuadrillero, en caso de que se experimente cualquiera de los síntomas.

Precauciones que se deben tomar antes de la entrada y durante la operación

- Si es posible, utilizar al personal que está acostumbrado a trabajar en condiciones cálidas y húmedas.
- Si es posible, garantizar que el personal se someta a un examen médico antes de ir bajo tierra.
- Utilizar el sistema de transporte tanto para hombres como para los equipos; intentar mantener a los miembros de la cuadrilla tan frescos como sea posible
- Si los miembros de la cuadrilla están esperando en condiciones cálidas y húmedas en la base de aire fresco, entonces se debería disponer que haya bebidas y comida adecuadas para garantizar que el personal permanezca con buena salud antes de su entrada en operación.
- Deben vestir ropa adecuada; habitualmente, de peso ligero que también permitirá cierta protección contra las condiciones físicas que probablemente encuentren.

Se les ordenará a los miembros de la cuadrilla que informen al jefe de la cuadrilla tan pronto perciban las primeras señales de síntomas asociados con afecciones relacionadas con el calor.

- Al adentrarse en la atmósfera cálida y húmeda, el jefe de cuadrilla debe garantizar que se tome la lectura del higrómetro para determinar el tiempo de funcionamiento seguro. También debería supervisar el ambiente de manera regular.
- Debería llevarse a cabo el trabajo a un ritmo uniforme, con un esfuerzo físico mínimo.
- Podrán necesitarse períodos de descanso frecuentes.
- El jefe de cuadrilla debe supervisar el estado de los miembros de equipo, y asegurarse de que el trabajo se realice de acuerdo con tales condiciones.
- Si la comunicación está disponible entre la base de aire fresco y el equipo operativo, la información debería ser transmitida al comandante de incidente para permitirle que las otras cuadrillas sean plenamente informadas y realicen los

preparativos adecuados para las condiciones que se puedan encontrar.

Bienestar de los miembros de la cuadrilla en su regreso a la base de aire fresco y a superficie

- A su regreso a la estación de aire fresco, garantizar que los miembros de la cuadrilla descansen (se sienten).
- Si están disponibles, debe brindarse ropa seca y cobijas y evitar que las personas se enfríen muy rápido.
- Deben proporcionarse bebidas, pero esperar 20 minutos antes de consumir bebidas calientes.
- Las mezclas de rehidratación preparadas (especialmente cuando contienen potasio, por ejemplo, jugos de tomate o de cítricos) pueden ayudar a sustituir el sudor u otros minerales del cuerpo.
- Descansar tanto como sea posible, no realizar trabajos pesados, o manejar un automóvil o una motocicleta en distancias largas.
- El exceso de alcohol causa deshidratación. Si el trabajo en condiciones cálidas y húmedas es constante, debe evitarse completamente el consumo de alcohol.

Después de un período de descanso de 2 horas, un socorridor podrá prestar sus servicios en la operación para un segundo período. En tales circunstancias, pueden permanecer en el ambiente húmedo y cálido durante la mitad del período de tiempo permisible determinado para esa fase. Al finalizar este segundo período, el personal afectado debería descansar por un período de 24 horas.

3.4.2.3 Supresión de los resultados de riesgos por deficiencia de oxígeno y acumulación de gases

La provisión de salvamento idónea y adecuada es una necesidad absoluta para las minas subterráneas. Sin importar el alcance o el número de medidas que el operador de una mina tenga preparadas para eliminar o mitigar el riesgo que surja de las amenazas mineras, siempre habrá un grado de riesgo residual

de que las personas queden atrapadas bajo tierra. El operador de la mina deberá por lo tanto tener preparado un plan apropiado para rescatar a las personas de la mina.

En las minas en las que es probable que haya una atmósfera irrespirable, los planes deberán incluir el acceso de suficientes personas competentes para llevar a cabo las operaciones de salvamento utilizando un equipo de respiración. Estos pueden ser necesarios en operaciones posteriores a:

- Una explosión de grisú (metano) y/o polvo de carbón
- Un incendio subterráneo
- Personas afrontando acumulaciones de grisú o gases tóxicos
- Una explosión de gas, probablemente grisú o dióxido de carbono
- Personas que se vean enfrentadas a grisú o una deficiencia de oxígeno en una antigua explotación

También se podrá requerir personal de salvamento con equipos de respiración para la reapertura de una mina o parte de una mina, cuando se haya presentado una atmósfera irrespirable debido a cualquiera de los motivos indicados anteriormente.

Activación de plan de emergencia

En caso que cualquiera de las minas inicie su Plan de Emergencia y solicite que acudan personas de salvamento minero a la mina tan pronto como sea posible en respuesta a un incidente comunicado desde el subsuelo, es fundamental que la cuadrilla de comando en la mina se organice para recolectar información. El Plan designará a la persona(s) autorizada(s) para iniciar la solicitud de asistencia por parte de socorredores entrenados del Sistema Colombiano de Salvamento Minero. Al mismo tiempo, las demás personas en la mina deberán iniciar sus roles designados en el Plan de Emergencia.

Es fundamental que la mina misma evalúe la naturaleza y alcance del incidente, su efecto sobre la mina, especialmente el ambiente en términos de ventilación y contaminación, la ubicación de las personas bajo tierra y las medidas tomadas para la evacuación de la mina.

Como se ha indicado en las secciones anteriores referentes a incendios, derrumbes e inundaciones, el Plan de Emergencias previsto en el artículo 29 del decreto 1886 de 2015 deberá incluir la constitución de un Grupo de Atención de Incidentes para ser activado ante la ocurrencia de una emergencia. (Incident Management Team IMT).

El funcionario de mayor rango de la mina iniciará su rol como líder de la Grupo de Atención de Incidentes Mineros (IMT), mientras espera la llegada a la mina del Comandante de Incidente de la ANM, quien puede estar a varias horas de distancia. Su rol es:

- Establecer la comunicación con las personas bajo tierra, cuando sea posible
- Confirmar el tipo de incidente
- Garantizar que la estación de salvamento local ha “devuelto la llamada” para garantizar que han iniciado su movilización
- Contar a todas las personas bajo tierra
- Identificar a los desaparecidos
- Garantizar que otras personas estén recolectando información para él y que hay una persona registrando los eventos e información a medida que llega
- Establecer si se está tomando alguna medida bajo tierra para abordar el problema
- Monitorear la evacuación de la mina
- Hablar con las personas que han salido de la mina y que pueden tener información útil

Es importante que esta persona no descienda bajo tierra, sino que espere la llegada del personal de servicio de salvamento. Su papel es controlar los eventos hasta donde le sea posible, haciendo uso de su grupo de atención de incidentes. Este período inicial de tiempo es para la coordinación, control y revisión constante, con el fin de garantizar que todos sepan qué deben hacer y lo estén haciendo.

Muchas actividades diferentes deben organizarse bajo el control de una persona que tenga la autoridad para coordinar todo. Cuanto más tiempo se permita para que un incidente se desarrolle, habrá mayor probabilidad de que sea serio y representará mayor dificultad para los servicios de salvamento. En el peor de los casos, el salvamento minero no podrá ingresar a la mina.

La presencia en una mina en la cual se requiera el uso de equipos de respiración, también requerirá la presencia de personal médico. Se deberán hacer planes para:

- Prestar servicios médicos para las víctimas
- Prestar servicios médicos para el personal de salvamento
- Informar al hospital local

Respuesta de la cuadrilla de salvamento

Los tiempos de respuesta del personal de ANM y de salvamento variarán según la mina, pero cada mina deberá tener un “tiempo esperado de respuesta” que habrá sido acordado mutuamente. El grupo de respuesta de la ANM deberá estar compuesto por:

Ingeniero de Estación de Salvamento
1 Técnico
5 Socorredores entrenados

Esta debería ser la respuesta mínima para un despliegue subterráneo de una cuadrilla de salvamento. Puede haber circunstancias en donde un pequeño número de socorredores entrenados sea desplegado para salvar vidas, pero únicamente después de un análisis cuidadoso por parte del Grupo de Atención de Incidentes (IMT) con respecto a si ellos serán desplegados para usar equipos de respiración.

La información recolectada por la mina antes de la llegada de los representantes de la ANM y los socorredores, será crítica para el papel que estos posteriormente desempeñarán y la celeridad con que puedan ser desplegados bajo tierra. Una vez asuma su función el Comandante de Incidente de la ANM, en asocio con el Grupo de Atención de Incidentes de la mina, intentarán establecer:

- personas no contabilizadas
- el lugar de la mina en el que probablemente estén
- el sitio del incidente y la fuente de los gases irrespirables
- distancias involucradas
- áreas de “aire fresco” de la mina
- áreas probablemente irrespirables de la mina

- resultados de monitoreo de gases – si está disponible
 - plan del sistema de ventilación
 - disponibilidad de otros planes según corresponda
- Si algunas personas están desaparecidas, ellas pueden estar muertas y por lo tanto no se les puede prestar ayuda. Otras, tal vez estén heridas y necesiten primeros auxilios y estén ubicadas en un área que esté contaminada o que tenga poco oxígeno. Los sobrevivientes proporcionarán información valiosa para ayudar con sus decisiones.

Hay un aspecto particular relacionado con los incidentes que resultan en una atmósfera irrespirable en una sección de la mina y corresponde a la necesidad de evaluar la posibilidad de que la situación se deteriore, particularmente debido a la inflamabilidad de la atmósfera. En dichas circunstancias, se necesitará considerar cuidadosamente los riesgos en el despliegue de las cuadrillas de salvamento, incluidos acciones que se pueden llevar a cabo para mitigar estos riesgos. Sin embargo, el potencial que se presente un incidente secundario siempre es un factor a considerar.

Preparación de la cuadrilla de salvamento

El tiempo es de suma importancia con relación al trabajo de salvamento minero, particularmente cuando la supervivencia de una persona desaparecida puede depender de su rápido despliegue. Si bien no se debería perder tiempo, tampoco se puede tomar ningún riesgo indebido. La supervivencia de los socorredores en una atmósfera irrespirable dependerá de la integridad de sus aparatos de auxilio vital–sus equipos de respiración.

Mientras que el Comandante de Incidente está considerando sus opciones para el despliegue de la(s) cuadrilla(s), la cuadrilla revisará por sí misma sus equipos de respiración individuales y sus demás equipos. Ellos serán examinados por el Médico (si está presente). Con suerte, llegará un número suficiente de socorredores con el fin de que se puedan formar 2 cuadrillas de 5 personas cada una.

Cuando la operación de salvamento involucre enviar cuadrillas de 5 hombres al área afectada usando equipos de respiración, la mina necesita aceptar que:

- cada cuadrilla únicamente podrá trabajar por el tiempo específico que dure el equipo de respiración, dependiendo las condiciones de calor/humedad en que la cuadrilla tenga que operar
- idealmente, el tiempo máximo de trabajo con oxígeno debería ser de 2 horas
- podría haber 4 cuadrillas (20 hombres) requeridas en la mina en todo momento
 - una cuadrilla de trabajo
 - una cuadrilla en espera en la base de aire fresco
 - una cuadrilla en la superficie o viajando a la base de aire fresco
 - una cuadrilla saliendo de la mina que haya completado su tarea o su tiempo de uso del equipo de respiración

También puede haber cuadrillas viajando a la mina para asegurar la continuidad de la operación.

Despliegue de las cuadrillas de Salvamento Minero bajo tierra

La disponibilidad de planos de las explotaciones será invaluable; estos deben contener la información que se describe al respecto en la sección 3.4.2.4, además de estar elaborados de acuerdo con las especificaciones de la Resolución 40600 del 27 de mayo de 2015. El Comandante de Incidente habrá decidido el sitio para establecer una base de aire fresco. Esta puede estar en la superficie para una mina pequeña, pero debería estar lo más cerca posible al área donde se realizará la búsqueda y en el ingreso de aire fresco antes de la zona del incidente. También necesita tener un medio de comunicación hacia la superficie. El Comandante de Incidente también decidirá sobre la tarea particular para la primera cuadrilla, pero su primer papel es asegurar que la base de aire fresco escogida sea segura y apropiada.

La base de aire fresco debería estar ubicada razonablemente cerca al área irrespirable, pero no tan cerca para que haya posibilidad de ser afectada por un segundo incidente, como una explosión, si esta ocurriese. Si se considera que esto pudiera ocurrir, se debe intentar disminuir el nivel del riesgo por los mecanismos disponibles, entre ellos esparcir

grandes cantidades de polvo de piedra en los alrededores.

Mientras que los miembros de las cuadrillas de salvamento minero, particularmente el jefe de la cuadrilla, son muy conscientes de la naturaleza de su papel, es muy importante que ellos reciban instrucciones específicas y un plan, incluso en el establecimiento de la base de aire fresco. Esto podría incluir sencillamente garantizar que la ventilación sea adecuada y que la base de aire fresco no esté contaminada. Se deben establecer tiempos periódicos para que ellos hagan reportes al Comandante de Incidente. Si no hay ningún sistema telefónico disponible en el escenario de la mina pequeña, entonces se deberían utilizar los “mensajeros” suministrados por la mina. También puede ser apropiado utilizar un segundo set de comunicación de salvamento minero en dicha situación. Sin embargo, es imperativo que las cuadrillas de salvamento minero desplegadas en una atmósfera irrespirable, lleven su propio equipo de comunicación para enviar información a la base de aire fresco de forma regular.

Antes de los despliegues en la base de aire fresco, la cuadrilla de salvamento minero verificará una vez más su Equipo de Respiración bajo la supervisión del jefe de cuadrilla. Él registrará las presiones de oxígeno para cada uno en la base de aire fresco y las monitoreará continuamente a medida que la cuadrilla progresa en su inspección.

La cuadrilla de salvamento consistirá de un mínimo de 5 personas más una o dos personas que permanecerán en la base de aire fresco. También deberá haber una cuadrilla de 5 personas en espera en la base de aire fresco cuando la primera cuadrilla entre a una atmósfera irrespirable y deberá estar en contacto continuo con la cuadrilla en operación usando su equipo de comunicación de salvamento.

Comandante de incidente

Si el Comandante de Incidente no es el Ingeniero de la Estación de Salvamento, éste debería estar disponible para asesorarlo con respecto a si se deben usar socorredores en una atmósfera irrespirable. El papel del comandante es mantener el enlace con las

cuadrillas de salvamento. Él tendrá socorredores y auxiliares ayudándolo en la superficie, así como una persona competente a cargo de la base de aire fresco en todo momento en que una cuadrilla de salvamento sea desplegada en la atmósfera irrespirable. Él controla las cuadrillas de salvamento minero desde la superficie por conducto de la base de aire fresco. Él debería ser la persona que transmita las instrucciones a los jefes de cuadrillas y recibir los reportes consecuentemente para que esté siempre informado sobre el progreso.

El papel del comando del servicio de salvamento es:

- encargarse de que se mantenga un registro escrito tanto en la superficie como en la base de aire fresco
- asegurar la seguridad del personal de salvamento
- supervisar operaciones en la base de aire fresco
- asegurar la supervisión de la cuadrilla de salvamento cuando sea desplegada
- dar instrucciones al personal de salvamento de conformidad con sus propias decisiones y las decisiones consultadas
- trabajar con el Grupo de Atención de Incidentes de la mina para revisar, asesorar y evaluar la estrategia que involucra a las cuadrillas de salvamento
- cuando sea necesario, asegurar la disponibilidad continua de los socorredores y de los equipos asociados
- mantener comunicaciones con las cuadrillas de salvamento bajo tierra (base de aire fresco) y las cuadrillas en espera
- monitorear el progreso y las condiciones físicas de las personas
- proporcionar información a su estación de salvamento para asegurar la disponibilidad continua de equipos y consumibles
- asegurar que haya comida y refrescos disponibles para sus cuadrillas
- monitorear los exámenes médicos, en cuanto sea posible

Persona a cargo de la Base de Aire Fresco

Él será responsable frente al Comandante de Incidente de: -

- la seguridad de aquellos en la base de aire fresco

- determinar el alcance de las “áreas de peligro” adyacentes a la base de aire fresco para asegurar que nadie que no esté usando el Equipo de Respiración intente pasar más allá de ese punto
- asegurar que el Equipo de Respiración y los demás equipos de salvamento sean suficientes para cumplir con las necesidades operacionales y estén ubicados en lugares seguros; él supervisará las pruebas antes del uso
- garantizar que las cuadrillas de salvamento estén constituidas apropiadamente según las instrucciones que se le dan a él y que antes del despliegue
 - la cuadrilla y cada hombre estén equipados adecuadamente
 - que tanto el jefe de cuadrilla como el sub-jefe sean designados
 - que el jefe de cuadrilla tenga planos e instrucciones y los entienda en términos de a dónde ir, qué hacer, a qué hora regresar
- garantizar que por lo menos un miembro de la cuadrilla tenga un reloj
- verificar que la vestimenta sea apropiada para las condiciones (calor y humedad)
- verificar la condición física de cada persona
- interrogar al Cuadrillero a su regreso
- mantener la comunicación con la cuadrilla y la superficie

Es esencial que mantenga una “bitácora” escrita que muestre:

- la hora y el detalle de sus propias instrucciones
- los nombres de todas las personas de la base de aire fresco y sus horas de llegada/salida
- la hora en que las cuadrillas comienzan su espera, la hora en que se tornan operacionales y se devuelvan a la base de aire fresco, y la hora en que parten hacia la superficie
- los informes de avance enviados a la superficie

La persona a cargo de la base de aire fresco podrá ser llamado para hacer frente a una situación inesperada de emergencia. En cualquier incidente que implique el uso de personal de salvamento, siempre existe la posibilidad de una emergencia adicional inesperada. Varias de estas afectarán directamente al Funcionario de Salvamento a cargo de la base de aire fresco.



Consideremos algunas posibilidades:

El regreso demorado de una cuadrilla de salvamento

Cuando una cuadrilla de salvamento desplegada no pueda regresar de su labor a la hora indicada claramente en sus instrucciones, el Comandante de Incidente debe ser informado inmediatamente. Luego este tomará las decisiones necesarias y sus instrucciones deben ser llevadas a cabo.

Recepción de una señal de socorro de una cuadrilla operacional que está en el interior

Probablemente es el momento más ansioso en la vida del encargado de la base de aire fresco. La implicación es bastante clara y la rapidez mental es esencial. Es igualmente importante mantener la calma y la compostura para garantizar la claridad de pensamiento y decisión y poder dar confianza al personal que lo rodea y que espera sus instrucciones. Se debe adoptar el siguiente procedimiento:

- registrar la hora de recepción de la llamada de socorro y las circunstancias
- dar instrucciones al jefe de la cuadrilla en espera para prepararse para las operaciones mediante las pruebas de su aparato y la inspección de la cuadrilla en general
- intentar restablecer la comunicación con la cuadrilla en el interior
- notificar al Comandante de Incidente de la situación y las acciones recomendadas
- tener perfectamente claro si debería esperar instrucciones adicionales o si se debería despachar otra cuadrilla inmediatamente
- solicitar que las cuadrillas de salvamento adicionales, totalmente equipadas, sean enviadas a la base de aire fresco ya que es probable que se despliegue la cuadrilla en espera
- si es necesario, disponga asistencia médica o demás servicios especiales según lo exigido por las circunstancias particulares de la llamada de socorro
- cuando el Comandante de Incidente haya tomado la decisión de enviar una segunda cuadrilla de salvamento al interior, dé instrucciones al jefe y a la cuadrilla, garantizando que sepan:
 - a dónde ir
 - qué hacer, y cómo
 - sincronizar los relojes

- indicar la hora de salida de la base de aire fresco
- estimar y confirmar la hora de regreso a la base de aire fresco
- desplegar la cuadrilla de salvamento en espera hacia el interior
- informar al Comandante de Incidentes que la cuadrilla en espera ya se despliega, indicando la hora de despliegue y la hora estimada de regreso
- actualizar la bitácora con toda la información pertinente

Amenaza a la base al aire libre

Si la seguridad de la base de aire fresco se ve amenazada, se debería realizar un intento inmediato por contactar al Comandante de Incidente antes de que se tome cualquier medida. Esta medida no debería perjudicar la seguridad del personal de la base de aire fresco. Si la amenaza a la seguridad es inminente, entonces la base de aire fresco debería ser reubicada en un lugar seguro y el Comandante de Incidente deberá ser informado de las circunstancias que han surgido, junto con el nuevo lugar. En caso de que una cuadrilla de salvamento sea operacional en el momento en el que la base de aire fresco se ve amenazada, intente contactar a la cuadrilla en el interior; si esto no es posible, deje un mensaje para cuando regresen, indique la hora de salida y la posición de la nueva base de aire fresco.

Accidentes al personal de salvamento

Si cualquier miembro del personal de salvamento se lesiona o sufre cualquier discapacidad que requiera atención médica urgente, debe notificarse inmediatamente al Comandante de Incidente. El transporte fuera de la mina debería organizarse y la cuadrilla retirarse de la acción hacia la base de aire fresco o a superficie. después de aplicar los primeros auxilios adecuados al socorridor lesionado.

Equipo de respiración defectuoso

Si se hace evidente o se sospecha alguna falla en cualquier equipo de respiración u otro equipo de salvamento, ese equipo debería ser decomisado. El equipo no debería ser intervenido de ninguna manera diferente a lo necesario para que sea seguro. Esto solo se aplica a los equipos que se usen; no aplica a las fallas bajo prueba.

Actividad no autorizada

Si la persona a cargo de la base de aire fresco se entera o es informado de alguna actividad no autorizada de cualquier persona o personas que ponga o pueda poner en peligro la seguridad o la eficiencia del manejo del incidente, debería informar inmediatamente al funcionario de mando de la mina también presente en la base de aire fresco acerca de las circunstancias. Luego este debería informar al Comandante de Incidente de las circunstancias.

El trabajo llevado a cabo antes de que llegue el personal de salvamento minero a la mina puede ser importante para el éxito general de cualquier incidente de emergencia. Estas medidas de respuesta inicial le brindan al personal de salvamento la información necesaria para el despliegue rápido y la eficacia en su función subterránea. También le permite al Comandante de Incidente decidir con cierto grado de seguridad, su estrategia para utilizar el personal de salvamento dentro de su capacidad.

Siempre existe un riesgo adicional cuando se despliega una cuadrilla de salvamento en una atmósfera irrespirable. Sin embargo, esto se puede mitigar mediante directrices y procedimientos operacionales estándar, el suministro de buenos equipos modernos y estándares adecuados de mantenimiento.

3.4.2.4 Métodos de localización y rescate de víctimas por deficiencia de oxígeno y acumulación de gases

Por muchos años, las atmósferas con deficiencia de oxígeno o acumulaciones de gases en las minas resultaron en numerosas víctimas por asfixia o por intoxicación debida a los gases tóxicos y asfixiantes. La mayoría de países pueden rastrear el desarrollo de los aparatos respiratorios adecuados, diseñados para proteger de los gases tóxicos y asfixiantes y proporcionar oxígeno a individuos, a raíz de un determinado gran desastre que haya generado múltiples víctimas en su propio país. Aun después que dichos aparatos se hicieron disponibles, ha habido retrasos importantes en su introducción. En algunos casos, fue necesario introducir legislación para que estos equipos, conocidos generalmente

como auto-rescatadores, fueran entregados obligatoriamente a todos los trabajadores bajo tierra.

Obviamente cada mina es diferente y es difícil introducir estrategias únicas de auto-rescate que sean practicables en todas las minas. Por lo tanto, se han desarrollado estrategias de auto-rescate alternativas en caso que surja una situación de emergencia en cualquier mina. Estas estrategias consideran como requisito contar con un dispositivo respiratorio de auto-rescate, conocido universalmente como un auto-rescatador, que sea apropiado para las circunstancias individuales de la mina. El porte obligatorio de un auto-rescatador adecuado, la posibilidad de instalar cámaras de refugio o refugios, el desarrollo de sistemas de guía para contrarrestar la poca visibilidad debido al humo, etc., todos contribuyen a mejorar las probabilidades de que una persona sobreviva a un ambiente con deficiencia de oxígeno o con gases tóxicos.

La estrategia general para el método de auto-rescate elegido por la mina se basará en la implementación de una evaluación del riesgo. Esto identificará las probabilidades de que ocurran atmósferas irrespirables, el tipo de gases que probablemente se encontrarán y las distancias que una persona puede tener que recorrer para llegar a un lugar seguro. El propósito de un auto-rescatador, por lo tanto, es asegurar que la persona se encuentre protegida mientras escapa a un lugar seguro en circunstancias donde la atmósfera contenga:

- Niveles nocivos de monóxido de carbono con o sin suficiencia de oxígeno
- Bajo contenido de oxígeno, insuficiente para vivir

Auto-rescatadores

Si bien es esencial que un auto-rescatador funcione de acuerdo con sus requerimientos de diseño, también es importante que el posible usuario lo pueda portar durante un turno de trabajo. Por lo tanto, el diseño del auto-rescatador debe:

- ser ligero y compacto para que pueda portarse en todo momento
- ser robusto y no fácilmente dañado



- tener una vida útil larga
- ser fácil de usar en una emergencia

Desde el punto de vista de un posible usuario, debe inspirar confianza y ser una parte aceptable del equipo cotidiano portado en todo momento.

En la práctica, se han desarrollado un gran número de dispositivos auto-rescatadores alrededor del mundo basados en dos tipos distintos de aparatos:

- tipo filtro de monóxido de carbono
- tipo respiración autónoma

Los auto-rescatadores de filtro son un dispositivo de uso “único” que proporciona protección respiratoria básica en caso de una situación donde el gas tóxico principal sea monóxido de carbono. Sin embargo, son menos capaces de sostener la vida a medida que el contenido de oxígeno en la atmósfera cae. Su aplicación se puede ver limitada pues proporcionará poca protección una vez los niveles de oxígeno caigan a un nivel demasiado bajo para sostener la vida.

Hay una tendencia general en todo el mundo para alejarse del equipo auto-rescatador de filtro hacia el uso de un tipo que proporciona oxígeno al usuario. Este tipo se conoce comúnmente como un auto-rescatador auto-contenido (SCSR) ya que proporciona al usuario oxígeno independientemente de la atmósfera en la que se encuentra. En general hay dos tipos disponibles:

- oxígeno químico
- oxígeno comprimido

El Auto-rescatador de oxígeno químico genera el oxígeno para respirar por medio de una reacción química y, al mismo tiempo, consume el dióxido de carbono por medio de otra reacción química.

Los desarrollos modernos se han enfocado en el de oxígeno químico y éste será considerado con detalle a continuación. La industria del Reino Unido, por ejemplo, se ha equipado con unidades MSA Savox y MSA SSR90, éste último utilizado principalmente por

el Servicio de Salvamento Minero para rescatar personas a largas distancias y son adecuados para esta duración.

El SSR90 se basa en el principio de generación de oxígeno químico y dado que cumple con la norma CE permitiendo una duración de 90 minutos de escape y dado que es ampliamente utilizado por los Servicios de Salvamento Minero a nivel mundial, consideraremos este modelo en detalle primero.

MSA AUER SSR 90

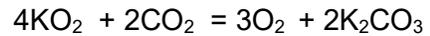
Este auto-rescatador de circuito cerrado auto-contenido ofrece un dispositivo de respiración independiente que aísla completamente al usuario de la atmósfera que lo rodea. Protege a quien lo porta, del humo y gases tóxicos causados por fuego o explosión y continuará sosteniendo la vida en atmósferas con gases tóxicos y con deficiencia de oxígeno permitiendo el escape. Los Socorredores Mineros lo pueden utilizar como una unidad auxiliar para proporcionar aire a las personas socorridas para permitirles recorrer un ambiente hostil.

La figura 3.4 - 35 muestra el diseño y construcción del auto-rescatador.

El cartucho de la parte inferior contiene los químicos activos y se conecta a la bolsa respiratoria. Cuando se remueve la cubierta y se extiende el tubo de respiración, se procede a introducir la boquilla y el usuario puede comenzar a respirar por el dispositivo. El aire exhalado húmedo y tibio que contiene una alta concentración de dióxido de carbono da inicio a la reacción que produce oxígeno.

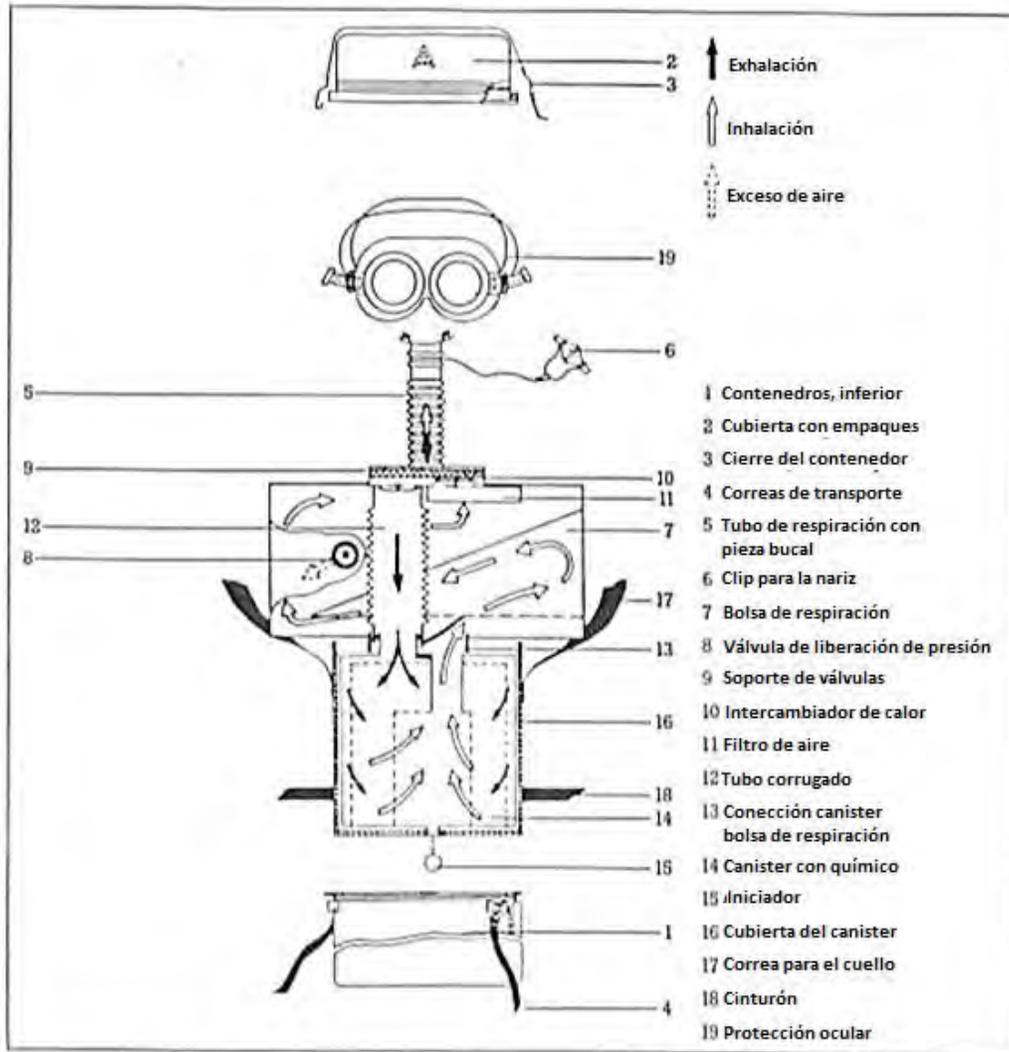
El esfuerzo realizado por el usuario hace que aumente su ritmo respiratorio, lo que automáticamente aumentará el oxígeno producido. La tasa de producción de oxígeno la determina el ritmo respiratorio del usuario es en todo momento ligeramente mayor que la tasa de consumo. Por lo tanto, un suministro adecuado de oxígeno siempre está disponible a demanda. El oxígeno producido pasa por la bolsa respiratoria y de ahí a través de un intercambiador de calor en la base del tubo de respiración. Este aire rico en oxígeno luego pasa por el tubo de respiración al usuario.

Hay un sistema de inicio rápido en la base del cartucho conformado por una mezcla de químicos sólidos que al activarse libera oxígeno. La boquilla debe insertarse primero y entonces se tira la palanca del activador liberando de 3 a 4 litros de oxígeno en la bolsa de respiración durante los primeros 2 o 3 minutos. Este tiempo se toma para activar las reacciones productoras de oxígeno y comenzar a funcionar.



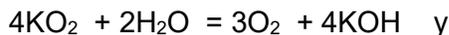
Se genera calor considerable en estas reacciones, algunas de las cuales serán removidas en el intercambiador de calor. Se generará suficiente oxígeno para permitir una actividad moderada a intensa por hasta 90 minutos, pero si el usuario se encuentra descansando o relajándose, entonces el oxígeno durará por hasta cuatro horas.

Figura 3.4 – 35 Diseño y construcción de un auto-rescatador de oxígeno químico MSA AUER SSR90



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El cartucho de la parte inferior o base, contiene gránulos gruesos de peróxido de potasio, que reaccionan con la humedad y el dióxido de carbono en el aire exhalado según las siguientes reacciones:



El SSR90 generador de oxígeno químico es muy grande para que la persona lo lleve consigo mientras trabaja, pero puede ser llevado hasta el sitio de faena y colocarlo en un sitio fácilmente accesible para usarlo en caso necesario. Tiene una buena "vida útil" y es idóneo para el auto-rescate. Si no se utiliza, se pueden volver a almacenar en la mina o en el centro

de salvamento, listos para ser utilizados en el turno siguiente. En sitios o minas con condiciones particulares de alto riesgo, se pueden almacenar bajo tierra. Además de las gafas de protección puede también ser usado con una máscara rostro completo.

Existe otro tipo de auto-rescatadores utilizado por socorredores en algunas partes del mundo. Este es el aparato de circuito abierto de aire comprimido (OCBA) que suministra aire al usuario desde un cilindro de aire comprimido, y el aire exhalado sale de la máscara a la atmósfera. Si bien tiene algunas ventajas evidentes – aire de respiración frío, baja resistencia a la respiración, de máscara y de bajo mantenimiento – es relativamente pesado y tiene una duración corta. Sin embargo, algunas organizaciones de salvamento en Australia han desarrollado su duración para ser utilizado como una ayuda para que otras personas escapen. Se almacena bajo tierra y puede ser de fácil acceso para los socorredores que trabajan en la mina en caso de un incidente. No reemplaza el aparato de respiración de circuito cerrado de larga duración, por ejemplo, el tipo Drager BG4, pero es una alternativa útil a considerar para ser utilizada como un aparato de escape y de “ayuda” para el escape.

Los **auto-rescatadores de tipo oxígeno químico** más pequeños ahora son generalmente reconocidos como una alternativa práctica a los auto-rescatadores de filtro. Unidades iniciales con duración nominal de 60 minutos eran grandes, engorrosos e incómodos de usar mientras se trabaja. Sin embargo, el desarrollo de los auto-rescatadores de oxígeno más pequeños que se pueden portar y proporcionan protección inmediata en contra de todos los gases en la mina ha llevado a la creación de una gama de aparatos con distinta duración. La desventaja principal es, justamente, su duración relativamente limitada. Sin embargo, su desarrollo ha llevado a disponer de una estrategia completa de auto-rescate, a que el rescate sea reevaluado y a que se introduzcan alternativas de acuerdo con el diseño y las características individuales de cada mina.

Una revisión de las minas subterráneas alrededor del mundo probablemente revelaría que el auto-rescatador auto-contenido es probablemente el auto-rescatador preferido. Su duración nominal varía de

30-60 minutos. Sin embargo, existen diferencias entre la duración nominal a un ritmo respiratorio fijo medido en un laboratorio, y la duración real cuando es utilizado, teniendo en cuenta condiciones como la edad, peso, esfuerzo y ansiedad. La mayoría de estudios de investigación resaltan el rango de características respiratorias de los individuos y esto se debe tener en cuenta al considerar un escenario de escape en una mina. Una prueba de uso en el Reino Unido llevado a cabo por el Ejecutivo de Salud y Seguridad (HSE) mostró que mientras el aparato mostraba una duración nominal de 30 minutos en buenas condiciones, la protección en la práctica fue de tan solo 17 minutos.

Auto-rescatador Ci-30KS es un dispositivo de protección respiratoria personal típico que utiliza un químico, superóxido de potasio (KO₂), para producir oxígeno. Está diseñado para uso con fines de escape en caso de una atmósfera irrespirable tal como humo, gases tóxicos o deficiencia de oxígeno. Es fabricado por Donetsk Mines Rescue Equipment Company (DZGA) ubicada en Donetsk, Ucrania. El auto-rescatador ha sido fabricado y probado para asegurar que haya satisfecho todos los requisitos de la Norma Europea para este tipo de auto-rescatador– EN 13794: 2002. Se lleva en el cinturón mientras se trabaja y no se tiene que retirar del cinturón para usarlo en caso necesario.

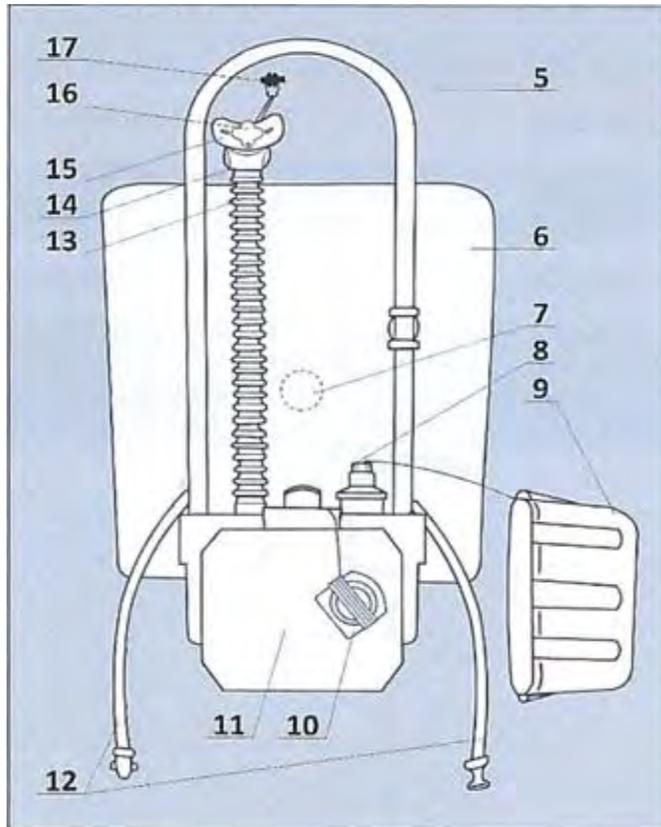
Su diseño y construcción se muestran en las figuras 3.4 – 36 y 3.4 – 37.

Como con todos los auto-rescatadores, la capacitación, particularmente en los procedimientos para su uso correcto, es una necesidad fundamental. Las minas deben realizar pruebas de uso para establecer su duración real en la mina dado que puede variar según los parámetros físicos tales como las pendientes, altura de las vías, así como las características del individuo mencionadas anteriormente.

Existe otro tipo de auto-rescatador utilizado ampliamente. El **SCSR de oxígeno comprimido** se basa en el principio de que el dióxido de carbono se elimina del aire exhalado al pasar a través de hidróxido de litio o de una mezcla de óxido de calcio e hidróxido de sodio llamada soda lime, y mediante la

restitución del oxígeno consumido suministrándolo desde una reserva a alta presión. El oxígeno normalmente está contenido en un pequeño cilindro de aluminio envuelto con fibra de vidrio. El tamaño y capacidad de la botella de oxígeno determinarán la duración nominal del SCSR, aunque la duración real dependerá de las necesidades de oxígeno del portador como en la mayoría otros diseños SCSR.

Figura 3.4-36 Diseño y construcción auto-rescatador Ci-30KS



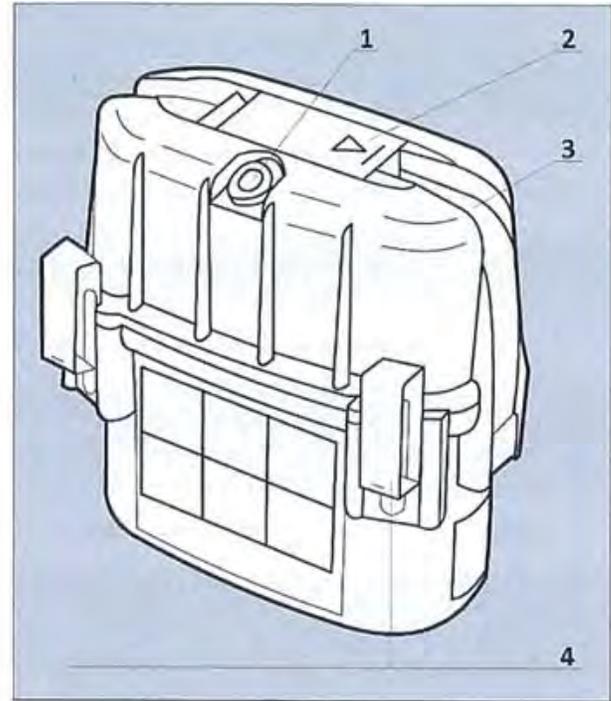
Fuente: DZGA

Normas relativas a los equipos de auto-rescate (SCSR) y Estrategia de Uso

Existen tres normas aprobadas para la fabricación y funcionamiento de los SCSR. Algunos países conceden sus propias aprobaciones de conformidad con su legislación, pero, invariablemente, los procedimientos de realización de pruebas pueden estar relacionados con las tres principales normas de Europa, las normas MSHA/NIOSH en los Estados Unidos y la norma GME en Sudáfrica. Generalmente se reconocen en todo el mundo, aunque algunos fabricantes solo buscan obtener una de estas aprobaciones. Existen diferencias en algunas de

estas normas, en particular con respecto a la duración nominal.

Figura 3.4 – 37 Diseño y construcción auto-rescatador Ci-30KS 2



Auto-rescatador cerrado

Ci-30 consta de los siguientes elementos

- 1 - Indicador de humedad
- 2 - Placa de la cubierta
- 3 - Cinta de cierre
- 4 - Pasadores para cinturón
- 5 - Correa del cuello
- 6 - Bolsa de respiración
- 7 - Válvula de liberación de presión
- 8 - Iniciador
- 9 - Tapa
- 10 - Protección ocular
- 11 - Lámina para el calor
- 12 - Correa del pecho
- 13 - Manguera de respiración
- 14 - Intercambiador de calor
- 15 - Pieza bucal
- 16 - Tapón de la pieza bucal
- 17 - Clip de la nariz

Fuente: DZGA

Se han realizado numerosas pruebas para los diferentes SCSR bajo una variedad de condiciones controladas con el fin de destacar su duración, fiabilidad, fallos potenciales, etc. En particular, se ha demostrado que la duración nominal varía conforme

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

a numerosos factores, y que el consumo de oxígeno es el factor crítico. Como regla general, todos los SCSR, al ser utilizados, aumentan los niveles de estrés de los usuarios.

En general, las pruebas y trabajos de investigación han establecido una serie de factores clave (descritos a continuación), que deben establecerse para su uso continuo a saber:

Figura 3.4 – 38 Ficha técnica auto-rescatador Ci 30KS

- Un sistema eficaz de revisión y monitoreo del

DATOS TÉCNICOS		PRINCIPIO OPERATIVO
Duración según EN 13794: A 35 L/min (caminando normalmente)	30 minutos	El iniciador 8 se activa cuando se abre el Ci-30 removiendo la tapa 9. El iniciador libera oxígeno, calor y humedad. El oxígeno llena la bolsa respiratoria 6 y proporciona al usuario oxígeno para respirar antes que el calor y la humedad del aire exhalado active el cartucho que produce oxígeno contenido en el KO ₂ .
A 10 L/min (sentado)	120 minutos	
Resistencia respiratoria (a la inhalación o exhalación) durante la operación, máx.	1.00 kPa	El tapón de la boquilla 16 se libera de la boquilla cuando se sacan la manguera de respiración 13 y la bolsa respiratoria 6.
Temperatura del gas inhalado, máx.	50°C	
Contenido de oxígeno en el gas inhalado, min ²	21%	El Ci-30 tiene un flujo de aire con esquema de péndulo. Al respirar, el aire pasa por la boquilla 15 y el intercambiador de calor 14 por la manguera de respiración desde el cartucho de KO ₂ hacia la bolsa respiratoria y de regreso. El producto químico (KO ₂) en el cartucho absorbe el dióxido de carbono (CO ₂) y la humedad del aire exhalado y emite oxígeno. El exceso de gas respiratorio es expulsado a través de la válvula de alivio 7.
Contenido de dióxido de carbono en el gas inhalado, máx.	3%	
Volumen de la bolsa respiratoria	6 litros	La absorción del dióxido de carbono y la producción de oxígeno por el KO ₂ es exotérmica (produce calor). El usuario notará este aumento de temperatura en el equipo y en el aire inhalado. El calentamiento es una señal de la operación normal del auto-rescatador, y debe anticiparse.
Dimensiones generales: Alto	203±2 mm	
Largo	202±2 mm	Un indicador de humedad 1 se ubica en la tapa del auto-rescatador. Si el Indicador cambia de color de azul a rosado el sello se ha dañado y el auto-rescatador no debe ser utilizado ⁴ .
Ancho	116±2 mm	
Humedad relativa	Hasta 100%	
Presión atmosférica, máx.	133.3 kPa (1000 mm Hg)	
Temperatura para uso	-20 a 60 °C	
Peso	2,5±0,1 kg	
Vida útil ³	10 años	
Vida de servicio (desde la fecha que entra en servicio hasta que es dado de baja)	5 años	

Fuente: DZGA

mantenimiento.

Es esencial un entrenamiento regular y realista (siempre que sea posible) del personal en el uso de los auto-rescatadores. El suministro de equipos de entrenamiento por parte de los fabricantes es fundamental

- comprobación periódica del uso por muestreo.
- Reconocer que las personas consumen diferentes cantidades de oxígeno en condiciones de estrés.
- Realización de cursos periódicos de actualización para todo el personal.

- Los SCSR con un arranque inmediato de oxígeno son preferibles a aquellos que deben ser activados con la respiración.
- Hacer énfasis durante la formación en el hecho de que la temperatura de inhalación aumenta.
- Reconocer que puede haber la necesidad de cambiarse a otro SCSR en una atmósfera irrespirable, probablemente en un lugar designado en la mina, con el fin de llegar a un lugar seguro y entrenar al personal en la forma correcta de hacerlo.
- Reconocer que cada mina, o cada sector de una mina en el caso de las minas de mayor tamaño, puede diseñar una estrategia de escape con base la duración de los SCSR para sus propias condiciones y distancias.

Esto último es un factor que debe quedar establecido en el diseño de una estrategia de escape efectiva para todas las personas que se encuentran bajo tierra. Se deben establecer distancias de viaje realistas al usar un SCSR, teniendo en cuenta la escasa visibilidad y las distancias de viaje. Se pueden instalar sitios de recambio con reservas de SCSR de repuesto, o incluso estaciones o puntos de refugio donde las personas pueden descansar o esperar a ser rescatadas.

En caso de que las distancias de escape y, por lo tanto, los tiempos de escape, sean más largos que la duración de los equipos de auto-rescate, se deben proporcionar instalaciones de manera que se puedan cambiar dichos equipos de forma segura. En el cálculo de la distancia a una instalación de este tipo, se deben tener en cuenta los factores que podrían reducir la velocidad al caminar o la duración del equipo de auto-rescate, tales como:

- Visibilidad reducida.
- La pendiente y la altura de las rutas de escape.
- Calor y humedad.
- Edad, estado físico y tamaño corporal de la persona.

Si se decide que un refugio seguro es preferible a una instalación de recambio, se deberán tener en cuenta

otros factores para que las personas puedan esperar con un nivel de comodidad razonable.

Refugios seguros y estaciones de refugio

En general, en la minería en todo el mundo se considera que los equipos de auto-rescate son necesarios en la mayoría de las minas subterráneas, excepto quizás en aquellas en las que existe un mínimo riesgo de incendio. Incluso en ese caso, se debe considerar la posibilidad de

una atmósfera deficiente en oxígeno. En minas en las que existen largas distancias para alcanzar un lugar seguro, los equipos de auto-rescate se consideran fundamentales. Al suministrar SCSR de generación de oxígeno o de oxígeno comprimido, son deseables los que tienen una mayor duración nominal, aunque el tamaño puede ser un problema. Cuando el tiempo necesario para escapar a un lugar seguro excede la vida útil de un equipo de auto-rescate, se debe considerar la construcción de estaciones de recambio o una estación de refugio.

En muchos casos, la elección de un SCSR con una duración nominal de unos 30 minutos hace necesario considerar el establecimiento de estaciones de recambio con SCSR de repuesto disponibles para sustituir a aquellos utilizados, o la instalación de refugios permanentes o temporales para que las personas puedan descansar o esperar en un entorno relativamente seguro. Las estaciones de refugio han sido parte de la minería subterránea durante muchos años, sobre todo en las minas distintas a las minas de carbón. En algunas minas de carbón, sin embargo, es un concepto relativamente nuevo, sobre todo cuando las vías se prolongan cada vez más y su avance en cada vez más rápido, alcanzando longitudes de más de 1.000 metros rápidamente.

Las estaciones de recambio con reservas de SCSR de repuesto están diseñadas para permitirles a las personas cambiarse de SCSR antes de continuar o para esperar a ser rescatados por otros. Estas pueden tener diseños compactos plegables que se pueden implementar en cuestión de segundos. Su diseño puede ser variable, pero básicamente están diseñadas para proteger los SCSR almacenados y

ayudar en el proceso de recambio en lo que podría ser una atmósfera irrespirable

Figura 3.4 – 39 Refugio subterráneo



Fuente: Proyecto Mina Chuquicamata Codelco

Por otro lado, las **estaciones de refugio** tienden a ser unidades selladas, con una esclusa de aire y un suministro de aire positivo – suministro de aire comprimido o suministro por oxígeno generado o en cilindros de reserva – donde las personas pueden esperar el rescate o recibir instrucciones. La comunicación a estos lugares es esencial con el fin de mantener la confianza de los que están dentro. Algunos pueden ser de gran tamaño y estar equipados con control de climatización, alimentos, agua, equipos de primeros auxilios y medios para absorber el dióxido de carbono creado por la respiración.

El concepto de refugios de gran tamaño es ampliamente aceptado en las explotaciones metalíferas. Algunos tienen instalados sistemas de soporte de vida a través de perforaciones en la superficie. Esto es probablemente, menos práctico en las minas de carbón, aunque algunas minas grandes los han instalado. Debido al tamaño de las vías y de los sistemas de transporte, siempre que ha sido posible se han diseñado e instalado refugios portátiles para un pequeño número de trabajadores.

Hay que recordar que el primer tipo de refugio consistía en una barricada de personas en el “extremo ciego” de la vía. Si se cuenta con un suministro de aire comprimido, se puede utilizar este método.

Se recomienda consultar el “*Ontario Booklet on Refuge Design*”

Rescate

Durante la realización de las evaluaciones de riesgo en la mina, el operador debe identificar los niveles de riesgo a los que cada persona está expuesta y la necesidad de proveer e instalar los sistemas adecuados para que las personas en la mina puedan llegar a un lugar seguro en caso de una emergencia. Con el fin de determinar lo que constituyen los “sistemas adecuados”, los operadores de minas también deben incluir:

- Medios para hacer sonar la alarma en la mina.
- Instrucciones claras y sencillas con respecto a lo que todas las personas deben hacer en caso de una alarma.
- La ruta que debe recorrer cada persona.
- Las vías de escape que cuenten con sistemas de alojamiento.
- En algunas minas de mayor tamaño, los lugares seguros y la ruta para llegar a ellos pueden variar.
- Qué herramientas pueden ser necesarias para ayudarle a las personas a escapar, sobre todo en condiciones de baja visibilidad.
- La mina debe contar con un sistema de control de seguridad en funcionamiento en todo momento con el apoyo de un registro de los lugares de trabajo de las personas, con especial énfasis en los trabajadores que se desplazan constantemente dentro de la mina.

Sin embargo, sin importar el número y alcance de las medidas con las que cuente un operador para eliminar o mitigar los riesgos derivados de cualquier peligro importante, siempre habrá un cierto grado de riesgo residual de que las personas que se encuentren en la mina puedan quedar atrapadas bajo tierra. El operador de la mina debe, por tanto, también disponer de mecanismos adecuados para el rescate de personas en la mina si las medidas de auto-evacuación o los parámetros físicos impiden que las personas puedan llegar a un lugar seguro, por ejemplo, la atmósfera irrespirable, donde serían necesarios socorredores con equipos de respiración.

En el caso de que se adopten medidas de rescate, es fundamental que, a la llegada a la mina, las cuadrillas de socorredores sean informadas de:

- Los detalles del incidente que dio lugar a la emergencia.
- Si se conoce, la posición en la mina de las personas atrapadas.
- La vía de evacuación designada.
- La ubicación de los refugios o estaciones de recambio.
- La ruta a la mina en un plano.
- Distancia de viaje.

Acciones de la mina.

La mina debe llevar y mantener registros muy exactos sobre quién se encuentra en la mina y la naturaleza del trabajo que está llevando a cabo. Esto le permitirá a la cuadrilla de salvamento minero planificar el lugar donde se debe enfocar cualquier intento de rescate. (Mayor número de mineros en la posición segura más probable).

Este proceso de control de acceso bajo tierra puede llevarse a cabo electrónicamente de forma muy sencilla con la utilización de faros de transmisión de señales de diversas frecuencias instalados en las lámparas de los mineros. Estas señales pueden ser detectadas por receptores instalados a lo largo de la mina y que identifican al minero y el sitio en que fue detectada la señal; esta información se envía a superficie por medio de comunicación de cable y se registra incluso representando la ubicación del minero en el plano de la mina. Con todo, un registro por escrito puede funcionar si se opera correctamente.

El operador de la mina debe tener y mantener un plano preciso de los trabajos llevados a cabo en la misma. Este plano debe incluir, como mínimo:

- Distancias
- Pendientes
- Ruta de ventilación
- Dispositivos de ventilación
- Lugares de trabajo
- Métodos de trabajo

- Dispositivos de comunicación
- Refugios seguros
- Entrada
- Salidas
- Conexiones a otras minas
- Vías
- Puntos de carga y transferencia
- Casa de máquinas (transportes)
- Bombas
- Almacenes de explosivos
- Equipo contra incendios

La razón de lo anterior es permitirle al equipo de salvamento minero tomar una decisión en cuanto al lugar probable en que se encuentren los mineros y ser capaz de trazar rutas seguras fuera de la mina (que los mineros puedan haber tomado). Cualquier otra información sobre los equipos disponibles puede ser útil para las cuadrillas de salvamento.

La mina debe estar preparada para hacer frente a incidentes y emergencias. La mina debe revisar las rutas normales y las de emergencia y un porcentaje de la fuerza de trabajo debe recorrer estas rutas de salida para asegurarse de estar familiarizados con ellas.

Estos planos, el registro de los mineros que están en la mina y la naturaleza del trabajo que desarrolla cada uno deben estar disponible en la superficie cada vez que alguien ingresa bajo tierra.

La mina debe suministrarles a todos los mineros un dispositivo de respiración adecuado y se les debe capacitar para su uso. Los mineros deben repetir estas capacitaciones por lo menos una vez al año y ser capaces de usar estos dispositivos. La duración efectiva del dispositivo debe garantizar que el minero pueda llegar a un sitio seguro (la superficie o un refugio seguro) desde su lugar de trabajo.

Acciones del personal de salvamento minero.

El personal de salvamento minero debe revisar cuidadosamente la información disponible sobre la mina y si existe una "ventana de oportunidad" para desplegar cuadrillas y salvar vidas, esta se debe aprovechar.



El personal de salvamento minero debe enfocarse en el lugar donde se encuentre la mayoría de los mineros (siempre que la información indique que la zona es accesible y que los mineros estarían vivos) y enviar cuadrillas a esa zona. Si están disponibles otras cuadrillas, deben apoyar a la primera, seguido de las zonas con menos mineros y menos oportunidades de éxito. Siempre que existan otras cuadrillas disponibles, se deben enviar para apoyo. Las siguientes cuadrillas disponibles deben enviarse (si aún hay mineros desaparecidos) a las posibles rutas de viaje y rutas de emergencia. A medida que se recorren las vías de la mina, estas se deben revisar a fondo para asegurarse de que puedan ser eliminadas con certeza de las búsquedas posteriores.

Nota:

- Garantizar la seguridad del equipo, incluyendo una medición del calor y la humedad de la zona.
- Comunicarse con la base de aire fresco (si es posible).
- Tomar y registrar las lecturas de gases en la zona donde se encuentran las víctimas.
- Evaluar y priorizar las víctimas.
- Llevar a cabo reanimación cardíaca cuando sea necesario (RCP).
- Atender primero a las víctimas de problemas respiratorios (reanimación). Si hay más de una víctima, tratar al minero con la menor cantidad de lesiones adicionales.
- Atender caídas y otras lesiones.
- Atender el shock y aplicar medidas de alivio del dolor disponibles.
- Dibujar la ubicación y posición de las víctimas.
- Tomar notas del área – sin prejuizar el tratamiento de víctimas y el transporte.

Si se encuentran múltiples víctimas en la misma zona el jefe de cuadrilla tiene que tener el conocimiento, la comprensión, la competencia y el valor para decidir qué víctima se debe transportar. Esto se trata de un equilibrio entre las lesiones y posibilidad de supervivencia. El equipo no debe perder tiempo en transportar una víctima que no va a sobrevivir. Esto no sólo pondría en riesgo un intento de salvar aún más vidas, sino también expondría al equipo a un

riesgo innecesario. Esta es una de las decisiones más difíciles que debe tomar el líder de un equipo.

El transporte en la mayoría de los casos debe ser una camilla por equipo. Sólo en casos extremos un equipo puede intentar transportar a más de una víctima.

Una vez que la víctima está respirando, se le debe colocar un respirador de oxígeno químico y debe ser monitoreada continuamente para verificar cualquier deterioro en su condición.

Si el equipo tiene una víctima que transportar que tenga problemas de pulso y de respiración, se debe ajustar la unidad de reanimación aplicando reanimación cardíaca de forma continua o si esto no es posible, se debe llevar a cabo la reanimación cardíaca a intervalos muy regulares durante el transporte.

3.4.2.5 Tratamiento por envenenamiento por gas

El soporte de vida después de un incidente de emergencia subterránea tiene un enfoque algo diferente a los que ocurren en la superficie. En muchos casos, el retiro de una persona herida a un lugar relativamente seguro o el acceso a atención médica especializada es la prioridad. La localización y estabilización de la(s) persona(s) herida(s) mientras las circunstancias lo permitan y luego salir de lo que es un entorno potencialmente peligroso para todos, debe ser la estrategia aceptable para todas las cuadrillas de salvamento.

Las cuadrillas de rescate pueden verse algo limitadas con respecto a la cantidad y el peso de los equipos que llevan, incluyendo su propio sistema de soporte de vida representado por sus equipos de respiración. El equipo principal para el tratamiento de personas que se retiran de una atmósfera irrespirable debe incluir el necesario para:

- Reanimación para la administración de oxígeno
- Alivio de dolor
- Trauma
- Primeros auxilios

Un trabajador que se vea afectado por una atmósfera deficiente en oxígeno tendrá una tez cenicienta y signos obvios de cianosis (color azulado en los labios, lóbulos de las orejas, etc.). Si una víctima se recupera, es posible que pueda movilizarse por sí misma con ayuda.

Un trabajador que sufra de envenenamiento por monóxido de carbono tendrá una tez de color "rosa" que parece saludable. Si una víctima muestra signos de recuperación, DEBE seguir siendo transportada en una camilla ya que cualquier esfuerzo resultará en una recaída.

Reanimación

Es importante en el proceso de evacuación en salvamento minero durante una emergencia que, si una víctima no está respirando, el equipo de reanimación utilizado pueda ventilar de forma automática a la víctima y ajustar el flujo para satisfacer sus necesidades de apoyo respiratorio. Esto les permite a los miembros del equipo de rescate realizar otras tareas, por ejemplo, llevar la camilla. Hay varios equipos de reanimación disponibles para las organizaciones de salvamento minero adecuados para esta tarea en un entorno subterráneo. La unidad de reanimación MARS es uno de tales equipos, está aprobado para uso subterráneo y es utilizado por un número de compañías y organizaciones de rescate a nivel internacional.

Unidad de reanimación MARS

La unidad de reanimación MARS cuenta con un sistema de oxígeno, activado de manera automática por el paciente que entrega volúmenes de oxígeno por ciclos con opción de ser operado manualmente. La unidad detecta la condición del paciente y se ajusta para operar en el modo correcto para la víctima. La ventilación artificial se detiene tan pronto comienza la respiración espontánea o normal, mientras que se sigue administrando la oxigenoterapia. Si la frecuencia respiratoria de la víctima cae por debajo del nivel preestablecido, el sistema automáticamente vuelve a dar inicio a la ventilación artificial.

La unidad de reanimación MARS está conformada por:

- Cilindro(s) de oxígeno con capacidad de 600 litros.
- Regulador de suministro de oxígeno a una presión predeterminada, equipado con un manómetro. El regulador también tiene una salida de oxigenoterapia graduable mediante la válvula *.
- Módulo de control con selector de modo.
- Válvula de paciente con disparador manual.
- Máscara para suministrar oxígeno al usuario.
- Todos los elementos están contenidos en una bolsa o caja para facilitar su transporte.

**No es una característica del modelo estándar*

Pruebas preliminares

- Comprobar que el cilindro de O₂ esté aprobado para uso y dentro de las fechas habilitadas de uso.
- Verificar sello del anillo "O" y conectar la abrazadera al cilindro.
- *Asegurarse de que la válvula de oxigenoterapia esté en la posición "O" y el interruptor de la válvula del paciente está en la posición "RCP" (no en "Modo Automático").
- Abrir la válvula del cilindro (dos vueltas) y verificar que haya suficiente oxígeno. Para comprobar si hay fugas, cerrar la válvula del cilindro y observar la lectura del medidor durante 5 segundos. Volver a abrir la válvula del cilindro, apretar el disparador y escuchar la salida del oxígeno.
- Girar la palanca selectora hacia el "Modo Automático" y escuchar el funcionamiento automático de la unidad de reanimación. Devolver la palanca a la posición "O".
- Girar el volante de oxigenoterapia a una posición de flujo y escuchar el flujo de oxígeno. Volver a colocar el volante en la posición 'O'
- Cerrar la válvula del cilindro, apretar el gatillo y observar la aguja volver a cero.
- **No aplica cuando se utiliza el modelo estándar*



3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

La unidad se puede almacenar en condición “lista para usar”, pero la válvula del cilindro debe estar en la posición cerrada.

Cómo poner el resucitador a la víctima y operarlo

Determinar la condición de la víctima:

- Si la víctima está o no respirando:
 - Abrir las vías respiratorias de la víctima.
 - Abrir la válvula del cilindro en su totalidad.
 - Usando el disparador manual, insuflar dos veces para llenar los pulmones de la víctima.
 - Colocar la palanca selectora para adaptarse a las dimensiones de la víctima, por ejemplo, adulto grande, y colocar la máscara.
 - Asegurarse de que la unidad de reanimación esté operando automáticamente cuando la víctima esté respirando de forma espontánea; la unidad funcionará en el modo de flujo de demanda
- Si la víctima requiere RCP en una atmósfera respirable:
 - Abrir las vías respiratorias de la víctima.
 - Asegurarse de que la palanca selectora se encuentre en modo 'RCP'.
 - Abrir la válvula del cilindro en su totalidad.
 - Colocar la máscara firmemente sobre la nariz y la boca y sostener la válvula del paciente.
 - Usando el disparador manual insuflar dos veces, la unidad de reanimación inflará automáticamente los pulmones de la víctima. Realizar compresiones torácicas a un ritmo de 30 por 2 insuflaciones
 - Continuar hasta que se muestren signos evidentes de vida.

Debido a su diseño, se le aconseja al personal de rescate no utilizar la oxigenoterapia en un ambiente irrespirable.

Hay que asegurarse que:

- No haya una fuga de oxígeno alrededor de la máscara; hay que escuchar y verificar.
- Verificar que las vías respiratorias de la víctima estén abiertas.
- Verificar que el cilindro no esté vacío, tomando lecturas periódicas.
- Cambiar el cilindro a una presión de 20 bar.
- Verificar que la máscara se quede en su lugar, incluso si la víctima está respirando espontáneamente, ya que él/ella estará recibiendo oxígeno a demanda.

Las víctimas que han sufrido de exposición sin protección al monóxido de carbono después de un incendio o una explosión en la mina requerirán la administración de oxígeno lo más pronto que sea posible. Si la respiración no es obvia o incluso difícil, se deberá utilizar un resucitador durante el mayor tiempo posible, sobre todo si la víctima se encuentra inconsciente. Puede tomar muchas horas reducir los niveles sanguíneos de monóxido de carbono en el aire fresco, pero este período puede reducirse considerablemente si se utiliza oxígeno puro. Incluso si la víctima recobra la consciencia y desea caminar sin ayuda, los equipos de rescate deben utilizar una camilla.

Si las cuadrillas de salvamento se despliegan en una atmósfera irrespirable y esperan localizar a varias personas, se deben tomar medidas para traer unidades de resucitadores adicionales y balas de oxígeno de recambio, al igual que otros equipos de auto-rescate de oxígeno químico.

Es entendido que si no se dispone de un resucitador de las características descritas será necesario la aplicación de RCP por parte del socorridor, y mantener su aplicación durante el tiempo que resulte necesario hasta poner a la víctima a salvo en superficie o en la base de aire fresco.

Si la persona no respira por sí misma será inapropiado suministrarle oxígeno bien sea de botella presurizada u oxígenos químico.

Alivio de dolor para víctimas – Entonox

Hay una serie de medicamentos que se utilizan en el entorno subterráneo que son eficaces para el alivio

del dolor y además son de fácil administración por parte de personas con formación limitada. Esto era necesario sobre todo cuando una persona podía haber quedado atrapada por maquinaria o por un techo caído quizá durante varias horas antes de ser liberada y recibir ayuda médica. El más efectivo es probablemente la morfina, aunque disminuye los niveles de conciencia.

A pesar de que los medicamentos siguen siendo una opción para los socorredores mineros, el gas Entonox está siendo ampliamente utilizado en todo el mundo para una variedad de propósitos y para reducir los niveles de dolor. El Entonox es un gas analgésico que consiste en una mezcla de 50% de oxígeno y 50% de óxido nitroso y puede ser auto-administrado por la víctima bajo la supervisión de algún miembro de la cuadrilla de salvamento. El oxígeno también le proporcionará beneficios a la víctima con respecto al shock.

Mezcla de óxido nitroso/oxígeno

Ventajas:

- Excelente para aliviar el dolor.
- No produce prácticamente ninguna depresión de las funciones cardíacas o respiratorias.
- Prácticamente no hay vómitos ni náuseas.
- No es combustible, pero apoya la combustión.

Desventajas:

- Puede causar hormigueo, entumecimiento, mareos, euforia y excitación.
- Puede ser una droga adictiva.
- Es una mezcla de un líquido y gas: por lo tanto, el elemento nitroso se puede separar a -7°C .
- Incluso después de volverlo a calentar puede no a mezclarse adecuadamente.

Debe ser auto-administrado por la víctima bajo la supervisión del personal de rescate. No debe administrarse si la víctima tiene o está:

- Inconsciente.
- Bajo los efectos del alcohol.
- Lesiones maxilofaciales (heridas faciales).
- Lesiones orales.

- Emocionada o agitada.
- Poco colaborativa.
- Neumotórax.
- Distensión abdominal.

Se debe supervisar su uso y revisar frecuentemente a la víctima para garantizar que:

- Cuando el gas sale de la unidad lo hace a baja temperatura, por lo que existe el riesgo de enfriar a la víctima.
- Las vías respiratorias estén abiertas.
- No haya pérdida del conocimiento.
- No haya vómito.
- El gas no está expuesto a la combustión.

El equipo para administrar el Entonox, conocido por el nombre de su fabricante – Equipo Analgésico Sabre Ease– comprende lo siguiente:

- Cilindro:
 - De color azul con cuello blanco, válvula con pasador de seguridad. Debe poder contener 500 litros para cumplir con la normativa correspondiente.
- Regulador y manómetro:
 - Reduce la presión del cilindro a un nivel adecuado para la inhalación por el usuario.
- Tubo de suministro:
 - Tubo de suministro antiestático de 3 metros, que conecta el regulador a la válvula de demanda.
- Válvula de demanda:
 - Cuando la víctima inhala, el gas se extrae del regulador para que lo reciba la víctima y en la exhalación, la válvula de demanda se cierra. La unidad también contiene las válvulas de inhalación y exhalación.
- Máscara y boquilla:
 - La unidad viene equipada con una máscara o una boquilla que se ajusta directamente en la salida de la válvula de demanda. Una y otra deben sellar de manera efectiva sobre la boca o la cara sin

fugas de gas ni entradas de aire, para que la unidad funcione de manera eficiente.

No se suministra un arnés de cabeza con la unidad, ya que el equipo es manual y su uso debe ser auto-administrado.

Montaje

- Retirar el sello del cilindro.
- Abrir la válvula para retirar el polvo o arena de ella.
- Fijar el regulador después de verificar que el empaque del anillo o O ring esté en su sitio.
- Abrir la válvula del cilindro con 2 vueltas.
- Conectar la máscara o la boquilla a la válvula de demanda.

Uso

- El Entonox debe ser auto-administrado por la víctima que puede tener dolor, estar atrapada y por lo tanto asustada
- La víctima debe ser monitoreada constantemente por el personal de rescate.
- Si una víctima no puede mantener la máscara en su lugar debido a las lesiones por atrapamiento o lesiones bilaterales en los brazos, el socorredor podrá sostener máscara en la cara de la víctima, pero debe retirarla si se observa somnolencia.
- Instruir a la víctima que respire profundo para acelerar el efecto. Después de 30 a 60 segundos, el dolor debe bajar y se retira la máscara hasta que regrese el dolor.
- Verificar que las vías respiratorias estén abiertas.
- Verificar que el cilindro esté de lado.

Almacenamiento

- Los cilindros deben ser almacenados de lado a una temperatura ambiente de al menos 10°C.
- Las botellas que han sido expuestas a temperaturas de congelación deben ser sustituidas por balas que han estado almacenadas o deben calentarse a la temperatura corporal durante cinco minutos y se deben sacudir vigorosamente invirtiendo totalmente su posición al menos tres veces antes de su uso.

El suministro de Entonox a una víctima para que ella haga su propia administración no equivale a

administrarla por parte de quien la suministra. Se deben resolver todas las dudas que haya sobre su aplicación y posibilidad de administración por parte de los socorredores antes de hacer uso de él. La consulta formal sobre las limitaciones que puedan tener los socorredores para ello es imperativa.

Otros equipos médicos

A los socorredores de salvamento minero se les puede solicitar la entrega de "kits de amputación" a los médicos durante las emergencias subterráneas. Estos se incluyen en el vehículo con el resto del equipo de emergencia. Los equipos de primeros auxilios y los kits de trauma son también parte del equipo habitual y se detallan en el capítulo 4.

Si bien puede no contarse con el concurso de profesionales médicos que participen en las acciones de salvamento minero, muchos médicos pueden estar interesados en entrenarse en el uso de los equipos de respiración y participar incluso como voluntarios en las acciones de salvamento. El establecimiento de programas de vinculación de voluntarios es una opción que debe siempre considerarse.

3.4.3 Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar el riesgo por deficiencia de oxígeno y acumulación de gases en la atención de emergencias mineras.

Una atmósfera irrespirable puede contener gases nocivos en una concentración tal que hagan que la atmósfera sea tóxica o pueda no tener suficiente oxígeno para mantener la vida o una combinación de ambas.

Las situaciones que pueden dar como resultado una atmósfera de este tipo y que obligan a las personas a utilizar un equipo de respiración pueden tener lugar en las minas de varias formas:

- Los incendios pueden generar monóxido de carbono y otros gases que producen una atmósfera tóxica pero que todavía contiene suficiente oxígeno para mantener la vida.
- Las explosiones de gas y/o de polvo de carbón pueden producir una atmósfera tóxica con un

contenido muy bajo de oxígeno que no puede mantener la vida.

- Los estallidos repentinos y otras erupciones de gas pueden producir atmósferas con un contenido de oxígeno demasiado bajo para mantener la vida.
- Es posible que partes de la mina se sellen para evitar la propagación del peligro.
- Los deslizamientos de tierra y otras perturbaciones pueden interrumpir el flujo de aire de tal forma que la atmósfera puede deteriorarse hasta el punto de poner en peligro la vida.
- Tener que volver a entrar y abrir partes de la mina que se hayan sellado anteriormente.

La función principal de un equipo de respiración es permitirle al usuario operar en una atmósfera irrespirable.

Respiración humana

Con el fin de comprender la necesidad de usar un equipo de respiración, debemos revisar la constitución de la atmósfera junto con el proceso respiratorio humano

El aire normal contiene tres gases principales:

nitrógeno	-	79,04%
oxígeno	-	20,93%
dióxido de carbono	-	0,03%

También hay un número de otros gases en cantidades muy pequeñas que son totalmente inertes (no reaccionan) y se incluyen dentro del contenido de nitrógeno.

Cuando el aire es inhalado hacia los pulmones, parte del oxígeno es extraído y absorbido por el torrente sanguíneo para su circulación en todo el cuerpo. Al mismo tiempo, el dióxido de carbono es expulsado por la sangre en el aire que se exhala. La cantidad de vapor de agua también aumenta.

Normalmente, la sangre mantiene aproximadamente un quinto del contenido de oxígeno, mientras que libera una cantidad similar de dióxido de carbono.

En la práctica, el nivel de esfuerzo afecta el consumo de oxígeno requerido por el cuerpo y esta es la razón por la que el ejercicio y el esfuerzo causan un aumento de nuestra frecuencia respiratoria (al inhalar más oxígeno) y nuestra frecuencia cardíaca (al hacer circular más sangre con oxígeno por todo el cuerpo).

El análisis del aire exhalado por una persona que está trabajando a un ritmo moderadamente alto es el siguiente:

nitrógeno	-	79,7%
oxígeno	-	16,7%
dióxido de carbono	-	3,6%

Si tenemos en cuenta que el propósito principal de un equipo de respiración es el que se definió anteriormente, necesitamos de alguna manera asegurar que el aire "normal" esté disponible para el usuario y que el aire "exhalado" o empobrecido se elimine. Por lo tanto, un equipo de respiración debe:

- suministrar aire fresco que contenga suficiente oxígeno desde una unidad autónoma que porte el usuario para asegurar la independencia completa de la atmósfera circundante, o
- utilizar una línea de aire para permitirle al usuario respirar aire respirable suministrado desde una base de aire fresco – cilindros o un suministro de aire comprimido estático, o
- tener la capacidad de extraer los gases nocivos de la atmósfera y utilizar el oxígeno contenido en la atmósfera.

Tipos de protección respiratoria

Teniendo en cuenta estos requisitos junto con las situaciones que se pueden generar en una mina y que tengan como resultado la necesidad de utilizar un equipo de respiración, podemos identificar la necesidad de utilizar tres tipos diferentes de dispositivos de respiración:

- equipos de respiración autónomos
- equipos de respiración por línea de aire
- equipos de auto-rescate



3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

Cada uno de estos tipos de equipos de respiración tiene su propio uso específico que será tratado en las partes posteriores de esta sección.

Consideremos nuevamente los gases constituyentes del aire normal y del aire exhalado. El concepto más simple para el equipo de respiración autónomo es que debe suministrar aire normal al usuario que será luego exhalado a la atmósfera. La historia del desarrollo de los equipos de respiración ha seguido esta línea.

Analicemos de nuevo los componentes del aire normal y el aire exhalado. Si pudiéramos eliminar el exceso de dióxido de carbono y el vapor de agua de los gases exhalados y añadirle un poco de oxígeno puro, tendríamos la posibilidad de poner aire normal a disposición del usuario y de aislarlo completamente de la atmósfera circundante.

Ahora estamos en condiciones de subdividir los equipos de respiración autónomos en dos tipos:

- circuito abierto
- circuito cerrado

Ambos se describirán con más detalle más adelante.

Las características limitantes de los equipos de respiración autónomos de circuito cerrado tienen que ver con su capacidad para eliminar el dióxido de carbono y vapor de agua, junto con su capacidad para suministrar oxígeno puro al aire recirculado. Se han desarrollado dos tipos definidos, cada uno para un propósito específico:

- equipos con duración de cuatro horas – para uso por parte de personal de rescate capacitado, y
- equipos de corta duración – para uso durante el escape del personal no capacitado.

Como se dijo anteriormente, se describirán los diversos tipos de equipo de respiración con mayor detalle más adelante.

OXÍGENO COMPRIMIDO

El oxígeno comprimido es utilizado por equipos de salvamento minero en lugar de aire comprimido en sus equipos de respiración y de reanimación. Es importante que quien maneje este oxígeno entienda las precauciones que deben tomarse al utilizar balas de oxígeno comprimido y la forma de medir y registrar la presión de los cilindros.

Los productores de gases en bala toman el oxígeno de la atmósfera. Se limpia, se comprime, se licúa y purifica y luego suministra a los usuarios (Salvamento Minero) en dos formas:

- Oxígeno comercial
- Oxígeno medicinal

El oxígeno que se utiliza para recargar los equipos de respiración y reanimación debe tener al menos un 98% de pureza y cumplir con las disposiciones vigentes aplicables al oxígeno medicinal.

Precauciones al utilizar oxígeno comprimido

Los materiales que se queman en el aire se encienden con mayor facilidad y arden con gran intensidad en una atmósfera rica en oxígeno. Por lo tanto, es necesario adoptar las siguientes precauciones y notificárselas a todas las personas que utilizan oxígeno comprimido.

- Ningún tipo de aceite, grasa o suciedad debe entrar en contacto con los equipos de respiración que usen oxígeno o equipos para la recarga de cilindros o botellas.
- Los cilindros de oxígeno medicinal se pintan conforme con las normas NTC 1671 y NTC 1672.
- La pureza de oxígeno medicinal no debe ser inferior al 98%.
- Se deben utilizar llaves del tamaño adecuado para operar las válvulas del cilindro en los equipos de recarga.
- Los cilindros no deben ser utilizados de forma violenta y se debe tener cuidado para evitar daños durante el transporte, carga o descarga.
- Los cilindros de almacenamiento no deben ser expuestos a altas temperaturas, se deben

mantener libres de fuentes de contaminación y se deben proteger de la oxidación y la corrosión.

- Las válvulas del cilindro se deben abrir lentamente para evitar una carga de choque repentina en las mangueras, reguladores, etc.
- Se deben cerrar las válvulas lo suficiente para impedir el paso del gas, sin usar fuerza excesiva.
- Nunca se debe usar oxígeno comprimido para un fin distinto para el que se suministra.
- El servicio y mantenimiento de equipos de respiración debe llevarse a cabo en un ambiente que esté libre de aceites, grasas o suciedad y en una zona con un aviso de PROHIBIDO FUMAR.
- Las herramientas utilizadas para el servicio y mantenimiento de equipos de respiración no se deben usar para ningún otro fin.
- El equipo de recarga de cilindros de oxígeno está equipado con válvulas de descarga con límites fijados con anterioridad para evitar el exceso de carga.

Además de las “precauciones que deben adoptarse cuando se utiliza oxígeno comprimido”, el almacenamiento de cilindros juega un papel importante en la seguridad: las recomendaciones en relación con el “almacenamiento de cilindros” son las siguientes:

- Los cilindros de gas se deben almacenar en un lugar seco y seguro en una superficie plana y al aire libre. Si esto no es razonablemente posible, se deben almacenar en un edificio con ventilación adecuada o en parte de un edificio reservado específicamente para este propósito.
- Los cilindros de gas que contienen gases inflamables no deben almacenarse en partes de un edificio utilizadas para otros fines.
- Se deben proteger los cilindros de gas de fuentes de calor externas que puedan perjudicar su integridad mecánica.
- Los cilindros de gas deben ser almacenados lejos de fuentes de ignición y otros materiales inflamables.

- Se debe evitar el almacenamiento de cilindros de gas de forma que estén en contacto con agua.
- Se debe verificar que la válvula en los cilindros vacíos se mantenga cerrada para evitar el ingreso de contaminantes.
- Los cilindros de gas se deben almacenar de forma segura cuando no estén en uso. Deben estar asegurados correctamente, a menos que estén diseñados para almacenarse sin apoyos.
- Los cilindros de gas deben estar claramente marcados con lo que contienen y los riesgos asociados a sus contenidos.
- Se deben almacenar los cilindros de forma que no sean vulnerables a los peligros causados por impacto, por ejemplo, de vehículos tales como elevadores de carga.

Equipos de respiración autónoma de circuito cerrado

Los servicios de salvamento minero en todo el mundo, incluyendo en Colombia, están dotados de equipos de respiración autónomos de circuito cerrado – diseñados para períodos extendidos de trabajo de hasta una duración máxima de 4 horas. Este diseño le permite al usuario operar a un nivel satisfactorio en una atmósfera irrespirable si la atmósfera es tóxica o carente de oxígeno, o ambos. El usuario es completamente independiente de la atmósfera que lo rodea, y debido a las capacidades de los componentes del equipo, puede operar durante períodos de trabajo prolongados de hasta dos horas con garantías considerables en términos de duración.

Los equipos de respiración autónomos de circuito cerrado normalmente se pueden usar en las siguientes situaciones:

- En los conductos de ventilación de retorno en una situación de incendio subterráneo cuando los conductos de ventilación puedan verse afectados por los productos de la combustión.
- En cualquier situación en donde se haya producido una explosión de polvo de carbón o de gas en esa parte de la mina.
- Si algunas partes de una mina se han aislado debido a un incendio o explosión.

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

- En caso de una explosión de gas.
- En cualquier situación en la que la interrupción de la ventilación pueda causar la filtración de gases de antiguas explotaciones o simplemente reducir el flujo de aire.
- Cuando se esté considerado reabrir o examinar las partes aisladas de una mina.

Figura 3.4 – 40 Equipo de protección respiratoria Fleuss



Fuente: History of diving museum

El primer modelo práctico de un equipo de respiración utilizado para el trabajo de rescate minero en el Reino Unido fue probablemente el equipo diseñado por Henry Fleuss y que se utilizó en las minas de carbón de Seaham y Killingholme (minas de carbón en el Reino Unido) en 1881 y 1882.

Este fue un período de la historia en el que estaban ocurriendo muchas explosiones subterráneas tanto en el Reino Unido como en Europa continental, y, como consecuencia, se estaba llevando a cabo un trabajo de desarrollo importante. El Sr. WE Garforth realizó pruebas con una gama de equipos en Altofts y concluyó que no se debían realizar pruebas adicionales hasta que estuviera disponible "un equipo menos imperfecto". Más adelante diseñó su propio equipo – el Weg.

Una gran explosión en Bélgica, que tuvo como resultado la pérdida de 1.100 vidas, redirigió el enfoque hacia un equipo de respiración de diseño alemán y en ese mismo año (1906), una Comisión Real recomendó la realización de pruebas con varios diseños. La Comisión no concluyó que alguno de los equipos fuera mejor que los otros, pero sí recomendó

realizar la formación y la práctica en el uso de equipos de respiración en las estaciones centrales de rescate.

Uno de los miembros de la Comisión, el Dr. J S Haldane, fue designado director de un laboratorio establecido por los propietarios de las minas de carbón de Doncaster en 1914 y se le pidió examinar y elaborar un informe sobre un equipo de respiración autónomo. El Dr. J S Haldane concluyó que el equipo Proto era probablemente el mejor disponible. El Comité de Investigación (Haldane era un miembro) se sumó a este punto de vista diciendo que el Proto (oxígeno comprimido) y el Aerophor (aire líquido) eran sus recomendaciones.

En 1916 ya había 44 estaciones de rescate en el Reino Unido y utilizaban los siguientes equipos:

	<u>Número</u>
Proto (Fleuss)	913
Drager	220
Meco/Westphalia	455
Weg	132
Aerophor	96

Las pruebas de todos los equipos de respiración para uso subterráneo fueron instituidas en 1920 en la Estación de Rescate de Doncaster bajo la dirección del Dr. Haldane.

Figura 3.4 – 41 Equipo de protección respiratoria Proto



Fuente: British Museum of War

A partir de este momento, el Proto y el Aerophor se convirtieron en los equipos de mayor uso en todas las estaciones del Reino Unido. A finales de 1960, el Aerolox, que utiliza oxígeno líquido, sustituyó al

Aerophor, y de ahí en adelante, la mayoría de estaciones de rescate tenían ambos tipos de equipo.

El Proto sufrió varias modificaciones a través de los años y particularmente desde la década de 1930. En 1980 se adoptó la normalización de la versión Mark IV a nivel nacional para garantizar formación, procedimientos y mantenimiento estándar en todo el Reino Unido. El trabajo de diseño y desarrollo para todo tipo de equipos de respiración siempre había sido llevado a cabo por diseñadores y fabricantes en consulta con los usuarios, pero hasta 1974 no existían directrices reconocibles con parámetros de desempeño claros. Las normas introducidas en ese momento definían, entre otras cosas:

- Resistencia a la respiración
- Contenido de dióxido de carbono del aire inhalado
- Temperatura del aire inhalado
- Regulador de oxígeno y las características del caudal de derivación
- Duración del uso del equipo
- Peso

En su concepto, este diseño de equipo de respiración es igual a todos los demás tipos en lo que respecta a la necesidad de:

- Retirar el dióxido de carbono no deseado de aire exhalado
- Enfriar el aire purificado
- Proporcionar un suministro de oxígeno para regenerar el aire inhalado

En Alemania se produjo el desarrollo paralelo de un tipo de equipo similar por parte de Drager y AUER (MSA) a partir de la década de 1950, lo cual tuvo como resultado el modelo de producción actual, el Drager BG4.

Equipo de respiración de circuito cerrado y oxígeno comprimido Drager

El equipo de respiración de circuito cerrado Drager BG4, fabricado en Alemania, se convirtió en el equipo de respiración estándar utilizado por la mayoría de los

equipos de Salvamento Minero en todo el mundo y es el que usa actualmente el Servicio de Salvamento Minero en Colombia.

Se trata de un equipo de respiración autónomo de circuito cerrado con un diseño que ha sido definido de la siguiente manera:

Figura 3.4 – 42 Equipo de protección respiratoria Drager BG4



Fuente: Drager

Equipo de respiración autónomo de circuito cerrado del tipo de oxígeno u oxígeno-nitrógeno comprimido, diseñado y construido de manera que los gases de la respiración exhalados son conducidos desde la máscara a un circuito que contiene un cartucho de absorción de dióxido de carbono y una bolsa de respiración, donde está disponible para volver a respirar.

El cartucho de absorción de dióxido de carbono contiene sustancias químicas que absorben el dióxido de carbono exhalado. El oxígeno u oxígeno-nitrógeno es introducido en el equipo en un punto adecuado por medio de un flujo inyectado constante o por un flujo regulado por pulmón o por una combinación adecuada de ambos. El flujo de gas puede ser del tipo péndulo o bucle y el exceso de gas se expulsa a través de una válvula de alivio.

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

El equipo BG4 es del tipo de oxígeno comprimido. El cilindro se recarga con oxígeno con una pureza de al menos 98%. El flujo de gas que fluye a través del equipo es del tipo bucle (dos tubos: inhalación y exhalación). El gas exhalado contiene dióxido de carbono que pasa a través del absorbente de dióxido de carbono (depósito absorbente) en el que se absorbe el dióxido de carbono. La mayor parte de este gas vuelve a circular a través del equipo después de ser enfriado por un bloque de hielo y se complementa con oxígeno fresco que se entrega a un flujo constante desde la botella de oxígeno. El exceso de gas es expulsado del equipo a la atmósfera a través de una válvula de alivio.

En pocas palabras, el aire respirable suministrado en un equipo de regeneración de este tipo se recicla y recircula, extendiendo así el tiempo de uso. Una descripción detallada del Drager BG4 se proporciona en el capítulo 4 de este documento.

Equipo de respiración autónomo de circuito abierto

Los principales componentes equipo de respiración de circuito abierto son los siguientes:

- un cilindro o cilindros que contienen aire respirable a presión (aire comprimido).
- un sistema de respiración que incorpora medios para reducir la presión del aire del cilindro y para suministrarle aire al usuario a demanda de acuerdo con sus necesidades.
- una máscara.
- un arnés para llevar los componentes anteriores sin causarle molestias evitables al usuario.

Cilindros

Los cilindros de aire deben cumplir con las normas nacionales correspondientes y estar aprobados con respecto a su presión de llenado. Pueden ser cilindros de aluminio recubiertos de acero, de compuestos de fibra o de fibra de carbono. El tipo y número de cilindros utilizados y, por lo tanto, la duración del equipo, se limitan normalmente gracias al requisito que limita el peso de los equipos a un peso estándar máximo (normalmente 18 kg) cuando están cargados y listo para usar.

Figura 3.4 – 43 Equipo de protección respiratoria de circuito abierto



Fuente: Sabre Safety Ltd

Manómetros

El equipo debe estar equipado con un manómetro fiable, calibrado en Bar para indicar la cantidad de aire en el(los) cilindro(s) en un momento dado, y por lo tanto la duración restante del conjunto. El manómetro debe colocarse donde pueda ser leído por el usuario y debe incorporar un medio para indicar un período de advertencia adecuada, por ejemplo, una zona roja en la parte inferior de la escala. Los equipos suministrados por varios fabricantes vienen dotados de manómetros electrónicos digitales e incluyen elementos de visualización para el tiempo restante y otra información útil. Conforme a los estándares para este tipo de equipo, se requieren manómetros con puntero para incorporar un alivio de escape adecuado de modo que, en el caso de una liberación rápida de la presión desde el interior del medidor, la descarga tenga lugar en dirección contraria a la del manómetro. El manómetro debe tener también una ventana de material resistente a las explosiones. Se debe incorporar algún método para restringir el flujo de aire desde el sistema de medición en caso de daños en el manómetro o en la manguera. La mayoría de las normas restringen la cantidad de pérdida de aire a un máximo de 25 L/min a 200 bar.

Dispositivo de alerta de baja presión en el cilindro

El equipo debe tener un dispositivo de alarma adecuado que funciona cuando la presión del cilindro

desciende hasta un nivel predeterminado. El dispositivo puede ser acústico (silbato, etc.) o visual (luces intermitentes, pantalla de visualización, etc.). Este dispositivo se debe activar a 55 Bar (más o menos 5) o cuando queden menos de 200 litros de aire. Si el dispositivo de alarma es acústico, la pérdida de aire en la operación debe ser inferior a un promedio de 5L/ min a una presión de 10Bar o no exceder los 85 L.

Válvulas reductoras y de demanda

La presión del aire desde el(los) cilindro(s) se puede reducir por parte del usuario por uno de dos métodos:

- a) reducción de 2 etapas, que consiste en una primera etapa mediante la cual el aire de alta presión se reduce a entre 6 y 10 Bar gracias a una válvula reductora y una segunda etapa en la que se reduce aún más conforme a los requisitos de respiración por una válvula de demanda incorporada en la máscara; o
- b) reducción de una sola etapa, en la que la presión del cilindro se suministra a la válvula de demanda, en donde la presión se reduce conforme a los requisitos de respiración.

Máscara

Las máscaras pueden variar ligeramente de un fabricante a otro, pero todas tienen viseras de visión completa y están equipadas con válvulas de exhalación y diafragma de voz. Los tipos de máscara anteriores solían tener un colchón neumático alrededor de la parte interior del contorno de la máscara, pero actualmente se prefiere usar un sello invertido. El barrido de la visera con aire procedente del suministro de entrada impide que la máscara se empañe. Este sistema sólo es posible mediante el uso de una máscara interior que recibe el aire de entrada de la máscara a través de un sistema de válvulas de inhalación y dirige el aire exhalado a través de la válvula de exhalación y fuera a la atmósfera. La máscara interior también reduce el espacio muerto y limita la acumulación de dióxido de carbono en la máscara.

Equipo de respiración por presión positiva y negativa

Los equipos de respiración pueden ser por:

- a) Presión negativa - en el que la presión en la cavidad de la máscara es negativa (es decir, inferior a la del ambiente) durante la inhalación, o
- b) Presión positiva - en el que la presión en la cavidad de la máscara permanece ligeramente positiva durante todo el ciclo de respiración para evitar la entrada de gases tóxicos desde la atmósfera circundante.

La mayoría de los equipos de uso común serán del tipo de presión positiva. El método por el cual esto se logra difiere entre los fabricantes, pero todos están diseñados para que el grado de presión positiva se mantenga relativamente bajo para evitar una tensión fisiológica excesiva para el usuario. Las válvulas también deben tener buenas características de flujo con el fin de minimizar la tensión en el sistema respiratorio del usuario. En general, la resistencia a la respiración aumenta con el aumento del flujo. Por lo tanto, el diseño de la válvula, mientras que no exceda el límite deseado de presión positiva, implica que, a velocidades de flujo muy altas, el grado de presión positiva disminuye. Esto, en efecto, significa que bajo grandes cargas de trabajo y un aumento en el consumo de aire, un tipo de presión positiva puede convertirse en presión negativa en inhalaciones pico. Los equipos sin presión positiva deben estar provistos de un medio de accionamiento manual para suministrar aire a una velocidad de flujo de al menos 60 L/min a todas las presiones de los cilindros por encima de 50Bar. Los equipos de presión positiva pueden tener también un suministro complementario.

Al considerar el uso de un equipo de respiración de circuito abierto en rescates mineros, se debe tener en cuenta que existen ventajas con respecto a un equipo de respiración de circuito cerrado, pero también algunas desventajas específicas.

Ventajas

- Relativamente ligero
- Fácil mantenimiento
- La temperatura del aire inhalado es fresca
- Buena visibilidad - sin empañamiento de la visera
- Se puede volver a utilizar rápidamente
- Aviso acústico cuando hay bajos niveles de aire



3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

- Económico - equipo no especializado
- Gran número de proveedores

Desventajas

- Corta duración en comparación con circuito cerrado
- Procedimiento de atrapado no es posible*
- Duración variable debido a la instalación de demanda
- Algunas partes no pueden ser reparadas por el usuario
- El procedimiento de atrapado es posible con el BG4 por ser un equipo de oxígeno y disponer de una bolsa de respiración en la que usuario exhala. Si el socorridor queda atrapado en una atmósfera irrespirable, por ejemplo, detrás de un derrumbe de techo, puede asumir una posición cómoda, mantener consigo todo el equipo que lleva, dejar que el BG4 llene completamente de oxígeno la bolsa de respiración hasta que la válvula de alivio esté a punto de abrirse, cerrar el suministro de oxígeno y seguir respirando normalmente hasta que se desocupe la bolsa, procediendo entonces a llenarla nuevamente de oxígeno. Si realiza este procedimiento, el socorridor deberá permanecer en completa quietud esperando ser rescatado; según sea el nivel de presión al momento de iniciar el procedimiento, es posible obtener aire respirable del BG4 hasta por 10 horas. Esto no es posible con equipos de aire comprimido al no disponer de una bolsa de respiración.

Hay casos en los que usar equipos de respiración autónomos de circuito abierto y aire comprimido durante las operaciones de salvamento minero proporciona ventajas significativas a los socorridores.

Estos equipos pueden ser utilizados cuando el calor y la humedad limitan el tiempo de trabajo de tal manera para los equipos de circuito cerrado que el uso de circuito abierto significaría que el usuario tendría el beneficio añadido de aire de inhalación fresco y menos peso (tabiques de aislamiento cercanos a una base de aire fresco, toma de muestras de aire, etc.).

El trabajo de salvamento minero en general necesita equipos de respiración de larga duración (2 horas).

Esto permite a los cuadrilleros operar lejos de la base de aire fresco. La capacidad de hacer esto es vital para las operaciones de salvamento minero en todo el mundo. Tradicionalmente se utilizaban para estas labores equipos de respiración de oxígeno en circuito cerrado, que le permite al usuario respirar oxígeno reciclado, consiguiendo de esta manera la duración de 2 horas requerida con un factor de seguridad significativa.

Los sistemas de aire comprimido se basan únicamente en la cantidad de aire que se puede llevar en el(los) cilindro(s) y en la actualidad no proporcionan la larga duración requerida en la mayoría de las operaciones de rescate. Las duraciones dadas por los fabricantes de conjuntos de aire comprimido son “nominales” y se calculan (dentro de Europa, por ejemplo) con base en los requisitos de la norma EN 137 (40 L/min a 20 bares de presión en el cilindro). El sistema de respiración a demanda utilizado en sistemas de aire comprimido le permite al usuario recibir tanto aire como sea necesario y se entrega en la máscara directamente desde el cilindro tras regular la presión. Al permitir el suministro de aire a demanda, la duración del equipo puede variar dependiendo de la tasa de consumo de aire del usuario. Cuando se trabaja duro, la duración puede ser considerablemente menor a la indicada para el equipo. Como esta es la situación actual y es poco probable que los equipos adecuados para todas las operaciones de rescate pueden ser del tipo de aire comprimido, el uso de este equipo puede ser apropiado para algunas situaciones que no requieran largos periodos de tiempo.

El mayor beneficio de este tipo de equipos es la baja temperatura de aire inhalado, generada por el efecto de la expansión adiabática, que enfría el aire a la salida del cilindro. En condiciones de calor y humedad, esto tiene beneficios positivos para el usuario.

Es posible utilizar este aire frío cuando se trabaja cerca de la base de aire fresco, al construir tabiques o barreras de aislamiento utilizando una línea de aire o un equipo de respiración de aire comprimido. Otra ventaja sobre los equipos de circuito cerrado es el sistema para evitar el empañamiento que se utiliza en equipos de circuito abierto. Los visores de las

máscaras en conjuntos de circuito abierto no tienden a empañarse y oscurecer la visión. Los equipos de circuito abierto son, en general, más livianos que los de circuito cerrado que se utilizan actualmente y, con el uso de cilindros de fibra de carbono, se pueden lograr importantes reducciones en su peso.

Todos los equipos de circuito abierto fabricados conforme a la norma EN 137 están libres de materiales que puedan producir chispas incendiarias y por lo tanto son seguros para usar en entornos subterráneos

Los equipos de respiración de circuito abierto tienen un papel que cumplir en las minas, incluso con una capacidad limitada, ya que se pueden reducir en algunos casos los efectos del calor y la humedad y los problemas inherentes asociados con el uso de equipos de circuito cerrado.

En la actualidad, en muchos países, los equipos de respiración de circuito abierto son complementarios de los de circuito cerrado y no un reemplazo de los mismos. En Australia, ahora son una parte aceptada del procedimiento de evacuación de emergencia en muchas minas. Con el fin de alcanzar la duración necesaria, se han diseñado conjuntos de dos cilindros y conjuntos de válvula y regulador que permiten la recarga haciendo uso de los sistemas subterráneos de almacenamiento de botellas en cascada.

Equipo de aire en línea

Los equipos de aire en línea están diseñados para su uso cuando se requiere una duración prolongada. En su forma estándar se componen básicamente de una máscara, una válvula de demanda y una manguera que recibe aire comprimido de los cilindros situados fuera de la zona de riesgo. Los sistemas actuales pueden soportar fácilmente uno o dos usuarios. Los cilindros o un suministro de aire comprimido estático le suministran aire a la línea de aire.

El método de funcionamiento es similar al de un equipo de respiración de circuito abierto en el que la alta presión del aire de los cilindros se reduce a una presión respirable en la línea de aire por parte del reductor incorporado en el sistema de distribución del aire a las mangueras ubicado a la salida de las botellas o del compresor estático. Los manómetros se

instalan en los puntos adecuados en los equipos de línea de aire y el suministro de alta presión al reductor debe incorporar un dispositivo de alarma acústico en el cilindro. Este dispositivo debe comenzar a sonar a una presión de cilindro que sea suficiente para darle al usuario una duración restante de mínimo de 3 minutos, cuando solo uno de los cilindros está proporcionando el suministro y debe seguir funcionando hasta que se reponga el suministro de aire con la conexión de otro cilindro. En el caso de cilindros portátiles de aire comprimido, deben existir estaciones de recambio para garantizar el rápido recambio de cilindros vacíos por cilindros completos para proteger al usuario.

Figura 3.4 – 44 Equipo de suministro de aire en línea



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

La manguera de la línea de aire no debe superar los 90 metros de longitud. En los casos en los que se pretenda que dos usuarios utilicen una sola línea de aire, la línea de aire debe terminar en un conector "Y". Este conector puede estar unido al arnés de uno de los portadores. La salida de aire de la manguera o mangueras en el extremo del usuario, debe incluir una válvula que impida el retorno del aire para permitir que el usuario en caso de emergencia o antes de desconectarse de la alimentación de la manguera, abra la válvula del cilindro de su alimentación de reserva (conjunto de escape o equipo de respiración completo).

Las máscaras en los equipos de respiración con línea de aire son normalmente del mismo tipo que los utilizados en los equipos de respiración de circuito

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

abierto y preferiblemente deben ser del diseño de presión positiva. Se debe contar con una fuente de reserva al utilizar una línea de aire, conformada por auto-rescatador o un equipo de respiración que lleve el usuario para las operaciones en aire irrespirable. La configuración de esta disposición puede variar de un fabricante a otro.

Cuando se consideran las líneas de aire comprimido para operaciones de rescate, se deben tener en cuenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- Ligeras – incluso con un suministro complementario
- Suministran aire frío al usuario
- Son posibles las acciones prolongadas
- Suministro de aire controlado a partir de aire fresco – recambios rápidos y seguros

Desventajas

- Movilidad reducida
- Riesgo de daños y restricciones en las mangueras

La principal aplicación de un sistema de línea de aire sería la construcción de tabiques de aislamiento cerca a la base de aire fresco. Los miembros del equipo pueden trabajar en parejas con una línea de aire y tienen el beneficio de inhalar aire frío y disponer de equipos de bajo peso.

Además de los equipos aquí descritos, equipos adicionales para atender las emergencias causadas por acumulaciones de gases y deficiencia de oxígeno se encuentran en el capítulo 4 de este documento.

3.4.4. Equipos utilizados en la atención de emergencias mineras causadas por deficiencia de oxígeno y atmósferas irrespirables

Tener en cuenta que las especificaciones detalladas, instrucciones de funcionamiento, mantenimiento preventivo y los accesorios de los equipos se incluyen en el Capítulo 4 de este documento.

Se inserta a continuación la matriz de los Requerimientos Mínimos de Equipos para el Servicio

Nacional de Salvamento Minero con los equipos mínimos recomendados y opcionales para atender las emergencias causadas por atmósferas contaminadas.

Al final de la tabla se encuentra el significado de los símbolos empleados en ella. (Matriz de Equipos)

Matriz de Equipos Mínimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Atmósferas Irrespirables Cap 2.4
Proteccion Respiratoria			
1	Aparato de Respiración de presión positiva de autocontenido regenerativo		✓
2	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos		✓
3	Autorescatador Tipo Savox		✓
4	Autorescatador de Oxígeno Químico 90 Minutos		✓
5	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos SSR 30		✓
Monitoreo Ambiental			
6	Monitor Multigas de 6 gases		✓
7	Retractor para Monitor Multigas		✓
8	Anemómetro		✓
9	Anemómetro y termómetro		✓
10	Higrómetro giratorio y tabla		✓
11	Bombas y Tubos de Muestreo		✓
12	Bomba y fuelle y Tubos detectores		✓
Incendios y Explosiones			
13	Tuberías		0
14	Mangueras contra incendios		0
15	Acoples y accesorios para manguera		0
16	Tubos bifurcados		0
17	Boquillas		0
18	Recámaras de división		0
19	Adaptador de espuma		0
20	Pica contra incendios		0
21	Extintor de Incendios		✓
22	Baldes para Incendios		0
23	Hidrantes contra incendios		0

24	Hidrantes Mineros	0
25	Maquina de Colocamiento	0
26	Cámara de Imagen Térmica	0
Corte y Expansion		
27	Expansor Hidraulico	0
28	Cortador	0
29	Herramiento de Combinacion	0
30	Cilindro hidraulico	0
31	Bomba hidraulica de mano	0
32	Manqueras hidraulicas	0
33	Acoples hidraulicos	0
34	Cadena	0
Bolsas de Aire		
35	Cojin neumático (elevador)	0
Caída de Alturas		
36	Dispositivos de control de descenso automático y manual	0
37	Trípode tipo Airshore	0
38	Descensores manuales	0
39	Cabos o cuerdas de anclaje	0
40	Eslinga de Sujecion	0
41	Absorbedor de energía	0
42	Eslinga con absorbedor de energia	0
43	Línea de vida retracatil	0
44	Trípode	0
45	Winch o Tomo	0
46	Pescante Davit	0
47	Amés de Cuerpo Completo	0
48	Trípode flexible y adaptable con marco tipo A y sistema de soporte	0
49	Correas	0
Primeros Auxilios y Recuperacion		
50	Sistema de Rescate (Camilla Sked)	✓
51	Camilla de canasta	0
52	Camilla rígida	✓
53	Cobijas	✓

54	Collarín	✓
55	Cobijas de arrate	✓
56	Resucitador (Tipo Mars)	✓
57	Férulas	✓
58	Bolsas para cuerpos	0
Trauma Primeros Auxilios		
59	1x tarjeta guía	✓
60	Vendajes surtidos	✓
61	20 x vendajes triangulares	✓
62	3 x venda estéril para ojos	✓
63	2 x rollos pequeños de cinta autoadhesiva	✓
64	1 x Tijeras grandes	✓
65	2 x Tijeras pequeñas	✓
66	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
67	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
68	4 x Resusci aids	✓
69	2 x 500 ml enjuague ocular	✓
70	3 x vendajes superabsorbentes	✓
71	3 x vendajes para sangrado profuso	✓
72	20 x vendajes para heridas grandes	✓
73	6 x vendajes adaptables	✓
74	1 x pulsómetro	✓
75	1 x Torniquete (vendaje triangular alternativa)	✓
76	5 x gazas hemostáticas (coagulante)	✓
Primeros Auilios Personales		
77	1x tarjeta guía	✓
78	Vendajes surtidos	✓
79	6 x vendajes para heridas grandes	✓
80	2 x venda estéril para ojos	✓
81	6 x vendas triangulares	✓
82	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
83	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
84	4 x Resusci aids	✓
Caída de Rocas		
85	Puntales	0
86	Palancas de fricción	0
87	Palancas hidráulicas	0



3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

Herramientas Generales		
88	Caja de herramientas	✓
89	Cortador de pernos	✓
90	Llave de expansión	✓
91	Llave de tubos	✓
92	Segueta y hojas de segueta	✓
93	Martillos	✓
94	Formones	✓
95	Alicates	✓
96	Destornillador plano	✓
97	Destornillador de estrella	✓
98	Cortado/cuchillo stanley	✓
99	Maseta y picas de minero	✓
Proteccion Personal		
100	Protección ocular y anteojos de seguridad	✓
101	Cascos	✓
102	Relojes	✓
103	Tabla de calor y humedad	✓
104	Lámpara Minera	✓
105	Cuerda para línea de vida	✓
106	Botellas de agua	✓
107	Línea de vida personal	✓
108	Piezas livianas de madera	✓
109	Caja de tiza	✓
Comunicaciones		
110	Sistema de comunicación emergencias mineras	✓
Libros, turnos etc		
111	Libro de registro de la base de aire fresco	✓
112	Libro de registro del comandante de incidente	✓
113	Libro de registro de superficie	✓

114	Planillas de turnos de cuadrillas	✓
115	Planillas varias	✓
116	Hojas de tiempo	✓
117	Libreta de apuntes	✓
118	Rótulos	✓
119	Señalización para base de aire fresco	✓
Otro Equipo y Repuestos		
120	Electrobombas	O
121	Ventilador Axial	✓
122	Bomba de trasiego de oxígeno	✓
123	Testor 2100	✓
124	Test-it 6100	✓
125	Termómetro	✓
126	Gases para calibración de multidetectores	✓
127	Agua destilada	✓
128	Desinfectante para los equipos	✓
129	Secador	✓
130	Tablas, tubos y agua	✓
131	Baterías para los bodyguard	✓
132	Tabla para mapas, regla, plumas y lápices	✓
133	Tablas clip	✓
134	Registros médico y de entrenamiento socorredores	✓
135	Planillas de chequeo de BG4	✓

✓	Requerido
O	Opcional pero sugerido
A	Detalles proporcionados

Fuente: Elaboración propia

3.4.5 Referencias

Jones, B. Brenkley, D. Burrell, R.A. Bennett, S.C.
(1999)

Rescue and Emergency Support Services in
Underground Coal Mines
I.E.A. Coal Research

Mine Gases (1971)
National Coal Board Industrial Training UK

Mines Rescue Service Ltd (2016)
Tutorials - Air Sampling
Mine Gases
Environmental Monitoring

The Mines Regulations (2014)
Guidance on Regulations
Health & Safety Executive, UK. www.hse.gov.uk

Pickering, A.J. Tuck, M.A. (1996)
Heat: Sources, Evaluation, Determination of Heat
Stress
Mining Engineer, Vol. 79, pp 147-156

Prevention and Control of Fires at Collieries (1990)
British Coal Corporation Codes & Rules CR/4, UK.

Sealing-off Fires Underground (1985)
Institution of Mining Engineers

Tube Bundle Technique for the Continuous
Monitoring of Mine Air (1977)
National Coal Board. Scientific Control, UK.

Symposium on the Prevention of Spontaneous
Combustion (1970)
Institution of Mining Engineers

Ventilation in Coal Mines (1979)
National Coal Board. Mining Department, UK

Ventilation Systems, Equipment and Planning (1991)
British Coal Corporation Codes & Rules CR/5



Anexos y Apéndices

A continuación, se insertan los siguientes anexos y apéndices:

Anexo 1:

Evaluación del riesgo de atmósferas irrespirables en una mina. Se presenta el cuadro de evaluación con las indicaciones de los diferentes niveles de calificación y los factores que deben ser considerados.

Anexo 2

Gradiente geotérmico para diferentes cuencas colombianas determinado por el Servicio Geológico Colombiano en asocio con la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Apéndice 1: un ejemplo de códigos y normas relacionadas con la ventilación general de las minas en referencias a la planificación y los equipos. Su contenido es una guía apropiada para la fijación de las reglas de ventilación similares en cualquier mina del mundo

Apéndice 2: un ejemplo de códigos y normas sobre los procedimientos básicos de la ventilación auxiliar. Su validez técnica permite hacer uso de tales normas como reglas aplicables en cualquier mina que requiera instalar ventilación auxiliar.

Apéndice 3: un ejemplo de códigos y normas para la ventilación auxiliar. Su validez técnica las hace aplicables como reglamento en cualquier mina del mundo que requiera ventilación auxiliar.

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

Anexo 1

EVALUACIONES DE RIESGOS MAYOR RIESGO DE PELIGRO - ATMÓSFERA CON DEFICIENCIA DE OXÍGENO Y/O TÓXICA

		E = Empleados		C = Contratistas		P = Público		V = Visitantes		CS = Personal del Cliente			
Riesgo no.	Peligro	Efecto de peligro	Evaluación inicial				Riesgo Evaluado	Medidas de control de riesgos			Riesgo residual		
			A quiénes afectó y a cuántos	Gravedad	Probabilidad			Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado			
1	Atmósfera con deficiencia de oxígeno y/o tóxica	Muerte (múltiple)	Empleados contratistas	5	5	25	Controles Preventivos 1. Medidas preventivas de irrupción 2. Prevención de incendios y explosiones 3. Identificación y supervisión de planicies de fallas 4. Gestión de combustión espontánea – sellado de viejos trabajos, supervisión, control de exposición (CO y SO ₂) 5. Supervisión del ambiente (Oxígeno, CO, CO ₂ , H ₂ S, SO ₂ , NO ₂) 6. Monitores ambientales calibrados (oxígeno, CO, H ₂ S) con configuraciones de alarma 7. Uso de tubos de Tinción (H ₂ S, SO ₂ , NO ₂) 8. Control de explosión – conocimiento de planicies de fallas, perforación/drenaje de gas, supervisión de presión atmosférica, sellado de obras en desuso (deficiencia de origen). 9. Cantidad y velocidad de Ventilación suficientes (Planeación para todos los peligros) 10. Supervisión de ventilación (medición) 11. Control de aguas ácidas de mina (H ₂ S)	5	1	5			
Severidad			Probabilidad:			Riesgo evaluado:	Severidad		Revisión	Autor	Fecha	Firmado	
1 = Insignificante — no hay lesión para primeros auxilios, no hay tiempo perdido			1 = Muy improbable que ocurra			5 4 3 2 1	5	25 20 15 10 5	RA desarrollado/ revisado				
2 = Menor — lesiones menores de “Primeros auxilios” menos de 7 días de tiempo perdido			2 = Improbable que ocurra				4	20 16 12 8 4	Próxima revisión planeada				
3 = Tiempo Perdido— lesiones o enfermedad que ocasionen tiempo perdido de más de 7 días			3 = Probable que ocurra				3	15 12 9 6 3					
4 = Significativo — lesiones severas con tiempo perdido extremo			4 = Muy probable que ocurra				2	10 8 6 4 2					
5 = Fatal — fatalidad o interrupción significativa			5 = Casi seguro que ocurra				1	5 4 3 2 1	Cambios dinámicos (Notificar Rep. cliente sitios externos)				

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

Riesgo no.	Peligro	Efecto de peligro	Evaluación inicial				Medidas de control de riesgos	Riesgo residual			
			A quiénes afectó y a cuántos	Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado		Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado	
						25				5	
1. Cont.	Atmósfera con deficiencia de oxígeno y/o tóxica	Fallecimiento (múltiple)	Empleados contratistas	5	5	25	12. Mantenimiento de motor diésel (CO y NO ₂) 13. Supervisión de condiciones (motor diésel) 14. Listas de verificación para la persona competente que mantiene el motor diésel 15. Motor diésel – convertidores catalíticos instalados (CO) 16. Gestión segura de explosivos (dióxido de nitrógeno) 17. Capacitación de concienciación (todos los peligros) 18. Inspecciones de Mina – Supervisores de Mina (todos los peligros) 19. Auditorías de sistema de gestión (todos los peligros) Controles de Mitigación 20. Plan de escape y rescate 21. Mano de obra instruida en procedimientos de emergencia 22. Simulacros de seguridad 23. Preparación de sitios de tabique de sellamiento primarios y secundarios 24. Prestación de rescatador de oxígeno químico – (atmósfera con deficiencia de oxígeno) 25. Disposición de filtro de auto-rescate (CO) 26. Capacitación y recapacitación en el uso de auto-rescatadores 27. Provisión de instalación de Salvamento Minero	5	1	5	
Severidad			Probabilidad:			Riesgo evaluado:	Severidad	Revisión	Autor	Fecha	Firmado
1 = Insignificante — no hay lesión para primeros auxilios, no hay tiempo perdido			1 = Muy improbable que ocurra			Probabilidad 5 4 3 2	5	RA desarrollado/ revisado			
2 = Menor — lesiones menores de “Primeros auxilios” menos de 7 días de tiempo perdido			2 = Improbable que ocurra				4	Próxima revisión planeada			
							3				
							2				



3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

Riesgo no.	Peligro	Efecto de peligro	Evaluación inicial				Medidas de control de riesgos					Riesgo residual							
			A quiénes afectó y a cuántos	Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado						Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado					
3 = Tiempo Perdido— lesiones o enfermedad que ocasionen tiempo perdido de más de 7 días 4 = Significativo — lesiones severas con tiempo perdido extremo 5 = Fatal — fatalidad o interrupción significativa								1	5	4	3	2	1						
														Cambios dinámicos (Notificar Rep. cliente sitios externos)					

Aceptabilidad de los riesgos evaluados: 16-25 = Riesgo Intolerable (*fundamental tomar acción*) 9-15 = Riesgo Tolerable Riesgo con permiso de COO 1-8 Tolerable



Anexo 2

Gradiente Geotérmico de diferentes cuencas colombianas determinado por el Servicio Geológico Colombiano en asocio con la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Su estimación se ha realizado durante la perforación de pozos exploratorios para la extracción de petróleo.

Cuenca	No. de pozos	Gradiente Geotérmico (°C/km)		Profundidades (m)
		Mínimo	Máximo	
VMM	2.331	6,8	65,4	500 - 4.816
Llanos Orientales	600	8,2	84,2	515 - 6.273
VSM	484	11,2	75,6	516 - 4.090
Catatumbo	422	9,2	54,1	503 - 3.741
Caguán-Putumayo	195	5,0	64,6	530 - 3.702
VIM	137	9,5	31,4	750 - 4.403
Cordillera Oriental	112	12,9	53,4	568 - 5.843
Sinú - San Jacinto	54	14,4	60,5	518 - 3.967
Guajira Offshore	22	12,4	27,6	927 - 5.456
Guajira	17	15,2	24,3	1.212 - 2.961
Sinú Offshore	9	11,8	24,3	1.725 - 4.602
Área no prospectiva	8	16,2	139,6*	759 - 5.239
Cesar - Ranchería	6	22,7	43,7	565 - 3.371
Urabá	5	14,4	25,6	616 - 3.688
Chocó	4	14,0	18,2	1.982 - 4.734
Exterior	3	6,8	26,4	2.771 - 3.017
Cauca - Patía	2	13,9	25,0	1.532 - 3.091
Tumaco	2	15,1	18,4	2.374 - 4.355
Los Cayos	1	28,5		2.051
Tumaco Offshore	1	13,5		993

* Gradiente térmico máximo registrado en el país en el pozo geotérmico Nereidas - 1 perforado al occidente del Volcán Nevado del Ruiz.

La cuenca VMM corresponde al Valle del Magdalena Medio

3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.

3.4. Causadas por deficiencia de oxígeno y atmósferas irrespirables.

APÉNDICE 1

CÓDIGOS Y REGLAS

SISTEMAS DE VENTILACIÓN, EQUIPOS Y PLANEACIÓN



1 Alcances y Definiciones

Este código establece un estándar nacional de práctica y cumplimiento de la planeación y operación de los sistemas de ventilación subterráneos en las minas de carbón.

Las disposiciones de este código son para ampliar y no para sustituir la Ley de Minas y Canteras de 1954, o los reglamentos realizados en virtud del mismo, o la Ley de Salud y Seguridad en el Trabajo de 1974. Los requisitos detallados para la ventilación se proporcionan en los Reglamentos de Carbón y Otras Minas (Ventilación) de 1956.

Las palabras “deberá, debería y recomienda” se utilizan en este código para distinguir entre las instrucciones y las recomendaciones. La palabra *deberá* se utiliza para indicar un requisito obligatorio. *Recomienda* y *debería* indican una buena práctica que amerita ser seriamente considerada. La palabra *reglas* se refiere a las reglas de la organización, a diferencia de los reglamentos estatutarios.

Los requisitos que son de carácter obligatorio deberán adoptarse en todos los casos. Las recomendaciones también deberían adoptarse en todas las instalaciones nuevas, pero cuando se presenten modificaciones de la planta existente, de los equipos o de las prácticas, la administración debería hacer uso de su juicio para decidir si las ventajas justifican la implementación de una recomendación.

Definiciones

Las definiciones que figuran a continuación deberán ser utilizadas al aplicar los requisitos de este código.

Verificar

Comparar con una condición de operación estándar o normal predeterminada. Por ejemplo, verificar el nivel de aceite – con varilla o indicador de nivel, verificar la seguridad – sujetando los pernos.

Inspeccionar

Inspeccionar externamente, en su caso, mientras la máquina está funcionando normalmente o los equipos están funcionando, con el uso de los sentidos de la vista, el oído, el olfato y el tacto para verificar que la maquinaria o los equipos (que deberían haber sido limpiados anteriormente, según sea necesario para permitir la inspección) se encuentren en funcionamiento correcto en la medida en la que se pueda ser juzgar con los sentidos.

Examinar

Verificar mediante el examen visual y manual y mediante la medición y calibración del funcionamiento y de los componentes y superficies que la maquinaria o los equipos se encuentren en una condición segura y satisfactoria para hacer su trabajo. Quitar, desmantelar, limpiar y tomar las medidas necesarias para llevar a cabo el examen.

Probar

Llevar a cabo, de una manera segura, un procedimiento que incluya, en su caso, la operación de la maquinaria o los equipos, sin desensamblar ningún componente, según sea necesario para determinar que es probable que continúen operando.

Ventilador Venturi

Para efectos de este código, todos los tipos de eyectores o sopladores de aire, que no sean ventiladores, operados por aire comprimido y utilizados con fines de ventilación, serán conocidos como ventiladores venturi. Un eyector o soplador de aire venturi utilizado para el drenaje de metano o para mantener la presión en una cámara no deberá incluirse dentro de esta definición.

Vía

Una vía incluye cualquier galería, túnel de avance, túnel en mineral, en roca, a nivel o inclinado, cruzada o pozo deriva, socavación, tapa ciega o perforación de un pozo.

Temperatura de ignición

La temperatura a la que se encenderá el gas o vapor inflamable, o cualquier combinación de los mismos.

Riesgo de ignición por fricción

El riesgo de ignición por fricción es una combinación de suficiente gas o vapor inflamable que emana del mineral o de la roca que se está cortando con el potencial de una temperatura de ignición producida por el impacto de las herramientas de corte con ciertas rocas.

Deberes de las personas que llevan a cabo verificaciones, inspecciones o pruebas

La persona que realiza tales verificaciones, inspecciones, exámenes o pruebas y descubre que no se cumple el estándar o la condición, o que hay algún defecto, deberá tomar las medidas para remediarlo y, si no es capaz de hacerlo, deberá informarlo a su jefe inmediato.

2 Ventiladores principales y de refuerzo

2.1 Suministro de ventiladores principales y de refuerzo

- 2.1.1 Los sistemas de ventilación deberán estar diseñados para garantizar que todas las partes de la mina sean ventiladas adecuadamente para su operación segura. Esto podrá incluir la instalación de ventiladores subterráneos de refuerzo.
- 2.1.2 En caso de que cualquier ventilador o sistema de ventiladores no cumpla con los requisitos de 2.1.1 al ser operado por su cuenta, entonces el ventilador o el sistema de ventiladores debe ser capaz de garantizar como mínimo un estándar satisfactorio de ventilación a través de todas las principales vías de la mina. El estándar mínimo de ventilación debería ser tal que permita la evacuación segura de los hombres a un lugar seguro y, en caso de que sea aplicable, la operación de las bombas principales y de otros medios de seguridad o de protección.
- 2.1.3 Cada mina deberá tener al menos dos ventiladores en superficie, capaces de cumplir los requisitos de 2.1.2. Las minas que actualmente operan con un único ventilador principal o un sistema de ventiladores o un ventilador de espera inadecuado, están exentas de esta disposición hasta que se instalen nuevos ventiladores en la mina.

2.2 Reglas de ventiladores principales y de refuerzo

El administrador de la mina, después de consultas con el Ingeniero de Medio Ambiente y Ventilación adecuado, deberá preparar las Reglas de Ventiladores Principales y de Refuerzo que abarquen el sistema de ventilación. Las reglas deberán especificar: -

- (a) La identificación de la instalación de ventiladores a la cual se refieren las reglas y la ubicación de la oficina de control si el ventilador es monitoreado desde allí.
- (b) Los detalles de los equipos utilizados para el monitoreo de la instalación.
- (c) La frecuencia de los exámenes junto con los detalles de los exámenes que se realizarán.
- (d) El procedimiento de inspección de todas las partes y componentes de una instalación de ventiladores para su puesta en servicio, y para su inspección a intervalos específicos de ahí en adelante.
- (e) Las medidas que se tomarán y las disposiciones para informar y registrar cualquier evento o circunstancia inusual asociada con la operación del ventilador.
- (f) En el caso de un ventilador de refuerzo, las disposiciones para informar cualquier incremento significativo en el contenido de metano del aire que pasa a través del ventilador y las acciones que se tomarán en caso de una concentración de metano que alcance niveles predeterminados especificados por el administrador de la mina.
- (g) El procedimiento que se llevará a cabo incluyendo las disposiciones para reiniciar un ventilador cuando sea detenido para su inspección normal o mantenimiento o por cualquier otro motivo previamente planeado.

- (h) El procedimiento que se llevará a cabo, incluyendo las disposiciones de reinicio cuando un ventilador sea detenido, o cuando una unidad que forme parte de una instalación de refuerzo deje de funcionar como resultado de un daño, una falla en el suministro de energía o en una emergencia.
- (i) En el caso de una mina con más de una superficie y/o más de una instalación del ventilador de refuerzo, las precauciones especiales que deben tomarse en el caso de que sea una suspensión planeada o involuntaria de uno o más de los ventiladores de refuerzo y/o los ventiladores de superficie.
- (j) El procedimiento para notificar a la administración de cualquier mina interconectada que pueda estar afectada por una suspensión o alteración del funcionamiento de un ventilador.
- (k) Se deben tomar medidas para silenciar a las unidades en la medida de lo razonablemente posible.

Los procedimientos requeridos por los puntos (g) y (h) deberán incluir disposiciones de desgasificación y deberán conformarse con los principios generales requeridos por las Reglas de Ventilación Auxiliar (véase el parágrafo 3.1 de este código).

2.3 Detención de ventiladores

Una ventilador principal o un ventilador de refuerzo o cualquier unidad que forma parte de tal ventilador de refuerzo no deberá ser detenida para su inspección, mantenimiento o por cualquier otro motivo planeado, excepto si se cuenta con la autorización del administrador de la mina. El administrador de la mina deberá notificar previamente a los capataces o jefes de grupos de trabajadores de la mina que puedan verse afectados por la suspensión propuesta y de su duración probable.

Si un ventilador principal de superficie o uno de refuerzo se detiene inadvertidamente, entonces la persona a cargo de la mina deberá ser informada de esta situación. La persona a cargo de la mina deberá garantizar que se sigan las reglas y los reglamentos apropiados y que se tomen las medidas para la seguridad de los hombres bajo tierra. Al elaborarse tal procedimiento, se tendrá en cuenta el posible efecto de una detención sobre la circulación de aire por los ventiladores auxiliares asociados.

En caso que, como resultado de una completa falla del suministro de energía de entrada, el ventilador principal esté fuera de uso el tiempo suficiente para causar una acumulación de metano, el suministro eléctrico a los sectores interiores debería aislarse en la superficie y los procedimientos para la restauración de energía a los sectores subterráneos deberían ser de conformidad con el parágrafo 2.4 de este código.

2.4 Restauración de la ventilación

Todos los nuevos ventiladores de refuerzo deberán ser acomodados y reposicionados de tal manera que, al restaurarse la ventilación después de una detención del sistema, faciliten un suministro controlado de aire fresco para la dilución efectiva de cualquier concentración de metano que se haya acumulado durante tal detención. Este requisito no se aplica al uso y a la posición de ventiladores de refuerzo que hayan sido diseñados específicamente para proporcionar la recirculación controlada del sector.

Cuando se planee cualquier suspensión o haya posibilidad de que se presente una de tal duración que la ventilación pueda deteriorarse, entonces, después de que se haya restaurado la ventilación, todas las partes de la mina afectadas serán inspeccionadas por un capataz acompañado por una persona antes de que a cualquier otra persona se le permita ingresar o permanecer en esas partes de la mina.

Cuando se restablezcan los suministros de energía después de una falla completa del suministro, o después de que se haya requerido una desconexión de la carga, la prioridad se le debería dar a restablecer o mantener los servicios esenciales antes de que se permita otra obra no esencial para la seguridad de la mina o del personal o de que se permita el reinicio automático de los ventiladores. Todas las partes de una sección de una mina afectadas por la falla en el suministro de energía serán examinadas para constatar que sean seguras antes de que se restaure el suministro de energía. En caso de que se proponga restaurar la energía en etapas, excepto en caso que se permita el reinicio automático de los ventiladores, el administrador de la mina deberá elaborar un esquema con el fin de que este pueda llevarse a cabo de manera segura.

3 Sistemas de ventilación auxiliar

3.1 Reglas de ventilación auxiliar

El administrador de la mina deberá elaborar todas las Reglas de Ventilación Auxiliar que deberán especificar: -

- (a) El sistema de ventilación que se utilizará en una vía cuando esté funcionando o cuando esté detenido.
- (b) El equipo de ventilación que se utilizará en el sistema debe incluir: -
 - todos los ventiladores en el sistema incluyendo los ventiladores de combinados de inyección y extracción.
 - el tipo y la posición del tablero de control y los cables
 - cualquier equipo de extracción de polvo en el sistema
 - el tipo de ductos y su método de suspensión
 - equipo de desgasificación
 - cualquier equipo de refrigeración de aire, y
 - cualquier equipo de control de ruido en el sistema
- (c) La cantidad máxima de aire que será tomada por el sistema de ventilación auxiliar de la corriente de aire de la cual obtiene su suministro. Esta cantidad deberá ser tal que las velocidades del aire, en ningún lugar en ese circuito de ventilación de la ruta, se podrán reducir por debajo de lo necesario para proporcionar una ventilación adecuada.
- (d) La cantidad mínima de aire que se entregará en el frente de la vía cuando esté funcionando o cuando esté detenida.
- (e) Que cada sistema de ventilación auxiliar debe contar con un plano tal, que sea fácilmente entendible por todas las personas involucradas en su uso para la ventilación de las vías.
- (f) Los detalles de los cambios previstos en el sistema y/o equipos de ventilación y la etapa del desarrollo en la cual tales cambios se llevarán a cabo.
- (g) Que cuando un ventilador auxiliar se encuentre en uso al ventilar una vía, los ventiladores no deberán ser detenidos excepto en el caso de una avería o para la inspección, el mantenimiento, la reubicación, *un cambio planeado* o en una emergencia.
 - Un *cambio planeado* deberá incluir el caso en que un ventilador sea detenido con el fin de cambiar a un sistema utilizando la presión de la ventilación principal u otros sistemas durante períodos en que una vía no se encuentre en operación.
- (h) El método y las disposiciones para informar cualquier asunto que tenga un carácter anormal o inusual relativo al sistema de ventilación auxiliar (véase parágrafo 3.6).
- (i) Que cuando se haya cortado la ventilación a una vía o deje de ser adecuada, y haya ocurrido una acumulación inaceptable de gas inflamable o nocivo, el funcionario de mayor rango a cargo de la mina deberá ser informado inmediatamente.
- (j) Que el funcionario de mayor rango a cargo de la mina deberá evaluar inmediatamente las circunstancias de tal acumulación de gas, y teniendo en cuenta cualquier acción tomada por el capataz, deberá dar instrucciones adicionales que podrán afectar ese lugar o cualquier otro lugar.
- (k) Que las acumulaciones de gases inflamables o nocivos sean dispersadas de manera segura como asunto prioritario tan pronto como sea posible hacerlo.
 - Las palabras *asunto prioritario* no deberían ser interpretadas como que sugieren una prisa indebida, porque podrá tomar tiempo formular un plan seguro para la desgasificación (véase parágrafo 3.5) y por lo tanto, la seguridad no se debería sacrificar por la urgencia (por ejemplo,

puede haber circunstancias en las que un trabajo preparatorio sea necesario antes de una operación de desgasificación para garantizar que se lleve a cabo de manera segura).

- Las palabras *tan pronto como sea posible* podrán significar una espera hasta que la desgasificación se lleve a cabo de manera segura. Debería aclararse que la prioridad es la operación de desgasificación y esto no debe ser influenciado por las operaciones normales de la mina.
- (l) El método para poner nuevamente en marcha el sistema después de una interrupción de la ventilación por cualquier motivo, incluyendo el procedimiento que deberá ser adoptado para desgasificar una vía (véase parágrafo 3.5). Este procedimiento deberá garantizar que: -
- Se corte la energía eléctrica del equipo ubicado en la ventilación de retorno desde el sitio donde se acumuló el gas y que tenga posibilidad de verse afectado, a menos que la concentración de metano pueda ser controlada efectivamente para que no supere el 1,25%. Este requisito no se aplicará al equipo que esté certificado como intrínsecamente seguro y que esté aprobado para que permanezca energizado en circunstancias en que las concentraciones de metano en el cuerpo general del aire superan el 1,25%.
 - Todas las personas, excepto las necesarias para la operación de desgasificación, deberán ser retiradas de los lugares en el lado de retorno que probablemente será afectado, antes de que inicie la desgasificación, a menos que la concentración de metano pueda ser controlada efectivamente para que no supere el 2%.
- (m) Los requisitos o precauciones adicionales que puedan ser necesarios debido a las pendientes conocidas de las vías que puedan dar lugar a que se presente una depresión o paso inferior (*swilley*) que pudiera bloquear el paso y la ventilación al llenarse de agua, o que pudiera dificultar la desgasificación debido que por su densidad el gas (metano o dióxido de carbono) tendiera a quedarse en los niveles altos, cerca del techo, de las vías haciendo difícil su paso por las depresiones.
- (n) Todos los componentes del sistema de ventilación auxiliar que deben ser inspeccionados y reportados por una persona competente durante la puesta en marcha y de ahí en adelante en intervalos específicos (véase parágrafo 3.6).
- (o) El equipo que se utilizará para el monitoreo será instalado como parte del sistema.
- (p) Que los interruptores y los cables que controlan los ventiladores serán instalados fuera de las vías y deberán, siempre que sea posible, ser ubicados en el flujo ascendente de la vía y del ventilador.
- (q) El método de aislamiento o sellamiento en caso de abandono de una vía y el método utilizado para evitar el acceso a una vía por alteración temporal de la ventilación.
- (r) Los criterios para la operación de equipos que funcionan con electricidad de manera independiente (por ejemplo locomotoras de baterías de almacenamiento o vehículos de transporte) que deberán incluir requisitos tales que: -
- en caso de que se planee cualquier suspensión de la ventilación auxiliar, todos los equipos que funcionan con electricidad de manera independiente se retiran del frente antes de que se detenga el ventilador y no se les autoriza ingresar de nuevo hasta que se haya restaurado la ventilación y un funcionario de la mina haya comprobado que la ventilación restaurada es satisfactoria.
 - en caso de que ocurra una suspensión no programada del ventilador auxiliar durante los trabajos normales, ningún equipo que funcione con electricidad de manera independiente será autorizado a ingresar al área hasta que se haya restaurado la ventilación y un funcionario de la mina haya comprobado que las condiciones son satisfactorias.
 - en caso que ocurra una suspensión no programada del ventilador auxiliar durante los trabajos normales y en caso que los equipos que funcionan con electricidad de manera independiente ya estén

en la galería, el administrador de la mina deberá especificar la medida que se tomará. Tal medida especificada tendrá en cuenta la siguiente información: -

- la longitud de la vía
- la velocidad de los equipos que funcionan con electricidad de manera independiente
- la predisposición que tiene el gas inflamable a acumularse en la vía
- el sistema de advertencia disponible para advertir al conductor de las circunstancias, y
- cualquier otra cosa que se considere importante y necesaria para evitar que se altere la seguridad

El objetivo debería ser que, siempre que sea posible, los equipos que funcionan con electricidad de manera independiente no sean abandonados en una vía que es propensa a una acumulación de metano que supere el límite legal para la presencia de electricidad de 1,25% de concentración de metano.

- (s) Los criterios para la operación de equipos que funcionan con diésel de manera independiente (por ejemplo, locomotoras diésel o vehículos de transporte de mineral) que deberán incluir requisitos tales como:-
- el gas de escape de equipos que funcionan con diésel de manera independiente no contenga más del 0,2% por volumen de monóxido de carbono o el 0,1% por volumen de óxidos de nitrógeno.
 - si el cuerpo general del aire contiene 0,005% por volumen de monóxido de carbono, se tomarán acciones para mejorar la ventilación en ese lugar para reducir el volumen del monóxido de carbón.
 - los equipos que funcionan con diésel de manera independiente no serán operados en ningún lugar en el que el cuerpo general de aire contenga: -
 - más de 0,01% por volumen de monóxido de carbón o
 - más de 1,25% por volumen de metano

Deberá colocarse una copia de las Reglas de Ventilación Auxiliar en la entrada de cada desarrollo o frente y en el alojamiento cubierto proporcionado (en cumplimiento con la Sección 135 de la Ley de Minas y Canteras de 1954).

3.2 Requisitos de diseño para la ventilación de frentes de producción o desarrollo

Al diseñar un sistema de ventilación auxiliar para un frente de producción o desarrollo, debe tenerse en cuenta la necesidad de obtener la asesoría de personas adecuadamente calificadas. Algunos principios generales de diseño que deberían ser observados son los siguientes.

- (a) Un estándar de ventilación satisfactorio, siempre que sea posible, puede mantenerse por medios diferentes a un ventilador auxiliar, en caso de que falle la energía para ese ventilador. Estos otros medios serán suficientes para mantener una circulación de aire que evitará que se introduzcan mezclas inflamables en la corriente principal de aire de la sección o distrito.
- (b) El sistema que se adopte a lo largo de la vida del frente de producción o desarrollo será diseñado para que no se necesite ninguna operación planificada de desgasificación. Cualquier operación de desgasificación solamente debería surgir de circunstancias imprevistas (por ejemplo, la falla de la energía eléctrica) o al reingreso a una zona aislada o sellada. En caso que una suspensión temporal del ventilador pueda dar lugar a una situación de desgasificación, el estado del ventilador (suspendido) debería indicarse a superficie. El reinicio automático o remoto de los ventiladores auxiliares puede mejorar significativamente la posibilidad de evitar una operación de desgasificación y también puede reducir la probabilidad de una masa de gas que se propague a través y fuera del área. La decisión de continuar con el reinicio automático o remoto de los ventiladores auxiliares debería ser tomada por el administrador después de considerar las implicaciones ambientales y de seguridad para el sitio.
- (c) Podrá haber circunstancias en las que las cantidades de aire sean apropiadas para la ventilación de una vía cuando no esté funcionando. Por ejemplo, pueden necesitarse grandes cantidades de aire en la sección para diluir el polvo, pero no se requieren cuando la sección no está en producción. Si las cantidades de aire

deben modificarse por cualquier motivo, deberían especificarse los sistemas para cuando la sección esté en producción y cuando no. El sistema podrá utilizar la presión de ventilación del sistema principal.

- (d) Siempre que sea posible, debería evitarse el uso de más de un ventilador en un sistema de ventilación auxiliar, a menos que estos se puedan agrupar fuera de la galería. Si esto no es posible, se debe llevar a cabo un estudio de ventilación para determinar la posición en la que deben colocarse los ventiladores dentro del conducto para evitar la recirculación incontrolada. Posteriormente, se deberían realizar revisiones periódicas para garantizar que las condiciones siguen siendo satisfactorias.
- (e) En caso que se sepa que hay una depresión (*swilley*) en una vía, deberían elaborarse disposiciones para proporcionar instalaciones de bombeo para detener cualquier incremento repentino de agua que pueda bloquear la ventilación, provocando así contaminación por una acumulación indebida de gas en la parte interna de la vía.
- (f) En caso de que no sea posible situar los interruptores eléctricos y los cables de alimentación en un sitio del circuito de ventilación anterior al área a ventilar o al ventilador (por ejemplo, en los avances con una sola entrada), entonces, con el fin de cumplir con (p) (véase sección 3.1) de las Reglas del Administrador, cualquier operación de desgasificación no deberá causar que el aire que contiene más del 1,25% de metano pase sobre el aparato eléctrico energizado.
- (g) Si hay una alteración temporal de la ventilación que dé lugar a su interrupción o que la haga inadecuada, la entrada a la sección afectada estará cercada de manera segura para impedir el acceso hasta que se restaure la ventilación. Se debe especificar y poner a disposición el tipo de cercado que se utilizará.
- (h) Debe especificarse el método para aislar una sección, ya sea por abandono o durante una interrupción que impida su ventilación. Siempre que se proponga ingresar de nuevo a una sección que ha sido aislada, debería especificarse el método de ventilación que será utilizado durante el nuevo ingreso planificado.
- (i) La ubicación de un ventilador auxiliar debe estar lo más lejos posible de cualquier posición donde la(s) persona(s) puedan estar expuestas al ruido emitido por el ventilador.

3.3 Suministros de Energía

3.3.1 Generalidades

Ninguna disposición en la sección 3.3 exigirá el aislamiento de circuitos eléctricos aprobados con el fin de que permanezcan energizados en concentraciones de metano que superen el 1,25% por volumen.

3.3.2 Disposición de suministro de energía

El suministro de energía eléctrica a una sección con ventilación auxiliar deberá cumplir los siguientes requisitos: -

- (a) La energía eléctrica será desconectada por medios automáticos de todos los aparatos eléctricos, incluyendo los cables de energía instalados en la sección si: -
 - los contactores que controlan el suministro de electricidad al sistema auxiliar de ventilación de la sección están abiertos (los dispositivos proporcionados para cumplir este requisito deben impedir que se logre la reconexión mediante el uso de interruptores de prueba o enchufes de prueba); o
 - cualquier ventilador operado por aire comprimido utilizado para ventilar la sección no está operando normalmente
- (b) El suministro de energía del sistema de ventilación auxiliar podrá mantenerse mientras que se apaga el suministro de energía a todas o cada una de los demás equipos instalados en la galería.

3.3.2 Aislamiento de suministro de energía

Si la cantidad de aire que se suministra al frente de una sección es menor a la cantidad mínima de aire especificada en las Reglas del Administrador o la concentración de metano en el cuerpo general del aire supera el 1,25% por volumen, entonces el suministro de energía eléctrica deberá desconectarse de todos los aparatos eléctricos instalados en la sección.

3.3.3 Obligaciones de los capataces

El capataz de un sector es responsable de la desconexión total de energía en su sector al final de su turno, a menos que se requiera energía para hacer funcionar ventiladores auxiliares, bombas u otros equipos necesarios para la seguridad de la mina.

El reporte diario del capataz debe contener una anotación respecto de esta operación de desconexión.

3.4 Medición y regulación de la circulación de aire

3.4.1 Medición

Antes de que se instale o se aumente cualquier sistema de ventilación auxiliar, deberán medirse las cantidades de aire que fluyen en los conductos de ventilación que serán o podrían ser afectadas por dicha operación. El sistema no deberá ser instalado o aumentado a menos que las mediciones demuestren que se pueden cumplir los requisitos contenidos en el siguiente párrafo y las Reglas del Administrador.

En caso que los extremos de entrada y salida de una sección del circuito de ventilación auxiliar sean separados por puertas o sellos:-

- (a) La cantidad de aire que fluye en la vía de entrada de la ventilación en el sitio donde la ventilación auxiliar toma el aire, deberá ser suficiente en todo momento para la ventilación adecuada de los trabajos ubicados a partir de ese punto y debe medirse y registrarse cada semana cuando el sistema auxiliar se encuentre en operación.
- (b) La presión diferencial de aire a través de las puertas o los sellos será tal que no se produzca ninguna recirculación y debe medirse y registrarse cada semana.

3.4.2 Regulación

Si es necesario regular un sistema de ventilación auxiliar, se realizará de una manera aprobada para evitar que el sistema opere de manera no autorizada o no planeada. La regulación no debe intentarse mediante la restricción de ductos flexibles o mediante la colocación de obstáculos sueltos, tales como ladrillos o piedras en los ductos.

Ninguna persona que no sea un oficial autorizado de la mina, una persona autorizada por ese oficial o una persona autorizada por el administrador de la mina, deberá regular la cantidad de aire que pasa a través o se conduce mediante un sistema de ventilación auxiliar.

3.5 Nueva puesta en marcha y desgasificación

3.5.1 Nueva puesta en marcha

La operación de poner de nuevo en marcha un sistema de ventilación que debe manejar cantidades de gas inflamable o una atmósfera con deficiencia de oxígeno puede surgir de: -

- una alteración temporal de un sistema normalmente eficaz
- un aumento en la emisión de metano o dióxido de carbono que crea una insuficiencia en un sistema que era anteriormente adecuado; o
- la necesidad de recuperar una sección donde ha habido un cese largo de la ventilación

Las circunstancias que requieren informar directamente al funcionario de más alto rango a cargo deberían incluir las ocasiones donde haya un 1,25% de metano en el cuerpo general de aire o una acumulación de metano en el rango explosivo en cualquier punto. El funcionario sénior a cargo inicialmente debería dar instrucciones para la determinación de la magnitud del problema. Esto podría requerir que se determine la posición y los límites que ocupa de la franja del grisú en la sección pero no necesitaría aventurarse más allá de la franja.

3.5.2 Supervisión

Cualquier operación de desgasificación debería ser supervisada. El funcionario de mayor rango en la mina tendrá que decidir cuándo es necesario que él se haga cargo o disponga que una persona designada lo haga. El administrador de la mina debería realizar una lista de funcionarios y otras personas debidamente calificadas capaces de supervisar las operaciones de desgasificación y solamente esas personas deberían supervisar una operación de desgasificación.

Las Reglas del Administrador también deberán disponer que la existencia de una acumulación de gas inaceptable en una vía y el progreso de la operación de desgasificación debería notificarse a la sala de control central y que todos los funcionarios y trabajadores que puedan verse afectados por la operación, sean informados para que se puedan tomar las precauciones correspondientes.

3.5.3 Desgasificación

Antes de que comience una operación de desgasificación, se deberá considerar el área que pueda ser afectada durante la operación para asegurar que: -

- (a) Las cantidades de aire para facilitar la desgasificación se pueden controlar veraz y positivamente (abrir un paso en el circuito no es un control positivo) al nivel requerido para mantener los siguientes criterios.
- (b) Cuando se considere posible que el porcentaje de metano en el cuerpo general del aire en un lugar en la mina puede exceder el 1,25%, se considerará que ese lugar hace parte de la zona de desgasificación y toda la energía eléctrica de la misma deberá ser cortada, excepto por los aparatos en el lugar que estén certificados como intrínsecamente seguros y que sean aprobados para permanecer energizados bajo dichas circunstancias.
- (c) Cuando se considere posible que el porcentaje de metano en el cuerpo general del aire en un lugar de la mina pueda exceder el 2%, todas las personas se retirarán del lugar y se suspenderá el tránsito por ese lugar hasta que la desgasificación se haya finalizado y haya sido inspeccionada y declarada como segura.
- (d) Igualmente, las personas serán retiradas de un lugar y se suspenderá el tránsito por el mismo cuando el porcentaje de oxígeno pueda ser menor al 19%.
- (e) Ninguna concentración de metano que sea mayor al 1,25% deberá ser llevada por medio de un impulsor de un ventilador auxiliar motorizado en funcionamiento.

- (f) Todos los funcionarios a cargo de áreas que probablemente sean afectadas por la desgasificación deberán estar informados sobre el progreso de la operación. El administrador de la mina también deberá asegurar que los administradores de cualquier otra mina que puedan estar afectadas también permanezcan informados.
- (g) Cuando las operaciones de desgasificación estén en proceso, no se deberá suministrar energía eléctrica a la galería.
- (h) Cuando las operaciones de desgasificación hayan finalizado exitosamente, todos los contactos e interruptores que hayan podido verse rodeadas o llenarse de mezclas de gas inflamable con más del 2% de metano se deberán purgar.

Cuando se proponga desgasificar un área luego de una suspensión de la ventilación por largo plazo, el administrador de la mina deberá preparar un esquema separado para la desgasificación. Este esquema incluirá las condiciones (a) a (h) anteriores. También podrá haber circunstancias en donde sea seguro eliminar el gas en la forma de un tapón. En dichos casos, se deberá preparar un esquema especial para asegurar que la operación se puede realizar de forma segura.

Debido a las diferentes densidades de metano y dióxido de carbono, las pendientes en la galería se deberán tener en cuenta al planear los procedimientos de desgasificación.

Cuando se deba llevar a cabo una operación de desgasificación mayor, el administrador de la mina hará arreglos para asegurar que el suministro de energía esté aislado y bloqueado para las partes de la mina afectadas. Las llaves se deben mantener bajo la posesión de una persona o personas nominadas por el administrador de la mina para prevenir la restauración no planeada de la energía eléctrica.

Cuando se tengan que realizar operaciones de desgasificación, se debe tener en cuenta que el administrador de la mina puede obtener asesoramiento especializado y se debería hacer uso de ello al máximo.

3.6 Inspección e informes

El proceso de inspección e informes para un sistema de ventilación auxiliar incluirá: -

- (a) La condición mecánica del ventilador, el equipo de filtración de polvo y control de ruido antes de la puesta en marcha, reinicio de la marcha y los intervalos especificados en el Esquema del Administrador para el Mantenimiento de la Mina.
- (b) Los componentes eléctricos e interruptores y cables asociados antes de la puesta en marcha, el reinicio de la marcha y en los intervalos especificados en el Esquema del Administrador para el Mantenimiento de la Mina.
- (c) La condición del ducto de ventilación y la cantidad de aire que está siendo entregada en la parte frontal de frente de producción o desarrollo, luego de la instalación y en intervalos no mayores a una semana de ahí en adelante. Las cantidades circuladas por los sistemas combinados de ventiladores de inyección y extracción también se deben registrar.
- (d) Cuando se use un sistema de ventilación alternativo los fines de semana o los días festivos (cuando la mina esté en reposo) que sea diferente al sistema de ventilación usado durante horas normales de trabajo, será suficiente medir la cantidad de aire luego de poner en marcha primero el sistema de ventilación alternativo y de ahí en adelante en intervalos mensuales, siempre y cuando la tendencia de lecturas semanales tomadas para el sistema operacional siga indicando que es probable que se mantenga la ventilación satisfactoria durante las operaciones de la mina.
- (e) Cuando las lecturas semanales del sistema de ventilación operacional indiquen una tendencia negativa repentina, entonces el sistema de ventilación alternativo se debe verificar cada vez que sea puesto en marcha de nuevo para garantizar su eficiencia.
- (f) El administrador de la mina definirá los arreglos para que cualquier interrupción en la ventilación le sea reportada cuando no sea él el funcionario de mayor rango a cargo de la mina en el momento de la

interrupción. Dichos arreglos incluirán un informe escrito por parte del funcionario a cargo, en el que describa las circunstancias que causan la interrupción, las consecuencias de la interrupción y las acciones tomadas para restaurar la ventilación. Cuando un ventilador auxiliar esté siendo controlado desde la sala de control en superficie y la sala es inmediatamente alertada de la suspensión del ventilador, el procedimiento de informe podría implicar que la persona a cargo de la sala de control le informe inmediatamente al funcionario de mayor rango a cargo de la mina. Esto sería adicional al proceso de informe normal por parte del funcionario apropiado bajo tierra, quien deberá reportar inmediatamente tenga conocimiento de que ha ocurrido una acumulación inaceptable de gas.

3.7 Coordinación entre el personal de la mina

El administrador de la mina establecerá los arreglos para que todos los firmantes sean informados de cualquier novedad o cambio propuesto en los sistemas de ventilación auxiliares antes de que firmen el Plan de Desarrollo de Ventilación durante la Operación.

El administrador de la mina también especificará los arreglos para garantizar una coordinación efectiva entre los ingenieros de minas, eléctricos, mecánicos y de ventilación y los funcionarios de la mina de cada una de esas áreas en la planeación, instalación, operación y mantenimiento de sistemas y equipos de ventilación auxiliar.

Las disposiciones para la coordinación permitirán por lo tanto un tiempo adecuado para que un ingeniero eléctrico:

- diseñe nuevos planos y sistemas de bloqueo y cualquier modificación que resulte necesaria
- produzca los diagramas de circuito necesarios
- prepare los equipos de forma apropiada; y
- proporcione instrucciones al personal de instalación y mantenimiento

Es importante asegurar que, en el evento de una situación inesperada o inusual, haya comunicación entre los ingenieros de minas, eléctricos, mecánicos y de ventilación y los funcionarios de la mina de cada una de esas áreas y también que los funcionarios de mayor rango de la mina estén informados en todo momento.

4 Ventiladores venturi operados por aire comprimido

4.1 Usos de los ventiladores venturi

Un ventilador venturi operado por aire comprimido se puede usar: -

- (a) Con ductos para proporcionar ventilación auxiliar, pero, cuando dicho dispositivo se use, éste deberá ser tratado como parte de un sistema de ventilación auxiliar. Las Reglas del Administrador para la Ventilación Auxiliar y cualquier otra regulación se cumplirán consecuentemente.
- (b) En cualquier otra parte para el propósito de ventilación, cuando debe estar ubicado de forma que tome aire de la corriente de aire principal y, se der posible, solo se incorpore aire desde dicha corriente al aire que descarga. El administrador de la mina debe hacer arreglos para que los capataces del sector y demás oficiales relacionados reciban esa información técnica que es necesaria para permitirles entender y aplicar este requisito.

4.2 Restricciones sobre el uso

Ningún ventilador venturi se deberá usar bajo tierra a menos que esté diseñado e instalado para que la relación entre el aire que desplaza y el aire comprimido usado sea superior a 5:1.

Los ventiladores venturi, incluidos los accesorios (diferentes a ductos flexibles) y recubrimientos protectores, deberán estar hechos de materiales conductores de electricidad y deben estar conectados a tierra para prevenir la acumulación de carga electroestática.

Los ventiladores venturi deben estar ubicados tan lejos como sea posible de la persona o personas que puedan escuchar el sonido que emiten.

4.3 Deberes de los funcionarios

Ninguna persona diferente al delegado a cargo de un sector en que se emplee un ventilador venturi, o un funcionario de la mina autorizado por el administrador de la mina, o una persona autorizada por dicho delegado o funcionario, pondrá en funcionamiento, parará, removerá ni alterará dicho ventilador.

Un delegado o funcionario no iniciará, ni autorizará a ninguna persona para que inicie, un ventilador venturi en ninguna ocasión a menos que esté convencido de que es seguro hacerlo.

5 Filtros de polvo atmosférico

5.1 General

Los filtros de polvo atmosférico son dispositivos que extraen polvo de flujos de aire de la mina para proporcionar un ambiente subterráneo aceptable. Estos están compuestos por filtros o recolectores especialmente diseñados usados en conjunto con ventiladores y cualquier ducto necesario para transportar aire con polvo para limpiar y entregar posteriormente al lugar que requiere de aire limpio.

Dichos filtros pueden estar instalados en el ducto de un sistema de ventilación auxiliar incluyendo cualquier sistema de ventilación combinada de inyección y extracción (filtros de polvo en línea), sistemas independientes (filtros de polvo autónomos o sistemas con conductos, no especificados como sistemas de ventilación auxiliares) en cualquier otra parte de una mina.

5.2 Requisitos de flujo de aire de los filtros de polvo

Para cualquier filtro de polvo atmosférico empleado en conjunto con sistemas de ventilación auxiliares, aplicarán los requisitos de la sección 3 de este código.

La capacidad medida de volumen de cualquier sistema independiente de filtros de polvo debe estar relacionada con el caudal de ventilación que tiene la vía en donde está ubicado. El flujo de aire que pasa por el filtro debe ser mayor o menor pero no igual a la cantidad de aire de la vía desde la que el filtro absorbe su suministro de aire, para asegurar una ventilación adecuada en la vía para la totalidad del sistema de extracción.

5.3 Diseño del filtro para polvo

Todos los componentes de un filtro para polvo deben estar conectados para contar con un polo a tierra efectivo a fin de prevenir la acumulación de una carga electrostática.

Los recolectores de polvo pueden ser del tipo de depurador húmedo o de tela. En ambos casos, estos deben ser capaces de manejar la carga máxima prevista de polvo. Los filtros de tipo de tela se pueden usar secos (como en los filtros secos de alta eficiencia) o húmedos con agua o impregnados con aceite como en los filtros de tipo de jaula de una eficiencia relativamente baja.

Al diseñar o planear la instalación de sistemas de extracción de polvo en una mina, se deben consultar las *Notas Británicas de Guía de Carbón– La mejor práctica para la ventilación de frentes*.

5.4 Operación de filtros de polvo

Ninguna persona diferente al delegado a cargo de la sección o un funcionario de la mina autorizado por el administrador, o una persona autorizada por dicho delegado o funcionario, deberá (excepto en el caso de emergencia) poner en funcionamiento, parar, mover o de manera alguna alterar cualquier equipo de extracción de polvo instalado bajo tierra.

Un delegado o funcionario no iniciará ni autorizará a ninguna persona para que ponga en funcionamiento el equipo de extracción de polvo a menos que el delegado o funcionario esté convencido que es seguro hacerlo.

Cuando se use una tela, el elemento de filtración se deberá cambiar cuando el grado de carga de polvo sea tal que la eficiencia del filtro sea indebidamente alterada. Se deberá proporcionar un medio para medir la caída de presión o el flujo de aire que pasa a través del filtro.

Ninguna obstrucción que interfiera con el sistema de ventilación o con la operación eficiente de un filtro del sistema de extracción de polvo se ubicará enfrente de la entrada o detrás de la salida de la unidad, ni entre la entrada y salida de la unidad. Esta regla no excluirá el uso de un dispositivo regulador o silenciador adecuadamente diseñado y construido.

5.5 Examen, prueba y mantenimiento

Todos los sistemas de extracción de polvo operativos deberán ser examinados por lo menos una vez durante cada turno, por parte del delegado a cargo del sector, con el fin de garantizar que están libres de obstrucciones y que están en condiciones seguras de trabajo.

Todos los sistemas de extracción de polvo en operación deberán ser examinados por lo menos una vez por semana, por una persona competente que sea nombrada por el administrador de la mina. Se deben tomar mediciones del flujo de aire que pasa a través del equipo de extracción de polvo y del flujo de aire de la vía en la que está instalado el sistema. Los resultados del examen y de las mediciones se registrarán en un libro proporcionado por el administrador de la mina para ese efecto.

Cualquier mantenimiento se deberá llevar a cabo de conformidad con el esquema del administrador para la mina.

Si los ventiladores están ensamblados a la salida de los recolectores de polvo del tipo de depurador húmedo, el ventilador debe ser inspeccionado periódicamente para verificar cualquier acumulación de polvo. La inspección es particularmente importante cuando se usan ventiladores radiales en línea.

6 Monitoreo ambiental

6.1 Introducción

Además del sistema tradicional de registros de ventilación, cada vez se está utilizando más los sistemas de monitoreo continuo por medios electrónicos y de haces de tubos. Dichos sistemas de monitoreo también pueden permitir el control, a distancia, de los equipos y del suministro de energía.

El administrador de la mina deberá establecer reglas llamadas Reglas de Monitoreo Ambiental que abarquen la legislación y los requisitos operativos de la mina.

6.2 Reglas de monitoreo ambiental

- Las Reglas del Administrador para el Monitoreo Ambiental incluirán: -
- Una persona nominada para ser responsable de la operación de las reglas.
- Requisitos generales para el monitoreo de los frentes de producción, vías, rutas de acceso y salida del personal, vías de transporte, vías con locomotora, vías con bandas transportadoras y ductos de ventilación. Los parámetros que se van a monitorear deben estar especificados, incluyendo los requisitos de legislación.
- Los requisitos generales para la detección de cambios peligrosos en el ambiente minero incluyen: -
 - emisiones inusuales de metano
 - combustión espontánea
 - fuego abierto
 - detención de la maquinaria de ventilación
- Los requisitos incluirán el método de detección del medio ambiente (gases) ya sea por medición en el sitio, inspección, muestras puntuales o monitoreo continuo, y los niveles de aviso o alarma.

- Un plano que muestre todos los lugares que deben ser monitoreados, junto con los parámetros a medir y el método o equipo para medirlos. Las rutas de cualquier cable o haz tubular se deberán mostrar en el plano junto con la posición de cualquier suministro de energía y la ubicación de cualquier pieza de equipo que continúe operativa cuando se corta el suministro de energía principal.
- Se deberá especificar la frecuencia mínima de monitoreo, incluyendo el muestreo.
- El examen periódico de toda la información monitoreada que será llevado a cabo por una persona competente con la frecuencia determinada por el administrador de la mina. En el evento de un cambio inusual en un parámetro monitoreado, según como lo determine el administrador de la mina, se tomarán las medidas para que la persona competente sea informada o para que se tome otra acción apropiada.
- Los registros de los parámetros muestreados de forma puntual, los cuales se anotarán de conformidad con los requisitos de la legislación o usando el sistema de mantenimiento de registros de ventilación aprobado.
- Registros completos de información ambiental monitoreada de forma continua que se deberán mantener, cuando sea posible, durante un periodo de por lo menos una semana.
- El resumen de la información ambiental de monitoreo continuo se preparará en cada turno, diariamente, semanalmente o en otros intervalos que sean determinados por el administrador de la mina y se mantendrán durante un periodo de por lo menos tres años. Los resúmenes incluirán información que sea especificada por el administrador de la mina y deberán indicar como mínimo, valores promedios y máximos de la cantidad y calidad del flujo de aire. Para el metano, el valor máximo debe ser el valor promedio durante un periodo de cinco minutos cuando las concentraciones de metano estén en el punto más alto.
- Cuando un sistema de monitoreo ambiental haya indicado una alerta o haya generado una alarma, o haya cortado automáticamente la electricidad bien sea en los aparatos de ventilación o en un área monitoreada por el sistema de monitoreo ambiental, se deberá preparar un informe resumen de cada evento en el que se detalle la acción tomada, de conformidad con las instrucciones entregadas por el administrador de la mina.
- La inspección, prueba, calibración y reemplazo de equipos usados para el monitoreo ambiental que se llevarán a cabo de conformidad con el Esquema del Administrador para el Mantenimiento de la Mina. Particularmente, los transductores y haces tubulares deben ser verificados regularmente para su rendimiento satisfactorio y se deben mantener registros de cualquier inspección, prueba, calibración o reemplazo.
- La persona designada para tomar acción inmediata (en el evento de alguna falla, defecto o anomalía en el sistema de monitoreo ambiental) para restaurar el sistema a condiciones de operación normales tan pronto como sea posible.
- En el evento de aviso, alarma o corte de energía generada por el monitoreo continuo de la información ambiental, se deberán tomar medidas para la comunicación de dicha información a los funcionarios apropiados de la mina para permitir que se tome una acción oportuna para garantizar la seguridad de la mina.

Una copia de las reglas deberá ser publicada en la sala de control de la mina y en las instalaciones de bienestar del personal.

7 Planeación de ventilación

7.1 Aislamiento de sectores y partes de la mina

El administrador de la mina seleccionará sitios para los tabiques de aislamiento en lugares estratégicos y determinará el grado o preparación de dichos sitios para aislar sectores o partes de la mina, tanto para operaciones normales como durante una emergencia. Entonces, él deberá asegurar que dichos sitios sean preparados y mantenidos con respecto a la norma apropiada tan pronto como sea posible.

Los sitios seleccionados para los tabiques de aislamiento se deberán marcar en el Plan Contra Incendios y de Rescate, en el Plano de Distribución y en el Plan de Desarrollo de Ventilación de Operación. Los sitios de tabiques

de asilamiento o sellamiento preparados deberán ser marcados en el Plan Contra Incendios y de Rescate y en el Plan de Desarrollo de Operación.

7.2 Actualización de planos en las minas

7.2.1 Planos contra incendios y de rescate

El topógrafo de la mina garantizará que los cambios principales se registren en los planos de la mina dentro de las 24 horas siguientes de realizado el cambio. Se consideran cambios principales: -

- Reversión de cualquier corriente de aire principal
- Terminación de alguna conexión nueva entre las vías, el circuito de ventilación o un frente
- Puesta en marcha o interrupción de algún cruce del circuito de ventilación
- Instalación o remoción de puertas, cortinas o reguladores de aire
- Instalación, alteración o remoción de cualquier sistema para ventilar las vías, cruzadas, túneles en roca o túneles de desarrollo
- Instalación, alteración o remoción de algún ventilador auxiliar
- Levantamiento de algún sello o tabique de aislamiento
- Instalación o remoción de estaciones de teléfono y ambulancias o cambios importantes en las instalaciones contra incendios.

Los ingenieros y funcionarios de seguridad de la mina, ingenieros y funcionarios de ventilación y demás funcionarios de la mina deberán ser instruidos de que entre sus deberes estará el de suministrar la información necesaria al topógrafo de la mina con respecto a cualquier cambio importante, según como se define en este párrafo, inmediatamente cuando ocurra con el fin de que sean registrados en los planos.

7.2.2 Planos de desarrollo proyectado de la ventilación

Con respecto a cada mina, se deberán mantener planos denominados Planos de Desarrollo Proyectado de la Ventilación que muestren el método proyectado de trabajo de cada capa y el método general de ventilar las explotaciones.

Los Planos de Desarrollo Proyectado de la Ventilación deberán ser firmados por el administrador de la mina y cualquier otra persona nominada por el propietario para firmarlos. No se debe hacer ningún cambio significativo a un Plan de Desarrollo Proyectado de la Ventilación sin el acuerdo firmado de todas aquellas personas que sean requeridas para firmarlo.

7.2.3 Planes de Desarrollo de Ventilación durante la Operación

Antes de que se desarrolle algún frente o vía en una mina, el administrador de la mina deberá haber preparado planos, denominados Planes de Desarrollo de Ventilación durante la Operación, que muestren los detalles de los arreglos de ventilación que deben ser adoptados y las cantidades mínimas de aire que debe circular por medio de cada frente o vía en cada etapa de desarrollo y luego de la terminación del mismo. (En el caso de trabajos de cámaras y pilares, será suficiente para efectos de esta regla, si las cantidades mínimas de aire mostradas en el plano son aquellas que deben ser suministradas en la entrada de la primera galería en cada sector). Los planos deberán mostrar los medios que se deben adoptar en cada etapa del desarrollo del frente o ruta para alcanzar la ventilación decidida así como las fechas o etapas en las que ellos operarán. El administrador de la mina deberá hacer arreglos con la persona que hace las mediciones de ventilación para que le avise inmediatamente sobre cualquier cantidad medida que sea menor a la prescrita.

Los Planes de Desarrollo de Ventilación durante la Operación serán de conformidad con el desarrollo general y la distribución contenida en el Plano de Desarrollo Proyectado de la Ventilación para la mina. Cualquier información suministrada y firmada por alguno de los firmantes en la preparación del Plano de Distribución será permitida en la preparación de los Planos de Desarrollo de Ventilación durante la Operación.

Los Planes de Desarrollo de Ventilación durante la Operación serán firmados por el administrador, subadministrador, funcionario de ventilación y por los ingenieros eléctricos y mecánicos de la mina.

El administrador de la mina se encargará de que los Planos de Desarrollo de la Ventilación durante la Operación sean modificados como sea necesario para cumplir con circunstancias cambiantes y se encargará de que los planos modificados sean firmados de nuevo por los mismos oficiales nombrados en el párrafo anterior. Si dicha modificación afecta el Plan de Desarrollo de Ventilación Proyectado o el Plano de Distribución, entonces cada firmante de aquellos planes será notificado por escrito.

Antes de que comience la obra para desarrollar algún frente o vía, el administrador de la mina garantizará que el subadministrador y demás funcionarios de la mina hayan puesto a disposición el Plan de Desarrollo de Ventilación de Operación para dicha parte de la mina por la cual son responsables. Todos los funcionarios involucrados serán informados sin retraso acerca de cualquier cambio significativo que se haga ocasionalmente al Plan de Desarrollo de Ventilación de Operación.

7.3 Vehículos dirigidos libremente

Cuando vehículos de transporte de mineral (FSV) estén en operación subterránea, el administrador de la mina proporcionará un plan que indique:-

- las rutas por las que pueden pasar los FSV
- el tipo o tipos de FSV permitidos para operar en dichas rutas, y
- el número máximo de FSV permitido para operar en cada ruta en cualquier momento
- en el caso de FSV que funcionan con diésel, se tendrán en cuenta los niveles permitidos de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

Dichos planes se incluirán en las Reglas del Administrador para el Transporte para dicha parte de la mina, junto con cualquier limitación en el uso de FSV en dicha parte.

3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.

3.4. Causadas por deficiencia de oxígeno y atmósferas irrespirables.

APÉNDICE 2

VENTILACIÓN DE LAS MINAS

REGLAS SOBRE LA VENTILACIÓN AUXILIAR

PROCEDIMIENTOS BÁSICOS



PROCEDIMIENTO PARA DETENER UN VENTILADOR AUXILIAR

El funcionario que vaya a apagar un ventilador auxiliar debe: -

- 1 Asegurarse que todo el personal haya salido del sector.
- 2 Informar al funcionario de mayor que esté a cargo de la mina y al control de superficie, acerca de esta actividad.
- 3 Bloquear el acceso al frente afectado de manera segura con una barrera eficaz (malla) para impedir el ingreso accidental de personas.
- 4 Colocar un aviso de NO ENTRAR.
- 5 Registrar la actividad en los informes relevantes.

PROCEDIMIENTO PARA REINICIAR UN VENTILADOR AUXILIAR

Antes que cualquier funcionario ponga en funcionamiento un ventilador auxiliar, debe asegurarse de que es seguro hacerlo, siguiendo los siguientes pasos: -

- 1 Examinar el ventilador y las vías durante una distancia segura.
- 2 Durante el examen debe hacer verificaciones frecuentes para confirmar que no haya gases inflamables y tóxicos en el cuerpo general a nivel de techo y suelo.
- 3 También debe comprobar si hay una atmósfera con deficiencia de oxígeno por la presencia de excesiva de CO₂ y N₂ a nivel del suelo.
- 4 Se considera que el túnel contiene gas si: -
 - el metano encontrado en el cuerpo general es 1,25% o más
 - en la vía hay metano en acumulaciones significativas y/o capas significativas por encima de 4%
 - hay CO₂ y N₂ en concentraciones que no se pueden dispersar de manera segura en las corrientes de aire normales
 - el monóxido de carbono en el cuerpo general excede los 30 ppm
 - el oxígeno en el cuerpo general es menor a 19%
 - si toda la longitud de la vía no ha sido inspeccionada
- 5 Si el examen demuestra que la vía se encuentra libre de gas, y los ventiladores y ductos se encuentran en orden, debe repórtalo al funcionario de mayor rango a cargo de la mina.

RECUPERACIÓN DE TÚNEL LLENO DE GAS

La ocurrencia de un túnel lleno de gas debe informarse inmediatamente al funcionario de mayor rango a cargo de la mina. Él consultará con el administrador, quien decidirá en qué medida se implementará el procedimiento de desgasificación.

Tras la consulta con los especialistas de la mina de carbón, el administrador dará instrucciones acerca del método para dispersar los gases de manera segura y prioritaria y tan pronto como sea práctico hacerlo.

Antes de iniciar cualquier operación de desgasificado, se debe considerar: -

- (a) personas que podrían verse afectadas al estar más adelante del sitio en el sentido en que circula la ventilación
- (b) operaciones que se realizan en más adelante del sitio en el sentido en que circula la ventilación
- (c) desconexión del suministro eléctrico hacia adelante del sitio en el sentido en que circula la ventilación

PROCEDIMIENTO

- 1 El funcionario de mayor rango informará a todos los supervisores a cargo de las áreas que se podrían ver afectadas, y el control de superficie deberá mantenerse informado acerca del avance de la operación.
- 2 1.25% CH₄ no debe circular sobre cualquier aparato eléctrico, interruptores o cables.
- 3 1.25% CH₄ no debe circular a través del impulsor de un ventilador en movimiento.
- 4 No debe haber 1.25% CH₄ en donde los hombres están o podrían estar trabajando o desplazándose.
- 5 No deben existir atmósferas con deficiencia de oxígeno en los lugares en donde los hombres podrían estar trabajando o desplazándose.
- 6 La Cámara de desgasificación debe usarse utilizando el sistema ventilación forzado.
- 7 Los paneles y el tablero de control deben ser purgados antes que se restablezca la energía.
- 8 Se deben tener en cuenta las inclinaciones y depresiones al decidir sobre el método de desgasificación, debido a la densidad del gas a dispersarse.

RECUPERACIÓN DE UN DESARROLLO DESPUÉS DE QUE UN DUCTO DE VENTILACIÓN (AIRE FORZADO) SE HA DESCONECTADO DURANTE UN TURNO DE TRABAJO

Cada situación variará y por lo tanto no se pretende ser inflexible en este método de trabajo. Siempre se debe considerar al personal que recibía la ventilación del ducto desconectado.

Sin embargo, se deben seguir las siguientes pautas:

- 1 Luego de descubrir que el ducto de ventilación se encuentra separado, hable con el funcionario mayor rango y acuerde un curso de acción.
- 2 No proceda más allá del punto de desconexión si no una distancia razonable o más allá de un punto en que la concentración medida sea de 2%.
- 3 Regule la cantidad de ventilación, bien en el ventilador o bien, utilizando algún tipo de cierre que permita que el conducto se vuelva a conectar.
- 4 Vuelva a unir el conducto de ventilación.
- 5 Con la ventilación aún reducida a menos de lo normal, proceda hacia la mina hasta encontrar una franja de 2% de metano o hasta que llegue al final del ingreso a la mina.
- 6 Si encuentra una franja de 2%, retírese hacia la salida de la mina y comuníquese con el funcionario mayor rango. Organice la desgasificación de manera controlada.
- 7 Si no encuentra una franja de 2%, reintroduzca de manera controlada la cantidad de ventilación plena.

3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.

3.4. Causadas por deficiencia de oxígeno y atmósferas irrespirables.

APÉNDICE 3

REGLAS SOBRE LA VENTILACIÓN AUXILIAR

3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables

- 1 Estas Reglas son aplicables a todas las instalaciones de ventiladores auxiliares en la mina. Se deben leer en conjunto con el Plan de Desarrollo de Ventilación durante la Operación para instalaciones particulares.
- 2 Se debe mantener una copia de estas Reglas y una copia del Plan de Desarrollo de Ventilación durante la Operación, a la entrada de la sección que se indica en el Plan de Desarrollo de Ventilación durante la Operación.
- 3 (a) Cuando un ventilador auxiliar esté en uso, no se debe detener a menos que sea para realizar una acción planeada como una inspección, un mantenimiento, una reubicación, o algún cambio planeado, o en caso que haya una avería.

CUALQUIER INTERRUPCIÓN, SIN IMPORTAR LA RAZÓN, DEBE SER REPORTADA INMEDIATAMENTE AL FUNCIONARIO DE MAYOR RANGO DE LA MINA Y A LA SALA DE CONTROL

- (b) Un ventilador auxiliar únicamente podrá ser detenido o puesto en marcha por una persona autorizada.
- 4 El funcionario a cargo y cualquier ingeniero mecánico o eléctrico que sea responsable de algún lugar que esté ventilado por ventiladores auxiliares, reportará lo siguiente por escrito al final de su turno:
 - todos los cambios planeados
 - interrupciones involuntarias, o
 - cualquier asunto que sea de una naturaleza anormal o inusual.

Estas personas también están instruidas, en caso que ocurran las situaciones mencionadas anteriormente, a informar inmediatamente de forma verbal al funcionario de mayor rango de la mina y al asistente de la sala de control.

- 5 Cada ventilador auxiliar permanente deberá estar equipado con un silenciador, una pieza de desgasificación en forma de "T" y una jaula de filtros de polvo. Cada extractor estará equipado con filtros en series para extraer polvo de la vía ventilada auxiliar.
- 6 Todo el monitoreo ambiental se identificará en el Plan de Desarrollo de Ventilación durante la Operación.
- 7 Cuando el administrador haya dado permiso con respecto a algún lugar ventilado particular, para ventilar dicho lugar en los fines de semana y en otro periodo no laboral usando sistemas diferentes al ventilador auxiliar, dichos cambios deberán considerarse como cambios planeados para efectos de estas Reglas.
- 8 (a) Cuando una galería sea abandonada y deba ser aislada de forma permanente, el tabique de aislamiento se construirá según como lo especifique el administrador.
- (b) Cuando una galería deba ser discontinuada y deba ser aislada temporalmente con miras a reestablecer la ventilación en alguna fecha futura, el tabique de aislamiento se construirá según como lo especifique el administrador. La recuperación de la galería se llevará a cabo tal como figura en el párrafo 14 de estas Reglas y se deberá preparar un plan especial que muestre el procedimiento a ser adoptado.
- 9 Cuando la ventilación en una sección esté temporalmente perturbada y no haya ningún medio disponible para ventilarla, ésta deberá estar cerrada en la forma que especifique el administrador. El funcionario de mayor rango de la mina deberá ser informado inmediatamente (ver párrafo 3). Se mantendrá un cerramiento apropiado en la entrada de la sección.

Durante este periodo de alteración, no se permitirá ninguna obra en el frente a menos aquella que sea necesaria para restaurar la ventilación y si en dicho proceso, se detecta metano que exceda el 1,25% en el cuerpo general, o en capas dentro del rango explosivo o deficiencia de oxígeno, o si se encuentra monóxido de carbono de 30 ppm o superior en concentraciones significativas, el frente se considerará como "lleno de gas" y se deberá seguir el procedimiento resumido en el párrafo 14 de estas Reglas.

Si no se detecta ninguna de las circunstancias anteriores, el funcionario a cargo podrá dar instrucciones para reiniciar el ventilador.

- 10
- (a) La condición mecánica del ventilador, la filtración de polvo y el equipo de control de ruido deben ser inspeccionados y reportados antes de la puesta en marcha, antes de la reiniciación después de una parada y a intervalos especificados en el Esquema del Administrador para el Mantenimiento de la Mina.
 - (b) Los componentes eléctricos e interruptores asociados, así como los cables, deben ser inspeccionados y reportados antes de la puesta en marcha, antes de la reiniciación después de una parada y a intervalos especificados en el Esquema del Administrador para el Mantenimiento de la Mina.
 - (c) La condición del ducto de ventilación y la cantidad de aire que está siendo entregada en el frente de producción se debe inspeccionar luego de la instalación y de ahí en adelante, en intervalos no superiores a una semana.
 - (d) El sistema de ventiladores auxiliares será puesto a punto antes de su uso y los registros se almacenarán en los Registros de la Planta.
- 11 En cualquier lugar ventilado en donde los medios normales de suministro de ventilación constante sean ventiladores auxiliares:
- (a) En periodos en los que un (unos) ventilador(es) auxiliar(es) no se puedan usar, se suministrarán medios alternativos. El lugar será examinado en toda su extensión antes de que los ventiladores sean reiniciados y que los trabajadores tengan permitido ingresar.
 - (b) En periodos en los que los hombres no estén trabajando en ese lugar o en la mina en general, y los ventiladores auxiliares sigan funcionando y los ventiladores no estén monitoreados desde superficie, el lugar deberá ser inspeccionado de forma que el intervalo entre las inspecciones no sea significativamente mayor a 8 horas.
 - (c) En periodos en los que los hombres no estén realizando trabajos subterráneos y los ventiladores auxiliares sigan funcionando y los ventiladores sean continuamente monitoreados en el Control de Superficie mostrando el funcionamiento del ventilador y el contenido de metano en ese lugar, el lugar será inspeccionado por lo menos una vez cada 72 horas.
- 12 Cuando todos los ventiladores estén funcionando en puntos de la mina sin personas presentes, todos los aparatos eléctricos que no sean requeridos para el funcionamiento del ventilador ni para la seguridad de la mina se deben desconectar de la alimentación de la corriente.
- 13
- (a) Cuando se planee una suspensión de la ventilación auxiliar, todas las locomotoras de batería serán retiradas del frente antes de que se suspenda el ventilador y no se permitirá la entrada a la zona hasta que la ventilación haya sido restaurada y hasta que un funcionario de la mina esté satisfecho con la restauración de la ventilación.
 - (b) Cuando ocurra una suspensión no programada del ventilador auxiliar durante horas de trabajo normales, no se permitirá la entrada de ninguna locomotora de batería a la galería hasta que la ventilación haya sido restaurada y hasta que un funcionario de la mina se encuentre satisfecho con las condiciones.
 - (c) Cuando ocurra una suspensión no programada del ventilador auxiliar durante horas de trabajo normales y cuando una locomotora de batería ya esté en la zona de ventilación suspendida, el conductor deberá aislar la energía a la locomotora de batería de almacenamiento y no reiniciar hasta que la ventilación haya sido restaurada y un funcionario de la mina se encuentre satisfecho con las condiciones.
 - (d) Las locomotoras de batería no deberán ser operadas en ningún lugar con ventilación auxiliar en donde el cuerpo general de aire contenga más del 0,8% por volumen de metano.

14 Definición de un frente lleno de gas

Un frente será considerado como lleno de gas si existe alguna de las siguientes condiciones:

- (a) se detecta metano de 1,25% o más en el cuerpo general
- (b) se detecta metano en las capas del techo (300 mm desde el techo) en niveles superiores al 5%
- (c) se detecta CO₂ y N₂ en concentraciones significativas
- (d) monóxido de carbono de 30 ppm o por encima

UN FRENTE LLENO DE GAS ES UN PELIGRO POTENCIAL MUY SERIO Y EL PROCEDIMIENTO QUE SE DEBE ADOPTAR CON EL FIN DE RECUPERAR EL FRENTE SE DEBE CUMPLIR ESTRICTAMENTE EN TODOS SUS ASPECTOS.

Procedimiento

- (a) El funcionario de mayor rango encargado de la mina debe ser inmediatamente informado sobre la ocurrencia de un frente lleno de gas. El frente debe ser cerrado y el ventilador debe ser desconectado y bloqueado para prevenir una desgasificación accidental.
- (b) El funcionario de mayor rango a cargo de la mina deberá evaluar inmediatamente la situación y, teniendo en cuenta cualquier acción ya tomada por el supervisor de mando, dará instrucciones adicionales que puedan afectar ese lugar o algún otro lugar.

15 Reglas para la recuperación de frentes llenos gas (reglas de desgasificación)

- (a) La operación de desgasificación debe ser supervisada personalmente por uno de los siguientes funcionarios:

Un asistente del administrador, un administrador de sección, el ingeniero ambiental o un supervisor de autorizado por el administrador para supervisar la desgasificación de frentes llenos de gas.

- (b) El funcionario que supervise la operación debe asegurar que la posición de la franja de gas sea determinada antes de que se lleve a cabo alguna acción correctiva. **NINGUNA** persona debe ingresar más allá del límite.
- (c) El funcionario sénior tomará las medidas para que la ventilación sea reestablecida **ÚNICAMENTE POR PERSONAL AUTORIZADO.**
- (d) El frente tiene que ser desgasificado de forma segura de forma prioritaria y tan pronto como sea posible hacerlo.
- (e) El proceso de desgasificación deberá garantizar que:
 - la energía eléctrica que probablemente se vea afectada en el retorno de la operación de desgasificación se cortará a menos que la concentración de metano pueda ser controlada de forma positiva para que no exceda el 1,25%. Este requisito no aplicará a aparatos que sean intrínsecamente seguros.
 - todas las personas, excepto aquellas requeridas para la operación de desgasificación, serán retiradas de los lugares antes de que comience la desgasificación en el sitio de retorno que probablemente se vea afectado, a menos que el metano pueda ser controlado de forma positiva para que no exceda el 2%.
 - todas las personas serán retiradas y se prohibirá el paso por los lugares en donde el porcentaje de oxígeno pueda ser menor al 19%.

- (f) Ninguna concentración de metano mayor al 1,25% deberá hacerse pasar por el un impulsor de un ventilador auxiliar motorizado y en operación.
- (g) Todos los funcionarios a cargo de áreas que probablemente sean afectadas por la desgasificación deberán mantenerse informados acerca del progreso de la operación.
- (h) Cuando se esté procediendo con las operaciones de desgasificación, no será suministrada energía eléctrica a la sección.
- (i) cuando las operaciones de desgasificación hayan terminado exitosamente, todos los contactos e interruptores que hayan podido estar sumergidos en metano superior al 2% deberán ser eliminados.

16 **Procedimiento para ventilar el frente cuando no hay producción en marcha y cuando el ventilador de extracción combinada esté apagado**

El siguiente procedimiento deberá ser adoptado y se deberá cumplir estrictamente, **asegurando que el frente está ventilado de forma adecuada en todo momento.**

- (a) Se cuelga un ducto flexible en la vía desde el extremo del ducto existente que lleva aire forzado al frente de producción. (máximo a 5 m atrás del frente).
- (b) Se detiene el extractor, se informa al Control y se reporta en el informe reglamentario (INFORME DE INSPECCIÓN en virtud de la Regulación 12 de la Gestión y Administración de Seguridad y Salud en las Normas de Minas).
- (c) Antes de reiniciar el extractor, el funcionario del sector deberá verificar la presencia de metano si no se detecta en niveles superiores a 1,25% en el cuerpo general o en capas dentro del rango explosivo. Él puede dar instrucciones para reiniciar el ventilador.
- (d) El ducto flexible extendido será retirado.
- (e) El funcionario a cargo informará al Control en Superficie e informará en el informe estatutario (INFORME DE INSPECCIÓN bajo la Regulación 12 de la Gestión y Administración de Seguridad y Salud en las Reglas de Minas).

Administrador de la mina



3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.



3.5

Causadas por explosiones de gases y/o polvo de carbón.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>		<u>Página</u>
3.5	Explosiones439	ANEXO 1	
	Diagrama de Flujo de Salvamento Minero.....440	Evaluación de riesgo de explosión, Matriz de responsabilidades y formatos de evaluación	492
	Revisión Posterior a un Incidente444		
	Evaluación de Incidentes.....445		
	Entendimiento Inicial para la Respuesta a una Explosión.....446	Lista de tablas	
	Explosiones subterráneas447	3.5 – 1 Tabla que muestra en mayor detalle el entendimiento inicial/respuesta inicial a una Explosión	446
3.5.1	Metano 448	3.5 – 2 Concentraciones de metano que encienden más fácilmente según la fuente de ignición	454
3.5.1.1	Presencia y características del Metano 448	3.5 – 3 Contenido de gas en los mantos de carbón.....	457
3.5.1.2	Propiedades físicas y químicas del metano 448	3.5 – 4 Porcentaje de polvo inerte en la mezcla total según el contenido de materia volátil del polvo de carbón ...	468
3.5.1.3	Inflamabilidad del metano 449		
3.5.1.4	Temperatura de ignición del metano 453	Lista de figuras	
3.5.1.5	Acumulaciones de metano..... 454	3.5 – 1 Pentágono de la explosión.....	448
3.5.1.6	Clasificación de los mantos de carbón en relación con el riesgo por la presencia de metano	3.5 – 2 Triángulo de Coward.....	450
	456	3.5 – 3 Metano acumulado en capas en un túnel a nivel	455
3.5.1.7	Método de control contra el riesgo de metano	3.5 – 4 Metano acumulado en un avance de techo	455
	458	3.5 – 5 Formación del carbón	456
3.5.2	Polvo de carbón465	3.5 – 6 Tubería de drenaje de metano, conexión del tubo insertado en la roca con el tubo de salida a superficie.....	462
3.5.2.1	Definiciones 465	3.5 – 7 Tubería de drenaje de metano con tubería paralela de nitrógeno	462
3.5.2.2	Explosividad del polvo de carbón y características del riesgo466	3.5 – 8 Explosión de metano y polvo de carbón	466
3.5.2.3	Recorrido de una explosión de polvo de carbón y sus efectos469	3.5 – 9 Esquema del avance de una explosión de polvo de carbón	467
3.5.2.4	Prevención contra las explosiones de polvo de carbón en minas subterráneas.....470	3.5 – 10 Bocamina San Joaquín Carbones San Fernando Amagá, junio de 2010	473
3.5.3	Acciones para controlar el riesgo por explosiones de gas y/o de polvo de carbón ...472	3.5 – 11 Posición de la barrera anti-explosión	475
3.5.3.1	Principios para controlar el riesgo por explosiones de gas y/o polvo de carbón	3.5 – 12 Barrera de polvo inerte en sacos	476
	473	3.5 – 13 Barrera de polvo inerte en soportes.....	476
3.5.3.2	Acciones o métodos de salvamento para controlar el riesgo por explosiones de gases y/o polvo de carbón y Supresión de los resultados de riesgos por explosiones de gases y/o polvo de carbón	3.5 – 14 Soporte para una barrera de polvo inerte	477
	481	3.5 – 15 Tamaño de un soporte típico para una barrera ligera	477
3.5.3.3	Métodos para localización y rescate de víctimas de explosiones de gases y/o polvo de carbón	3.5 – 16 Tamaño de un soporte típico para una barrera pesada	478
	483	3.5 – 17 Barrera de agua	478
3.5.4	Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar el riesgo por explosiones de gases y polvo de carbón en la atención de emergencias minera	3.5 – 18 Artesas de diversos materiales	479
	485	3.5 – 19 Barreras distribuidas	480
3.5.5	Equipo utilizado en acciones de rescate de emergencias mineras causadas por explosiones	3.5 – 20 Barreras concentradas en una intersección	480
	487	3.5 – 21 Barreras concentradas y distribuidas combinadas....	481
3.5.6	Referencias	3.5 – 22 Barreras concentradas y distribuidas en una intersección.....	481
	490	3.5 – 23 Distancias entre barreras concentradas, distribuidas y de polvo inerte	481
		3.5 – 24 Cámara de imágenes térmicas	486

3.5 Explosiones

La sección cinco del capítulo 3 define los conocimientos necesarios y los métodos empleados para la prevención de explosiones y la gestión de la respuesta tras una explosión en una mina. Es posible que una explosión subterránea provoque múltiples víctimas mortales, ya que el frente de llama, así como la onda de presión que se propaga con rapidez, no les da tiempo a los mineros para escapar. Además de lo anterior, existe un riesgo de muerte debido a los gases tóxicos o a la falta de oxígeno si el escape o el rescate se retrasan. Es importante que los operadores de minas detecten y corrijan las acumulaciones de gases explosivos o de polvo combustible y aislen las fuentes de ignición. Para el momento en que el personal de ANM llegue a la mina con los equipos de salvamento, los mineros sobrevivientes habrán estado expuestos a los productos de la combustión por un tiempo. Es posible que ocurran incendios o explosiones secundarias de los que los equipos de salvamento deben protegerse mediante el monitoreo de gases de la mina.

A nivel mundial, la minería subterránea, en particular la de carbón, todavía se asocia con incidentes y desastres, algunos de los cuales atrapan la atención del público. Estos además no se limitan a los países menos desarrollados, sino que se pueden producir en todos los sectores mineros a pesar de las mejores intenciones. Muchos incidentes resultan en múltiples muertes, lesiones graves y, en algunos casos, la pérdida de la zona de trabajo o incluso la propia mina.

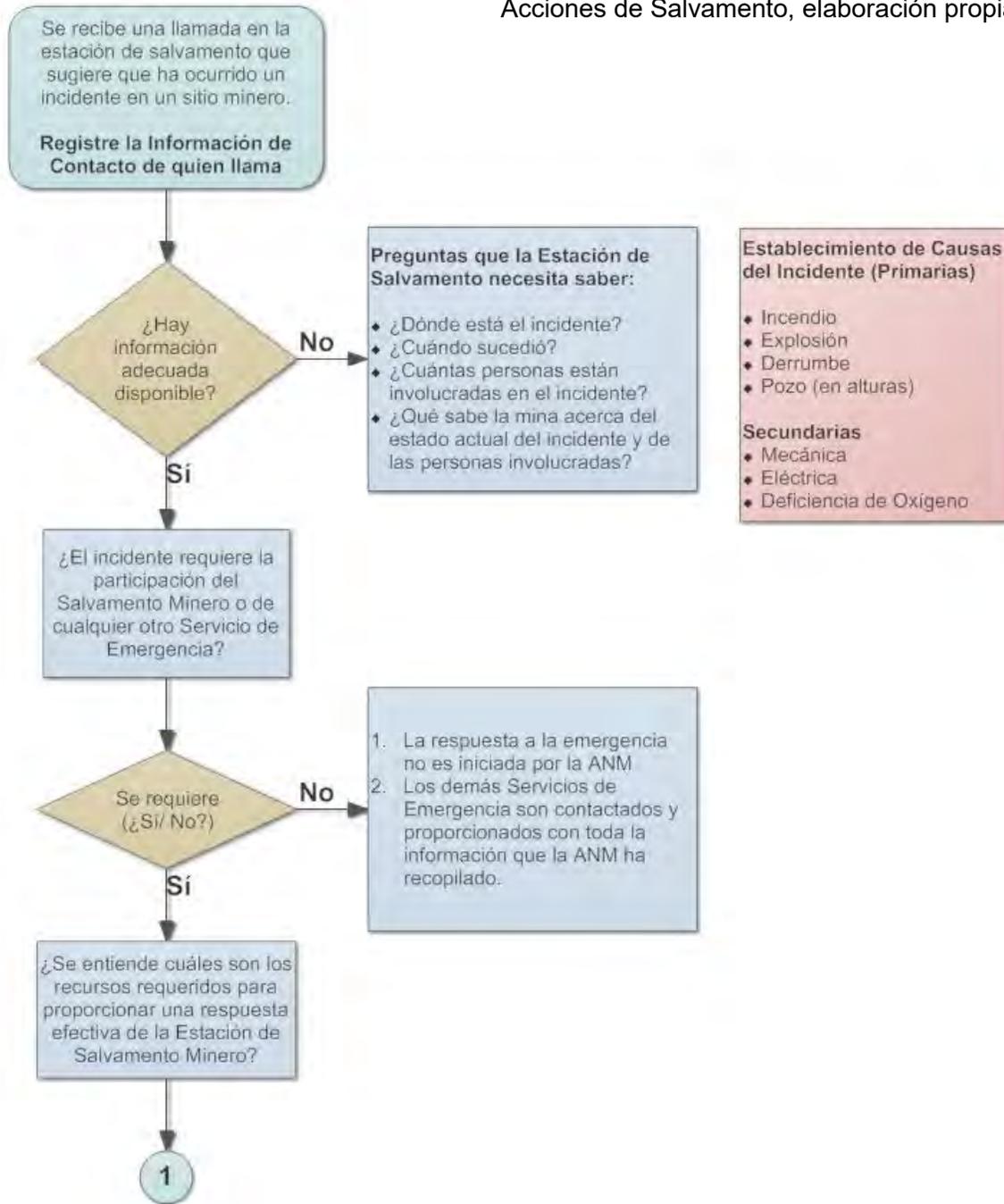
Diagrama de Flujo de Salvamento Minero

Esta sección proporciona un diagrama de flujo que fue diseñado para ayudar en la toma de decisiones en fases críticas del salvamento, a saber:

1. En el momento en que se recibe la llamada inicial, y;
2. Antes del despliegue

El diagrama de flujo también plantea una ruta para ofrecer informes efectivos después del despliegue de una cuadrilla de salvamento minero, con el fin de garantizar que:

1. Se identifique y se maneje de forma efectiva cualquier problema que potencialmente pueda afectar la capacidad de un socorredor minero para actuar adecuadamente (por ejemplo, el Estrés Postraumático).
2. Se identifique cualquier problema que haya afectado la efectividad y la eficiencia del esfuerzo de salvamento minero y, según corresponda, se revise la eventual necesidad de introducir ajustes a las directrices, normas y planes de lecciones previstos para el entrenamiento. (Diagrama de Flujo de Acciones de Salvamento, elaboración propia)



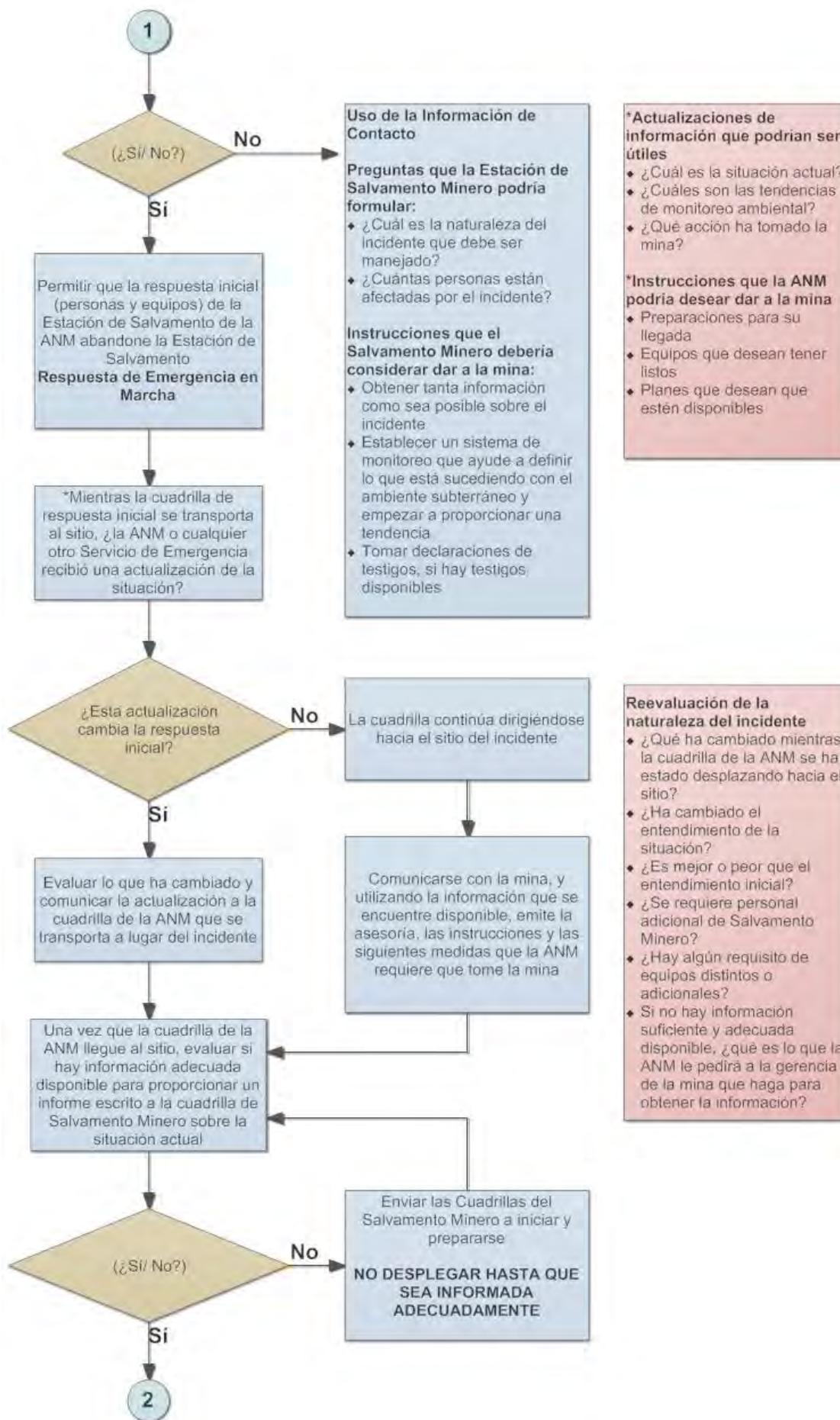
Establecimiento de Causas del Incidente (Primarias)

- Incendio
- Explosión
- Derrumbe
- Pozo (en alturas)

Secundarias

- Mecánica
- Eléctrica
- Deficiencia de Oxígeno





***Actualizaciones de información que podrían ser útiles**

- ¿Cuál es la situación actual?
- ¿Cuáles son las tendencias de monitoreo ambiental?
- ¿Qué acción ha tomado la mina?

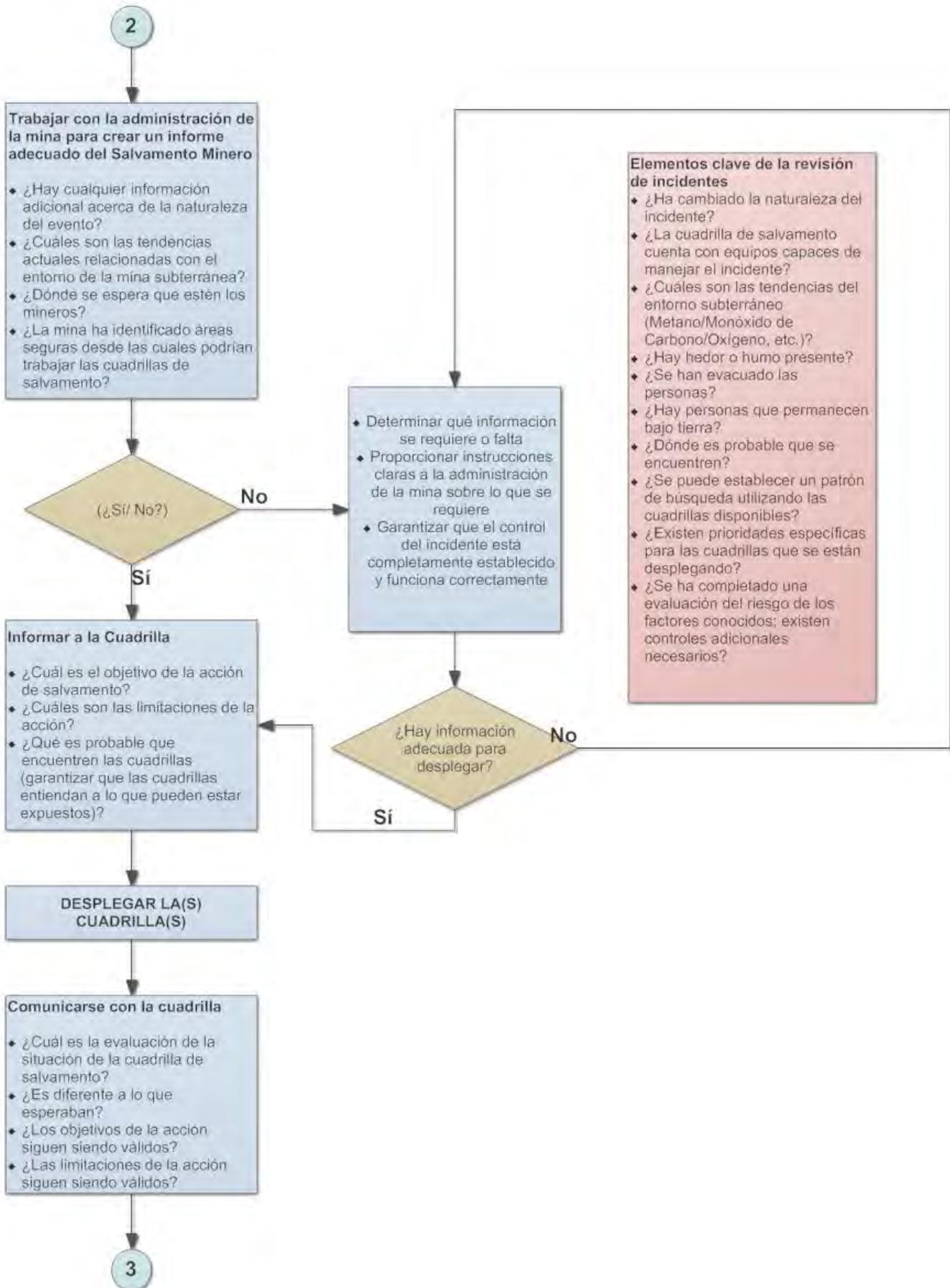
***Instrucciones que la ANM podría desear dar a la mina**

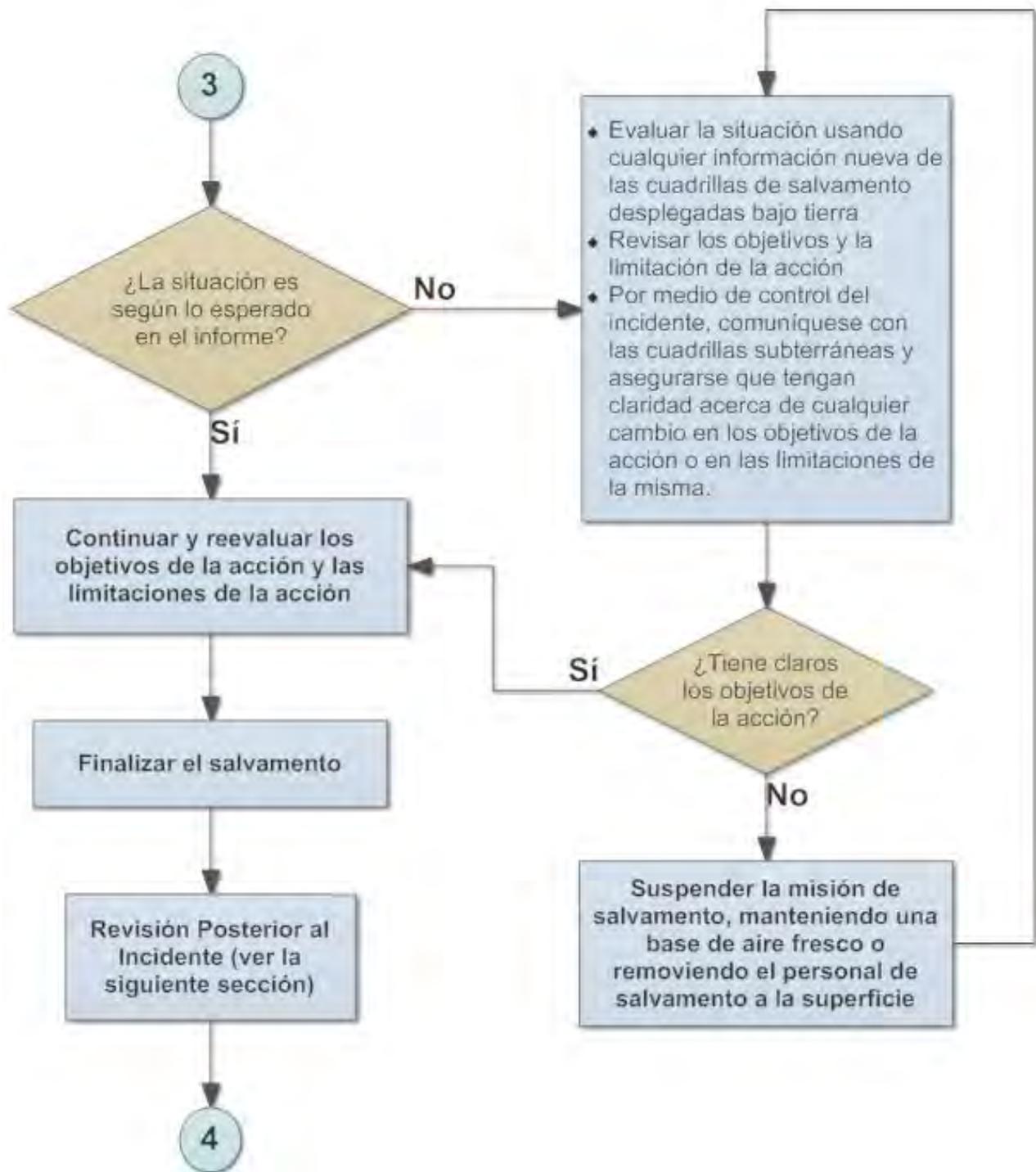
- Preparaciones para su llegada
- Equipos que desean tener listos
- Planes que desean que estén disponibles

Reevaluación de la naturaleza del incidente

- ¿Qué ha cambiado mientras la cuadrilla de la ANM se ha estado desplazando hacia el sitio?
- ¿Ha cambiado el entendimiento de la situación?
- ¿Es mejor o peor que el entendimiento inicial?
- ¿Se requiere personal adicional de Salvamento Minero?
- ¿Hay algún requisito de equipos distintos o adicionales?
- Si no hay información suficiente y adecuada disponible, ¿qué es lo que la ANM le pedirá a la gerencia de la mina que haga para obtener la información?







Revisión Posterior a un Incidente

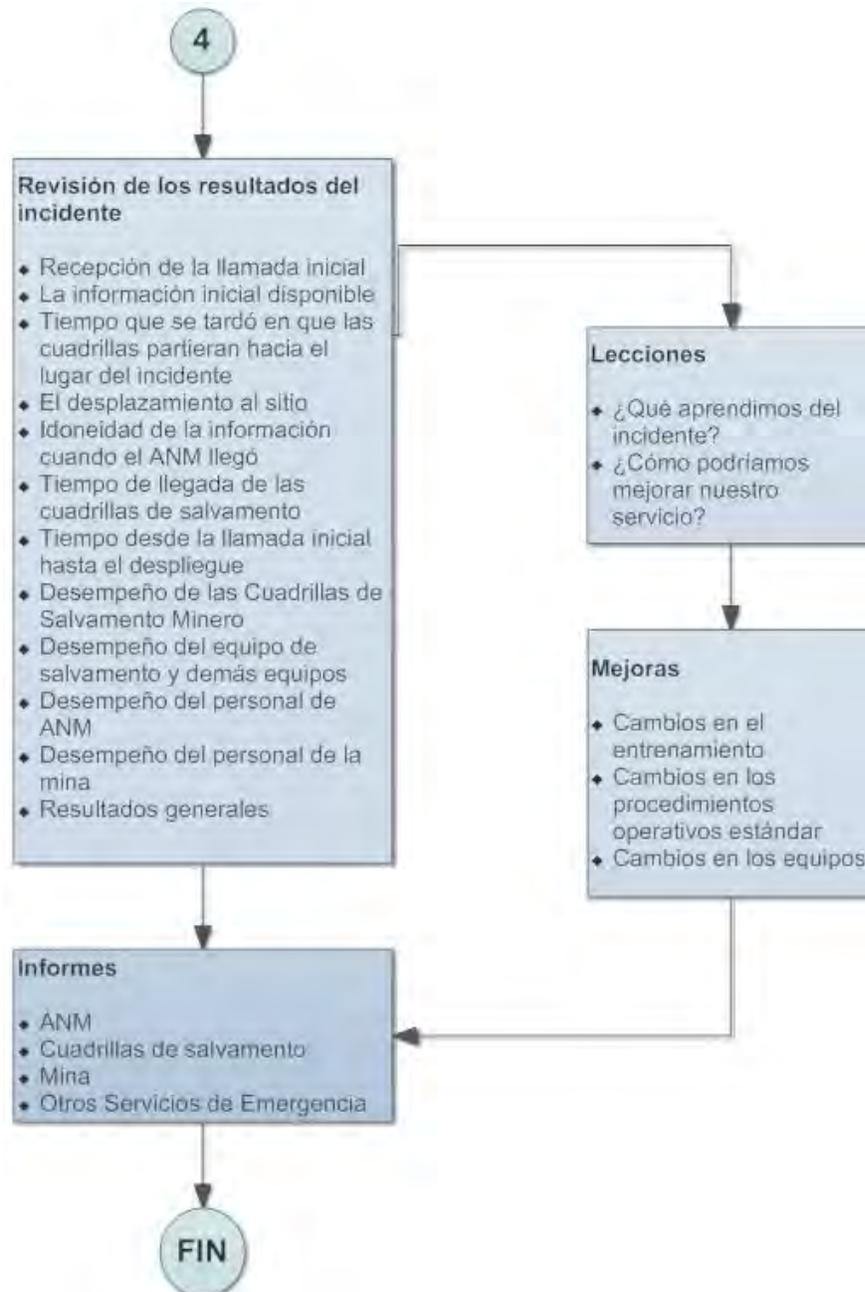
Una vez se haya completado el salvamento o incidente, se deberá realizar una revisión de las acciones ejecutadas y los resultados obtenidos tan pronto como sea posible. La revisión posterior al incidente se realizará con los objetivos clave de:

1. Tratar de establecer el motivo por el cual ocurrió el incidente (esto no hace parte de la mejora en la respuesta de salvamento, pero es importante para que la administración local de la mina y los operadores de la mina puedan tomar mayores medidas preventivas en el sector)

[si se hace alguna referencia a la investigación de incidentes, se puede hacer aquí]

2. Establecer la efectividad de la respuesta de salvamento

3. Documentar cualquier resultado clave del salvamento de manera que los lineamientos, estándares y entrenamiento se puedan mejorar continuamente



Evaluación de Incidentes

La naturaleza de una situación de emergencia puede significar que cada una es levemente diferente, y por lo tanto es casi imposible desarrollar un enfoque estándar para manejar una emergencia. Sin embargo, es posible desarrollar un enfoque común para el desarrollo de la comprensión inicial y la reacción inicial frente a la mayoría de los principales peligros mineros.

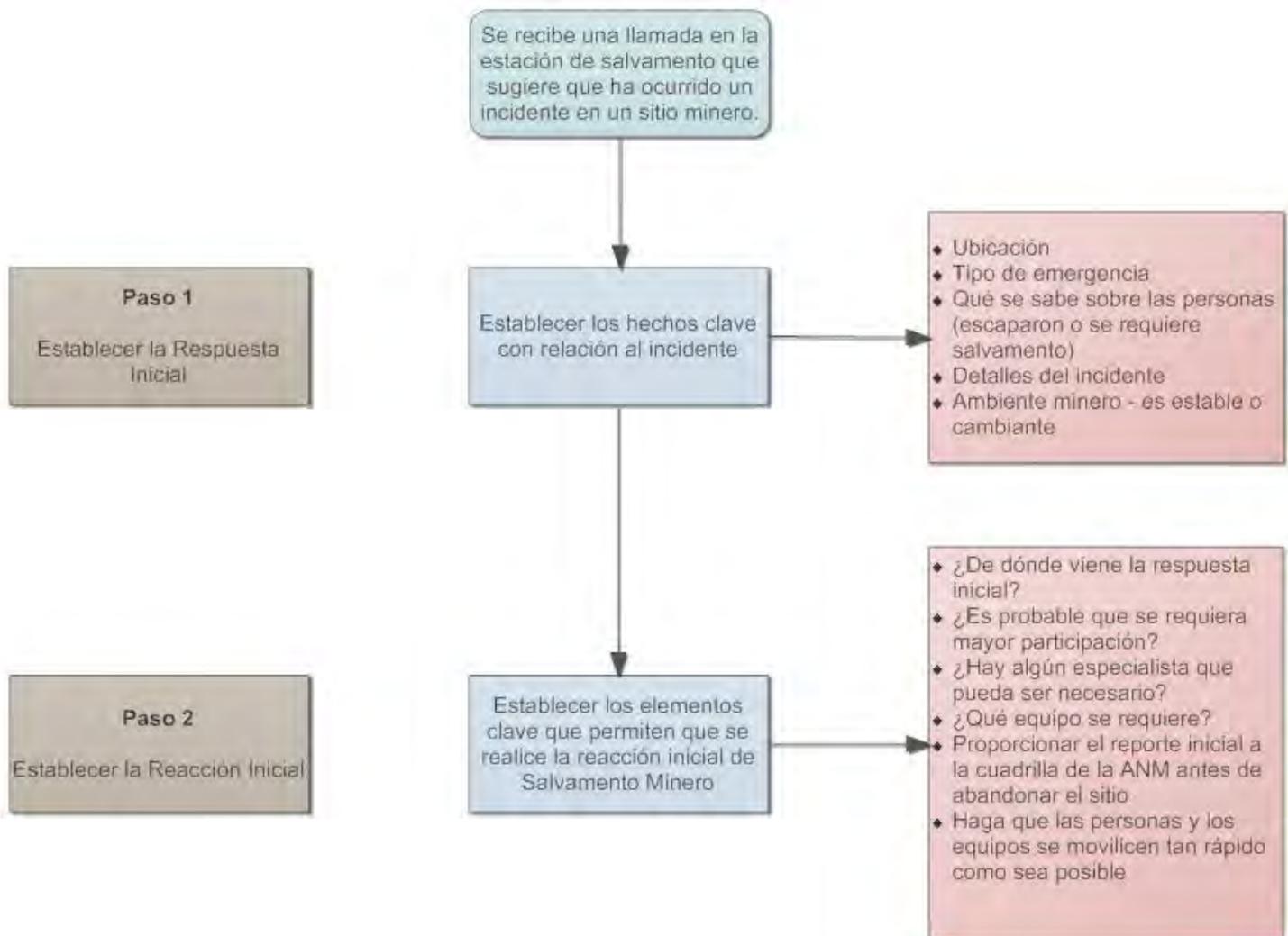
Esta sección considera que los principales peligros mineros son:

- Incendios subterráneos
- Explosiones subterráneas
- Control de suelo/deslizamiento
- Derrumbes
- Caídas de altura

Esta sección no tiene en cuenta los elementos que contribuyen a las principales amenazas mineras (especialmente incendios y explosiones subterráneas). Las áreas, por lo tanto, no cubiertas incluyen:

- Problemas mecánicos
- Problemas eléctricos

(Diagrama de Flujo de Evaluación de Incidentes, elaboración propia)



Entendimiento Inicial para la respuesta a una Explosión

3.5 – 1 Tabla que muestra en mayor detalle el entendimiento inicial/respuesta inicial a una Explosión

La Estación de Salvamento Minero recibe una llamada que sugiere que ha habido una explosión subterránea en una de las minas		
Desarrollo del Entendimiento Inicial		
Ubicación	Personas	Evento
<ul style="list-style-type: none"> • ¿En dónde está la mina? • ¿Hay algún problema para entrar a la mina? • ¿En qué parte está el incidente subterráneo? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Los mineros han podido escapar por sí mismos? • ¿Hay alguna posibilidad de que los mineros puedan escapar por sí mismos? • ¿La mina ha podido dar cuenta de todos los mineros? • En los casos en que no se ha podido dar cuenta de todos los mineros, ¿sabemos quiénes son y en dónde habían sido enviados a trabajar (o su última ubicación conocida)? • ¿Ha habido algún reporte subterráneo sobre las condiciones dentro de la mina? • ¿La gerencia de la mina ha podido interrogar a algunas de las personas que lograron escapar? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuándo comenzó el evento? • ¿Qué tipo de evento fue – una explosión de metano o una explosión de metano/polvo de carbón? • ¿Existe la posibilidad de que haya alguna otra explosión como resultado de esta? • ¿Hay algún monitoreo ambiental subterráneo operacional? • ¿Cuáles son las lecturas ambientales subterráneas actuales? • ¿Cuál es la tendencia de las lecturas ambientales? (¿Está mejorando o empeorando?) • ¿Qué sabemos de las áreas afectadas por la explosión? • ¿Es probable que impacte a alguna otra mina con la cual comparta un circuito de ventilación? • ¿La mina ha sido informada sobre el evento?
Desarrollo de la Reacción Inicial		
Personas	Equipos	Informe
<ul style="list-style-type: none"> • ¿A qué estaciones de ANM se les ha pedido que respondan? • ¿A qué personas de la ANM se les ha solicitado que respondan? • ¿La evaluación inicial indica que puede haber necesidad de contar con personas adicionales? ¿Es probable que se extienda durante un periodo considerable? • ¿Qué tipo de salvamento minero tiene disponible la mina para el despliegue? • ¿Es probable que se pueda requerir mano de obra adicional de las minas vecinas? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tipo de equipo es más probable que se necesite? • ¿Hay equipo adecuado disponible con base en el entendimiento inicial del evento? • ¿Hay necesidad de hacer acuerdos alternativos para conseguir otros equipos? • ¿Va a ser necesario hacer una revisión a los equipos en el sitio de la mina? • ¿Qué se necesita para completar el mantenimiento de los equipos en el sitio de la mina? 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe a la cuadrilla de la ANM sobre lo que probablemente va a enfrentar cuando lleguen al sitio • Asegúrese que cualquier otro Servicio de Emergencia que pueda ser requerido, esté informado al respecto • Solicite asistencia de otros sitios o de otros Servicios de Emergencia si se cree que pueden ser útiles o necesarios • Despliegue las cuadrillas de la ANM al sitio de la mina tan rápido como sea posible

Explosiones subterráneas

De lejos, el mayor número de víctimas mortales en la minería de carbón se atribuye a los derrumbes. Sin embargo, los incendios y explosiones subterráneas siguen representando uno de los principales peligros subterráneos que pueden causar la muerte. Estos, cuando se producen también tienden a generar más ansiedad, tanto en los mineros como en el público en general. Si bien los incendios pueden dar lugar a una explosión de gases en la mina, la mayoría de las explosiones están directamente relacionada con la ignición de los gases por otras fuentes de ignición. Por desgracia, el resultado de una explosión de gases es la combustión instantánea de estos, generando calor extremo, altas presiones y la eliminación de la mayoría o todo el oxígeno en el aire en la zona de la explosión. La propagación de esta explosión 1) es probable que ocurra más allá de la zona de ignición inicial dependiendo de la disponibilidad de combustible (gases de mina o polvo de carbón) o 2) es probable que no ocurra en presencia de suficientes retardadores de explosión que puedan dispersarse fácilmente y tengan capacidad para mitigar la explosión como el polvo inerte. Si la explosión se propaga a través de la mina ocupada, invariablemente resulta en múltiples muertes, ¡que en ocasiones superan la centena!

La Federación de Propietarios de Minas de Carbón del Reino Unido [*UK coal owner's federation*] dio inicio a Los Servicios de Salvamento Minero en 1902 en Tankersley para proporcionar un medio para que los mineros pudieran ser rescatados de las secuelas de las explosiones. A pesar de que muchos mineros mueren por el efecto inicial de la explosión – debido al calor y la violencia de la misma – fallecen aún más a causa de la atmósfera irrespirable. El principal y único papel de Salvamento Minero sigue siendo poder operar con seguridad en una atmósfera irrespirable.

Las cuadrillas de salvamento saben que, para que se produzca un incendio, debe existir combustible, calor y oxígeno y que, con la eliminación de cualquiera de ellos, se podrá apagar el incendio o este no habría

iniciado en primer lugar. Las explosiones también requieren la presencia de los mismos tres elementos:

- Una sustancia explosiva
- Una fuente de calor o ignición
- Oxígeno

Cada uno de estos elementos debe estar presente al mismo tiempo y en cantidad suficiente; en caso contrario, la explosión no ocurrirá. Sin embargo, el hecho de que la eliminación o reducción de cualquiera de estos factores pueda impedir la posibilidad de una explosión no es suficiente. El enfoque debe ser siempre minimizar o eliminar dos de ellos – la sustancia explosiva y la fuente de ignición. De esta manera, fallar en un método de prevención puede no causar automáticamente una explosión y le dará tiempo a un minero capacitado para que corrija el problema.

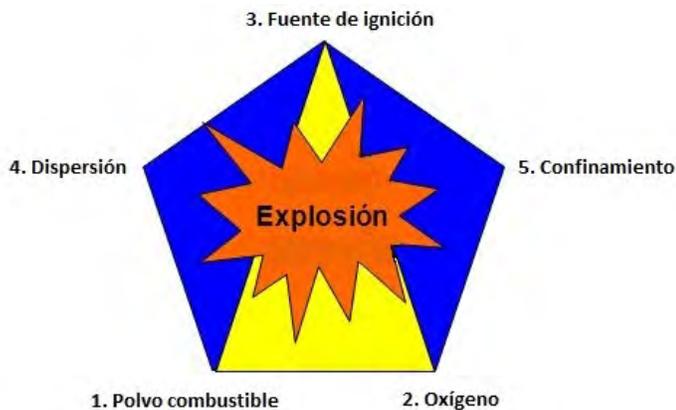
Aunque los triángulos del fuego y de las explosiones son muy similares, la combustión asociada con una explosión es mucho más rápida. Esto se debe a dos factores: la **Suspensión** y el **Confinamiento**.

El elemento explosivo más común bajo tierra es el metano y, normalmente, se encuentra en **Suspensión** en el aire. También las pequeñas partículas de polvo de carbón pueden hallarse en suspensión, ya que una ráfaga repentina de aire con fuerza suficiente puede elevar el polvo desde el suelo o separarlo de los lados y el techo de las vías; incluso una caída de rocas del techo puede ocasionar esta dispersión.

El **Confinamiento** mantiene las partículas de metano y/o de polvo de carbón en estrecha proximidad entre sí después de que se colocan en suspensión. En caso de que ocurra una explosión de gas, este confinamiento da como resultado una rápida transferencia de calor entre las partículas, lo que le permite a cualquier explosión propagarse (extenderse o difundirse) con rapidez. En conjunto, a estos cinco factores se les conoce a menudo como el pentágono de explosiones [Collett 2011].



Figura 3.5 – 1 Pentágono de la explosión



Fuente: Collett 2011

3.5.1 Metano

En general se acepta que, en las minas de carbón, las sustancias explosivas o combustibles incluyen al metano (a veces conocido como grisú), el polvo de carbón y otros gases de mina asociados, incluidos los hidrocarburos. El metano, sin embargo, es el componente más común en la iniciación de la explosión en las minas y, por tanto, es el principal objeto de atención cuando se trata de evitar una explosión.

3.5.1.1 Aparición y características del metano

Las emisiones de metano son inevitables en las minas de carbón, ya que se "desprende" de forma natural de los mantos de carbón. El objetivo debe ser diluir el metano en la corriente de ventilación de la mina y retirarlo de la misma con el fin de evitar la formación de una mezcla explosiva. Una ventilación y un mantenimiento adecuados, junto con las prácticas de minería moderna y la última tecnología, constituyen la respuesta para reducir el porcentaje de metano en la atmósfera general de la mina. Sin embargo, la ventilación no necesariamente se encarga de las "acumulaciones" de este gas potencialmente peligroso. Estos cuerpos potenciales de metano se describen con más detalle en la sección 3.5.1.4 - "Acumulaciones de metano".

3.5.1.2 Propiedades físicas y químicas del metano (Ver también la sección 3.4.1.6)

El metano (grisú) es más ligero que el aire y tiende a subir a la parte superior de cualquier explotación en la mina y quedarse flotando como el aceite flota en el agua. Por lo tanto, es un gas "flotante". Sin embargo, a diferencia de aceite y el agua, el metano y el aire se pueden mezclar fácilmente y permanecerán combinados.

El aire que circula a través de la mina a causa de los remolinos y torbellinos del circuito de ventilación se mezcla con los gases en su camino y se los lleva. A estos remolinos y torbellinos se les conoce como "turbulencia". Cuando el gas se mezcla con el aire, se dice que está "diluido".

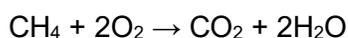
En ciertas circunstancias, el movimiento de las corrientes de aire no supera la flotabilidad de metano, el cual forma una capa y se propaga a lo largo del techo de las vías. Esta estratificación se puede formar cuando la turbulencia causada por la velocidad del aire es insuficiente para dispersar la producción (flujo de entrada de gas de los estratos hacia la mina) del gas y también pueden ir contra la dirección del flujo de aire – véase la sección 3.5.1.4 - Acumulaciones de metano.

Uno de los mayores peligros de la estratificación es que el gas puede actuar como un "fusible" si se enciende y puede transportar una llama por largas distancias, quizás hasta alcanzar una acumulación grande. Una fina capa de gas puede no ser detectada a menos que las pruebas se realicen muy cerca del techo.

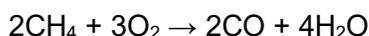
El metano (CH_4) es un compuesto de carbono (C) y de hidrógeno (H_2) que se almacena generalmente en la estructura del carbón en sí o en fracturas y es liberado por rotura durante la minería y por la presión sobre el manto y los respaldos causada por las actividades mineras.

Tiene un peso específico de 0,55 y es mucho más ligero que el aire, lo que explica su tendencia a elevarse en "capas" tal como se indicó anteriormente. No es soporte para la vida, pero no es un gas tóxico. Su característica más importante es que es extremadamente inflamable y explosivo cuando se mezcla con el aire o el oxígeno entre ciertos porcentajes de volumen.

La ignición del metano se expresa como la reacción entre el metano y el oxígeno en presencia de calor para formar dióxido de carbono y agua para su completa combustión



Sin embargo, la combustión incompleta es más probable durante una explosión, la cual deja una mezcla de gases mucho más tóxica que contiene monóxido de carbono. En este caso, el metano y el oxígeno limitado reaccionan en presencia de calor para formar monóxido de carbono y agua.



Ambas reacciones contribuyen a la formación de una atmósfera tóxica como resultado de una explosión.

3.5.1.3 Inflamabilidad del metano

Se puede quemar cualquier proporción de grisú y aire pasándola por una llama. Sin embargo, las mezclas de grisú/aire, que seguirán ardiendo sin ayuda externa, se encuentran entre dos composiciones limitantes, a las que se les conoce como el límite superior de explosividad (LSE) y el límite inferior de explosividad (LIE) que, en cifras redondeadas, ascienden al 15% y al 5% en volumen de metano en el aire común respectivamente.

Si la mezcla contiene menos de un cierto porcentaje de gas combustible para hacer que la llama pase lenta y completamente a través de la mezcla, este

porcentaje se conoce como el "límite inferior de inflamabilidad".

También existe un límite superior de inflamabilidad cuando hay tal cantidad de gas combustible que solo puede haber suficiente oxígeno para permitir que el gas se queme lenta y completamente a través de la mezcla.

Entre estos dos límites, la mezcla es explosiva debido a que la llama se propaga muy rápidamente, a veces con una explosión. Estos límites que ya se expresaron antes son:

Límite inferior	5%
Límite superior	15%

Las mezclas no explosivas de grisú con aire fresco pueden contener demasiado o muy poco grisú, y cuando un tercer componente, tal como el CO_2 mezclado con N_2 u otro gas, está presente, las cifras de análisis simple pueden ser insuficientes para obtener una percepción inmediata de todos los peligros de la situación. Para ayudar en tales circunstancias, Coward y Jones desarrollaron un sistema gráfico para expresar el análisis de aire de la mina conocido como el "Triángulo de Coward".

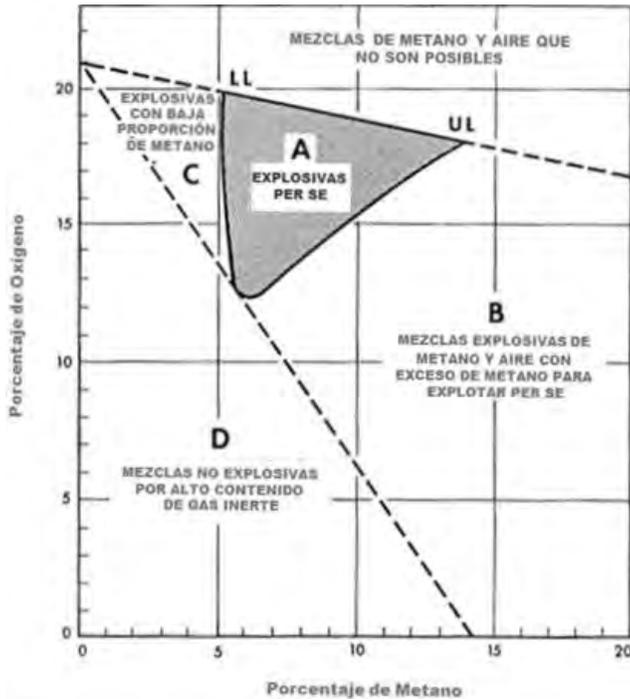
Sin oxígeno (presente en el aire) no hay posibilidad de que se produzca una explosión, pero es evidente que hay una cantidad suficiente disponible en el aire que es introducido por el sistema de ventilación en la mina. El porcentaje de volumen mínimo de oxígeno necesario para formar una mezcla explosiva con el metano varía de acuerdo con la mezcla de otros gases y las temperaturas ambiente. Sin embargo, en general se acepta que los porcentajes mínimos de oxígeno deben ser inferiores al 12% - 13% para reducir la probabilidad de una ignición. Si hay otros gases presentes, por ejemplo, hidrógeno, los niveles porcentuales de oxígeno tendrían que reducirse mucho más – por debajo del 5% – para evitar una ignición. La dilución de hidrógeno es especialmente

3.5 Causadas por Explosiones de Gases y/o Polvo de Carbón

importante en las estaciones subterráneas de carga de batería.

- Chispas inflamables (distintas a las eléctricas)
- Chispas de fricción

Figura 3.5 – 2 Triángulo de Coward



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Con muy pocas excepciones, las explosiones en las minas son el resultado de la ignición del grisú, y la fuente de ignición por lo general puede ser alguna una de las siguientes:

- chispas de fricción o combustión espontánea
- chispas inflamables
- explosivos
- lámparas mineras
- materiales combustibles ingresados de forma clandestina
- electricidad
- chispas electrostáticas
- incendios
- fuego abierto

Chispas de fricción

El término “chispas de fricción” se utiliza generalmente para denominar dos tipos distintos de generación de chispas mecánicas:

Las chispas inflamables son normalmente una combustión, tal como una reacción térmica, iniciada por una fuente de calor por fricción y en la que se presenta combustión; el calor producido se desarrolla a medida que se consume una partícula.

Una chispa de fricción aparece debido al calor disipado por impacto y no tiene ninguna fuente inherente de producción de calor. En consecuencia, la chispa de fricción es más intensa en el momento del impacto y se enfría rápida y progresivamente.

Una ignición por fricción es una ignición causada por una chispa o una zona muy caliente de la piedra producida por el roce o impacto durante la obtención de carbón o de piedra por una máquina de corte, picas de aire comprimido o martillos neumáticos o una pica ordinaria. El gas liberado por la fragmentación del carbón o emitido directamente desde el manto se enciende por el calor resultante de los golpes de las picas de la máquina cuando la máquina de corte u otro tipo de herramientas golpean ciertos tipos de roca en el techo o en el suelo o en el propio manto. Para que se produzca una ignición son necesarias dos condiciones: debe estar presente un mineral que produce una temperatura incendiaria cuando es golpeado por las picas y tiene que haber una acumulación de grisú dentro de los límites de explosividad.

Los únicos dos materiales comunes que se encuentran bajo tierra que pueden producir una temperatura incendiaria son el cuarzo y la pirita. Se deben tomar ciertas precauciones cuando estos minerales están presentes, las cuales incluyen la instalación de un dispositivo de ventilación y/o rociadores de agua para la maquinaria. El operador de la mina también debe especificar los flujos de entrada de aire mínimos por sector (área de producción de carbón) o por vía de acceso.

La probabilidad de que una fuente de ignición causada por el calor de fricción o chispas de las picas de corte se calcula de acuerdo con la clasificación del Potencial de Temperatura Incendiaria (ITP) de cualquier estrato que se pueda encontrar durante la explotación. La clasificación se hace teniendo en cuenta lo siguiente:

- conocimiento geológico y geotécnico actual
- informes geológicos y geotécnicos realizados por una persona competente
- riesgos del sector/planos record

La ITP relacionada con el contenido de cuarzo es la siguiente:

- rocas con contenido de cuarzo superior al 50%
ITP Alta
- rocas con contenido de cuarzo entre el 30% y el 50%
ITP Media
- rocas con contenido de cuarzo inferior al 30%
ITP Baja

Las rocas clasificadas como de ITP Media o Alta tienen el potencial para encender el grisú como resultado de la acción de las picas de corte.

Debido a que la minería moderna depende de la acción de corte de las picas, bien de la maquinaria o de los martillos, no es posible eliminar las igniciones por fricción en su totalidad. Sin embargo, su número debe mantenerse al mínimo y las normas relativas a la ventilación, rociadores de agua y polvo inerte de roca deben evitar que cualquier pequeña ignición por gas se convierta en una explosión.

Para impedir tal propagación, es necesario asegurarse de que el volumen de gas inflamable cerca de las picas sea mínimo y que no exista en ningún momento una fina capa de grisú que opere como una fuente de ignición que lleve la llama desde este pequeño volumen hacia una mayor acumulación en otros lugares. El problema es diluir de manera eficiente el gas alrededor de las picas de corte. La ventilación debe ser suficiente para eliminar el metano producido durante el corte y para garantizar que las

máquinas de corte, cuando se disponga de ellas, estén equipadas con ventilación a través del eje o con un tambor de extracción. Los rociadores de agua en esa maquinaria y a través del tambor en las picas ayudan a diluir el gas y enfriar las chispas.

Cuando se encuentra roca sospechosa en el techo o suelo, se debe evitar todo contacto mediante un buen control de horizonte por parte del operador de la maquinaria. En el corte a través de fallas o capas de roca aglomerante, puede ser imposible evitar que se corte la roca sospechosa. Así que, el corte debe ser realizado con cuidado, se debe prestar atención a la ventilación que llega al área y se deben realizar pruebas especiales para el gas durante el corte. Usar herramientas afiladas también reduce el riesgo de ignición por fricción, ya que hay más corte y menos roce del mineral.

En los frentes susceptibles a las igniciones por fricción, se deben proporcionar extintores de polvo seco o cubos de arena o polvo inerte de roca, tanto en el cargador de alimentación como a intervalos de unos 20 metros a lo largo del frente. Las máquinas de corte que se lleguen a usar deben tener una conexión de válvula de liberación rápida para que el agua que alimenta a los rociadores esté disponible inmediatamente para extinguir cualquier incendio. Todo corte mecanizado o semi-mecanizado de carbón debe hacerse disponiendo de un metanómetro para advertir de las acumulaciones de metano mayores a las que la ventilación pueda retirar.

Chispas inflamables

Cuando las aleaciones de magnesio, las aleaciones de aluminio e incluso el aluminio puro se golpean contra hierro que contiene óxido u otro material con contenido de oxígeno, se puede producir una chispa a una temperatura suficiente para encender una sustancia explosiva. Los equipos fabricados en el Reino Unido en parte o su totalidad, tales como máquinas de perforación, soportes de techo y equipos de corte y elevación, se han rediseñado en su mayoría

para eliminar estos materiales. En los casos en que aún se utilicen bajo tierra, se deben adoptar precauciones especiales para no crear una situación peligrosa. Por otro lado, la práctica en Estados Unidos no restringe el uso de aluminio siempre que contenga menos de 0,5% de magnesio en piezas giratorias tales como paletas de ventilador y no se pueden utilizar para los controles de ventilación o como revestimiento para detonadores o alambres [CFR 2016].

El acero oxidado puede generar una chispa al ser golpeado por una roca dura (generalmente de cuarzo) y especialmente por rocas que caigan por pozos verticales. SIMTARS (Centro de investigaciones y seguridad del gobierno australiano) determinó que una velocidad de impacto de 12 m/s es suficiente para encender mezclas de aire y metano. En los ensayos realizados, 4 de cada 100 impactos a esta velocidad encendieron el metano de la atmósfera circundante [SIMTARS 1990]. En 1986, las operaciones de relleno de pozos mineros verticales con grandes rocas en una atmósfera de metano causaron una explosión, presumiblemente a causa de impactos sobre la estructura de acero oxidado [Denk et al. 1987].

Explosivos

El uso de explosivos en la mina normalmente está cuidadosamente controlado por las normas y los materiales utilizados se especifican y se recomiendan pensando en la seguridad. Para las minas de carbón se requieren explosivos permisibles para limitar la llama generada por la explosión y prevenir la ignición de mezclas de metano y aire. Sin embargo, pueden ocurrir igniciones debido al uso inadecuado de explosivos y esto se debe evitar en lo posible.

Lámparas mineras

Las personas que lleguen a utilizar lámparas mineras de seguridad (cuando aplique) nunca deben olvidar que están llevando una fuente potencial de ignición de grisú; siempre será una remota opción frente al uso, preferible, de multidetectores de gases para el

control del metano y del oxígeno, además de otros gases.

Materiales combustibles ingresados de forma clandestina

El acto de fumar en la mina de carbón sigue siendo la forma más nociva de comportamiento que existe y ninguna medida para impedirlo se considera demasiado severa. Es extremadamente necesario registrar a todas las personas que entran a la mina, pero esta práctica tiende a descubrir más a las personas descuidadas que a los malhechores. La persona que tiene la intención de fumar en la mina tiene el objetivo de burlar los registros. Es evidente que el hecho de que alguien fume en la mina no pasa desapercibido entre los demás y la persona que lo permite es tan culpable como la que fuma.

Electricidad

La mayoría de los aparatos eléctricos - motores, interruptores, transformadores, alambres de contacto, cables, campanas de relé, teléfonos, etc. – o bien producen una chispa en el curso de su funcionamiento normal o son susceptibles de provocarla en caso de producirse un fallo. Una pequeña chispa eléctrica es suficiente para causar una explosión en una mezcla de metano y aire ya que la temperatura de la chispa a menudo puede exceder los 1.100°C. Todo el equipo eléctrico utilizado en una mina subterránea es una fuente potencial de peligro.

Con el fin de que el equipo eléctrico pueda ser utilizado bajo tierra en los frentes de una mina de carbón con seguridad, es necesario tomar precauciones para evitar la posibilidad de que las chispas eléctricas provoquen una ignición.

Existen dos métodos de prevención de este peligro en las zonas donde se esperan acumulaciones de metano:

- Proporcionar un recinto para equipos o plantas que resista, sin daños, cualquier explosión de grisú que pueda ocurrir dentro del mismo y que impida que las llamas en su interior enciendan el grisú fuera del recinto. A esto se le conoce como un “recinto antideflagrante” o un “dispositivo a prueba de explosiones”.
- El uso de medios eléctricos para eliminar el peligro de incendio. El equipo y el circuito en su conjunto están diseñados de manera que no puedan producir una chispa que encienda el grisú. Los equipos y los circuitos diseñados de esta manera se describen como "intrínsecamente seguro".

Los circuitos intrínsecamente seguros se limitan normalmente a los circuitos de baja tensión – 25 voltios de corriente continua o 15 voltios de corriente alterna – y por lo tanto solo se utilizan para los teléfonos, la señalización y el control y monitoreo remotos. Los espacios al aire fresco que son ventilados para impedir las acumulaciones de metano pueden utilizar recintos de grado industrial para proteger los componentes eléctricos del polvo y la humedad. Se requiere utilizar sistemas de inspección, monitores ambientales y controles de ventilación para garantizar las condiciones seguras de estas áreas de admisión o de aire fresco.

Las mejores prácticas en la instalación y uso de redes y de equipos eléctricos en minas derivan del acatamiento de las normas previstas al respecto en el decreto 1886 de 2015, y de la aplicación de las especificaciones establecidas en los reglamentos eléctricos para el uso de equipos debidamente certificados para su uso en atmósferas explosivas subterráneas emitidas por las entidades competentes.

Chispas electrostáticas

La electricidad estática es provocada por el movimiento de electrones cuando se separan sustancias diferentes en contacto entre ellas. Estos electrones producen una carga eléctrica que, si no se disipa, continúa acumulándose y permaneciendo

“estática”. Por ejemplo, una cinta que se mueve rápidamente sobre una polea o un papel o tela que pasa a través de máquinas sobre rodillos, adquiere una carga estática. El gas que sale de una boquilla a alta velocidad, como en un ventilador con motor neumático o un ventilador auxiliar, puede generar cargas estáticas, sobre todo si lleva partículas líquidas o sólidas. Los extintores de polvo seco deben estar equipados con una manguera de descarga de un tipo aprobado para reducir el riesgo de acumulación de carga electrostática. Las mangueras de polvo inerte de roca deben estar diseñadas para no adquirir carga electrostática.

Si la electricidad estática no se neutraliza o no se elimina tan rápidamente como se produce, la carga se acumula y eventualmente desarrollará la energía suficiente para saltar como una chispa hacia un objeto conectado a tierra cercano o menos cargado. La chispa puede encender materiales o vapores combustibles.

La generación de electricidad estática no se puede evitar, pero sí se pueden prevenir las acumulaciones peligrosas alejando las cargas eléctricas tan pronto como se produzcan mediante procesos de puesta a tierra, ionización y humidificación, ya sea por separado o en conjunto, todo lo cual reduce la posibilidad de descarga de chispa al permitir que las cargas positivas y negativas separadas se combinen sin causar daño.

Incendios

Los incendios se describen en la parte 3.1 de este Capítulo.

3.5.1.4 Temperatura de ignición del metano

El metano o grisú se clasifica como el más peligroso de los gases de mina, debido a su inflamabilidad y explosividad cuando se mezcla con el aire o el oxígeno. En zonas de riesgo se deben establecer mecanismos de vigilancia y control diseñados para detectar el metano, tales como los frentes de la mina



y los conductos de ventilación de retorno. Si se detecta, se deben tomar medidas no solo para dispersar y diluir el gas, sino también para asegurar que se aíslen o eliminen las posibles fuentes de ignición si el volumen de gas amerita dicha acción.

Ejemplo:

- Todos los hombres se retiran de la zona si el metano se eleva al 1% en volumen (20% de LIE) y se llama al equipo de salvamento minero (artículo 53 del decreto 1886 de 2015).

En condiciones normales, las mezclas de metano y aire son altamente inflamables, pero solo si se encienden dentro de un intervalo definido, normalmente aceptado como entre 5% a 15% en volumen. Dentro de este rango, el metano se auto-propaga en caso de ignición y explota en consecuencia. La mezcla de metano y aire debe ser elevada a una cierta temperatura con el fin de iniciar la ignición, lo cual depende del porcentaje de volumen y la fuente de calor. Una investigación importante sobre este fenómeno indica que la fuente de ignición juega un papel al determinar la mezcla que se enciende más fácilmente, tal como se indica en la tabla 3.5 – 2.

Tabla 3.5 – 2 Concentraciones de metano que encienden más fácilmente según la fuente de ignición

Fuente de ignición	% Metano
Superficie caliente	5-6
Alambre caliente	6-7
Chispas eléctricas	7-8
Explosivos	9
Llama	10

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Es entendido que para que las concentraciones de metano indicadas en la tabla 3.5 – 2 hagan ignición se requiere suministro suficiente de oxígeno que estará presente en la atmósfera general de la mina en la concentración mínima requerida legalmente del 19,5%

La temperatura de ignición no es una cifra definida, ya que varía de acuerdo con el porcentaje de metano presente y el método por el cual se produce la ignición. También varía ligeramente a medida que el gas se aleja de la fuente de ignición. Pueden existir otras variables tales como la presión y la temperatura ambiente, pero en general se acepta que está entre 650°C y 750°C. Esta variación en la temperatura de ignición se produce cuando la fuente de ignición o de calor se mantiene por un período de tiempo corto pero definido antes de que aparezca la llama. La fuerza explosiva máxima tiene lugar con una mezcla de aire/metano justo por debajo de 10% en volumen. En esta mezcla existe un potencial retraso de tiempo desde la aplicación de la fuente de ignición a la explosión de tan solo un tercio de un segundo.

Es importante recordar que, cuando se utilizan explosivos, se puede encender el metano en roturas o grietas en las perforaciones realizadas para colocar los explosivos. A pesar de que el uso de explosivos permisibles ha reducido considerablemente esta posibilidad, la onda expansiva de la explosión comprime súbitamente la mezcla de metano/aire en una fractura dentro de la perforación, alterando sus parámetros en relación con su rango explosivo. La formación de explosivistas debe hacer hincapié en la realización de pruebas para determinar la presencia de metano en la proximidad de las perforaciones de explosión antes de la carga y en la realización de prueba para determinar la presencia de fracturas y cavidades dentro de ellas. El uso de explosivos que no están diseñados para su uso en minas, y en particular minas de carbón, es un riesgo especialmente alto y peligroso.

3.5.1.5 Acumulaciones de metano

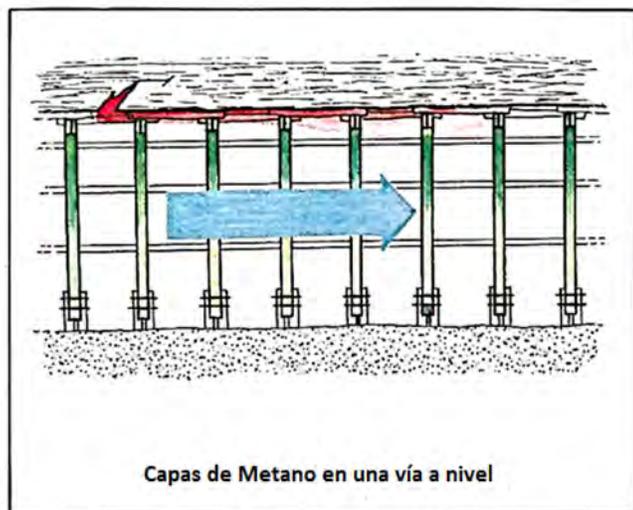
Para que el gas se recoja o se acumule, es necesario que haya lugares propicios, conformados por lo general por partes de la mina alejadas de la corriente principal de ventilación, tales como las cavidades de techo, antiguas explotaciones y acumulaciones de estériles en vacíos de las excavaciones.

Las cavidades se deben rellenar tan pronto como sea posible por dos razones principales:

- constituyen un punto de acumulación para el gas
- proporcionan la altura necesaria para que un objeto o roca que caiga obtenga la velocidad suficiente para causar una lesión o producir una chispa que podría encender el gas con el impacto

Los escombros de una caída del techo importante pueden desviar la corriente de ventilación hasta la cavidad, manteniéndola libre de gas. Sin embargo, a medida que se retiran los escombros, la corriente de ventilación volverá a tomar su curso normal, permitiendo que el gas se acumule en la cavidad. Cuando se enfrentan de este tipo de situaciones, se deben realizar revisiones de seguridad constantes y la cavidad debe permanecer ventilada positivamente hasta que se pueda rellenar.

Figura 3.5 – 3 Metano acumulado en capas en un túnel a nivel

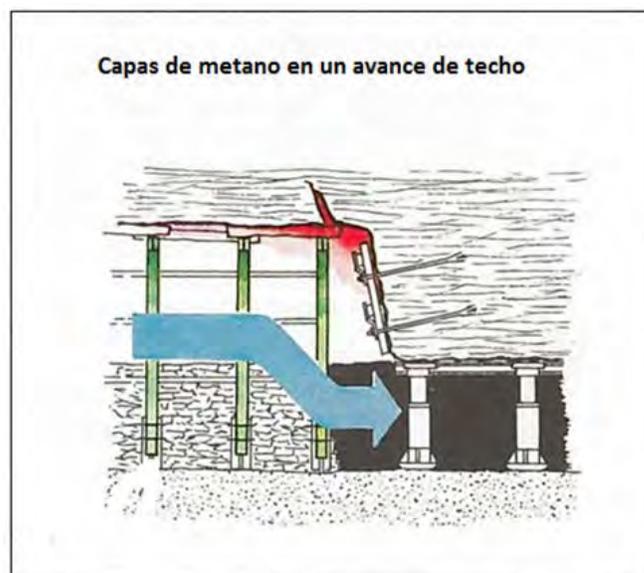


Fuente: Mines Rescue Service

La ventilación a lo largo del borde de los sitios en que se acumula estéril debe ser suficiente para diluir, neutralizar y eliminar cualquier escape de gas desde estos materiales debido a una caída normal de la presión barométrica o una caída de techo dentro de la zona de estériles. Las caídas súbitas anormales de la presión pueden perturbar mucho el funcionamiento de las minas y el operador de la mina debe adoptar medidas especiales en tanto se presenten tormentas de baja presión desplazándose por la zona.

En la mayoría de las minas con alta presencia de gases se debe considerar el drenaje de metano y, aunque se tenga gran cuidado con el diseño y el funcionamiento del sistema para garantizar que el propio sistema no genere un peligro subterráneo, se debe recordar que las explosiones son causadas por una combinación de circunstancias.

Figura 3.5 – 4 Metano acumulado en un avance de techo



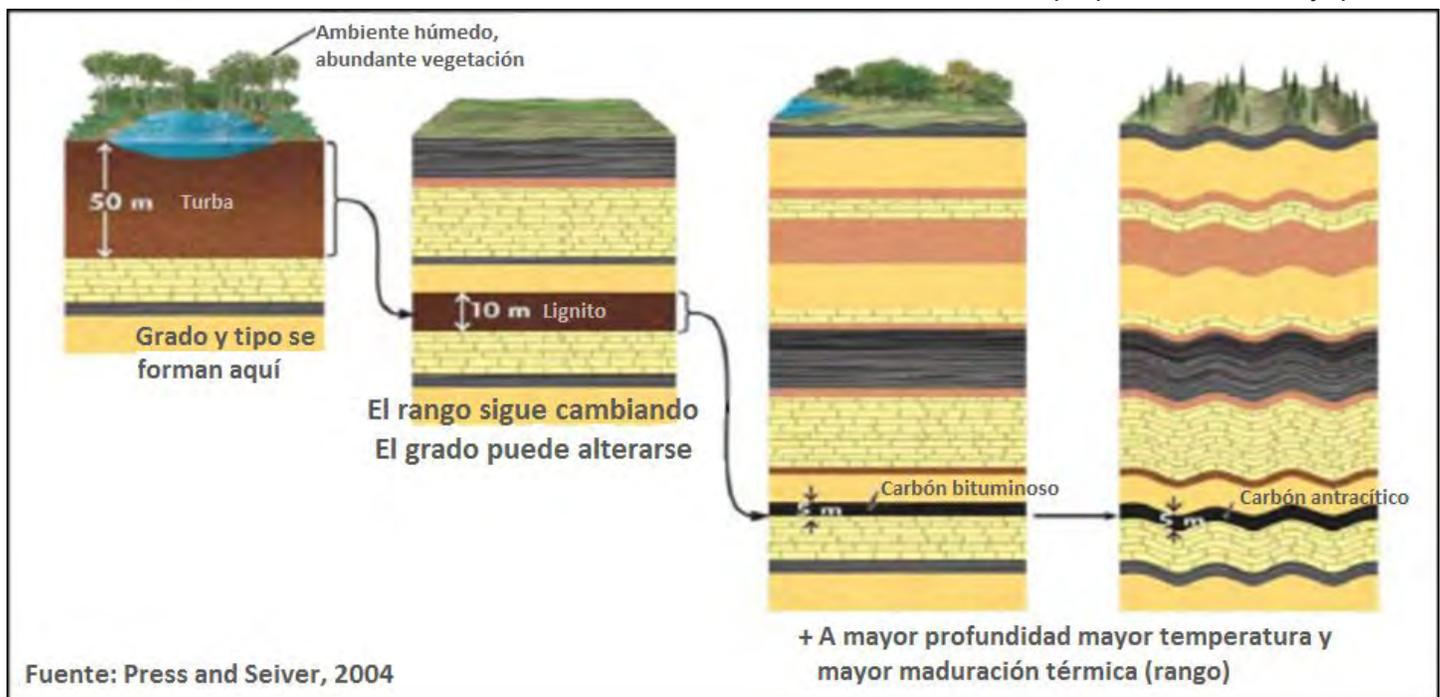
Fuente: Mines Rescue Service Ltd

La estratificación del grisú (figura 3.5 – 3) es un peligro común de todos los días y es provocado por su bajo peso específico, lo que le permite formar capas a nivel del techo. La corriente de ventilación de una mina por lo general proporciona suficiente aire con turbulencia para evitar la estratificación, pero en ciertas condiciones la corriente de aire será insuficiente para superar el efecto de flotabilidad del grisú, el cual formará una capa y se extenderá a lo largo del techo de la vía. Las capas se pueden formar cuesta arriba contra el flujo de aire, ya que el flujo de aire tiene poca velocidad y turbulencia. El principal peligro es que, tras la ignición, la capa pueda actuar como una fuente de ignición que se desplaza hasta alcanzar alguna acumulación más grande y causar una explosión o dispersar el polvo de carbón que, si se enciende, propagará la explosión por una vía donde el combustible y el oxígeno sean suficientes.

3.5.1.6 Clasificación de los mantos de carbón en relación con el riesgo por la presencia de metano

El carbón es una roca sedimentaria combustible compuesta de capas de restos de plantas que se han compactado durante muchos millones de años. El manto de carbón está conformado por la alteración de la materia vegetal muerta que se acumula inicialmente como turba en la superficie de la tierra. Cuando la turba se queda enterrada bajo sedimentos más jóvenes, la temperatura sube al aumentar la profundidad del sedimento. La turba se altera de forma secuencial por el proceso de “carbonización”, tal como se muestra en la figura 3.5 – 5.

Figura 3.5 – 5 Formación del carbón



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

La carbonización es la conversión de material vegetal en carbón por procesos naturales, incluyendo la diagénesis, y en algunos casos por metamorfismo.

La diagénesis representa el resultado de los cambios físicos y químicos que ocurren durante el aumento de la profundidad de enterramiento. El metamorfismo es la respuesta a los cambios en la presión y la temperatura durante el estado sólido posterior del

proceso, probablemente como resultado de plegado y las fallas de los estratos o la cercanía a una intrusión ígnea o depósito de roca fundida y por lo tanto se relaciona con altas temperaturas y presiones.

Los mantos de carbón pueden variar desde unos pocos centímetros hasta decenas de metros o más y son extraídas por la minería en superficie y la minería subterránea. El proceso de carbonización implica la pérdida de componentes de agua y materia volátil en forma de dióxido de carbono y algo de metano. Esto resulta en un aumento en el contenido de carbono de aproximadamente 60% en turba a más de 90% en carbón bituminoso y 95% en antracita, que a menudo se describe como un carbón “de bajo contenido en materias volátiles”. Las propiedades físicas y químicas

del carbón, es decir, su calidad, determinan si un carbón puede ser utilizado comercialmente, ya sea por sí solo o tras su procesamiento o mezcla para mejorar su calidad.

El valor calorífico (VC) es uno de los principales criterios de calidad utilizados por los consumidores de carbón y constituye la energía térmica que emite la combustión de una cantidad unitaria de combustible. Aumenta desde:

Turba	15 mega julios/kilogramo	o	4.700 Kcal/Kg
Lignito	25 mega julios/kilogramo	o	5.500 Kcal/Kg
Bituminoso	35 mega julios/kilogramo	o	6.100 Kcal/Kg

La posición actual de cualquier carbón específico en la secuencia de carbonización se describe como su "rango". El lignito tiene un "rango bajo", mientras que la antracita tiene un "rango alto". La calidad del carbón es importante para el usuario, ya que afecta el funcionamiento de su planta al quemar el carbón. Con base en las propiedades físicas de diferentes carbones bituminosos, existe una distinción fundamental en todo el mundo entre el carbón térmico utilizado para las calderas de producción de electricidad y el carbón, coquizable o metalúrgico, usado para producir coque para la industria del acero. El carbón térmico tiende a tener valores caloríficos en el extremo inferior de la gama, mientras que el carbón de coque tiende a ser más alto y contiene menos impurezas, por lo que ostenta un mayor precio de venta.

Durante este proceso de formación de carbón que determina el rango del carbón, se producen gases que se adsorben (recogen) en el carbón o se dispersan en los espacios porosos en y alrededor del manto de carbón. La cantidad de gas que puede ser adsorbida aumenta con la presión. Este gas es metano, un compuesto de carbono e hidrógeno que se cree que ha sido producido junto con algo de dióxido de carbono y agua durante la etapa de transformación de turba a lignito en el proceso de carbonización. Debido a que este proceso continúa hasta llegar al carbón bituminoso, el metano sigue siendo creado y adsorbido con el gas unido principalmente a los micro-poros o a la estructura del carbón en sí.

La mayoría de mantos de carbón conservarán este gas metano hasta que sea liberado por los cambios en las presiones externas, y en particular, por las operaciones de extracción y posterior trituración del

carbón antes de su combustión. En algunos casos, los movimientos tectónicos de los estratos pueden tanto aumentar como reducir las presiones, mientras que las intrusiones ígneas pueden alterar las características normales de los mantos y la profundidad de algunas de ellos, en los que se trabaja hoy. Sin embargo, en la mayoría de casos, la minería modifica las condiciones de estrés, lo que crea fracturas tanto en el manto como alrededor de él. Esto libera cantidades significativas de metano y el gas se sigue liberando durante la vida de la mina e incluso después de que hayan cesado los trabajos. La cantidad total de gas desprendido depende del contenido de gas del manto de carbón, la tasa de extracción de carbón, la permeabilidad y el espesor total de las capas de carbón presentes. El gas metano es un riesgo operativo, pero si se recoge de alguna manera, puede convertirse en un activo comercial para reemplazar al gas natural. El contenido de gas del manto puede estar relacionado con la profundidad de la cobertura según Thakur en su libro *Handbook for Methane Control in Mining* [Kissell 2006]. Tabla 3.5 – 3 (Datos convertidos a sistema KMS)

Tabla 3.5 - 3 Contenido de gas de los mantos de carbón

Categoría	¹ Profundidad m	Contenido de gas M ³ /ton
Mínimo ²	<200	2,7
Moderado	200 - 400	2,7 – 8,1
Alto	400 – 1.000	8,1 – 18,9

¹ Profundidad para carbones bituminosos con altos volátiles

² El término mínimo no implica que tales minas estén libres de problemas. El potencial para emergencias relacionadas con gas involucra muchos factores además del contenido de gas del carbón. Una inadecuada ventilación puede llevar a un contenido de gas en niveles explosivos en la atmósfera. Probablemente muchas explosiones con víctimas fatales han ocurrido en minas con mantos de la categoría de mínimo contenido de gas.

Fuente: *Handbook for methane Control in Mining* (Kisell 2006)

Las minas grandes y modernas categorizan sus mantos de carbón (en las que esté trabajando actualmente o trabajarán en el futuro) según el contenido de gas en metros cúbicos/toneladas de carbón. Estas cifras se calculan inicialmente utilizando muestras de núcleos de perforación, a partir de perforaciones superficiales o perforaciones realizadas en los mantos. Los resultados de este trabajo pueden ser utilizados para planificar las operaciones de la mina, las cantidades necesarias de ventilación y la tasa de producción de carbón en particular. Las muestras tomadas de pozos superficiales o de los pozos dentro de los mantos se pueden utilizar para examinar una muestra de carbón midiendo el volumen de sus emisiones de gases a presión atmosférica para luego terminar el “dibujo” final de la emisión total de gas con la trituración del carbón en el laboratorio. Los resultados sugieren opciones para trabajar diferentes mantos. En algunos casos, se ha demostrado que la minería mecanizada moderna no sería posible sin técnicas de drenaje de metano para extraer y eliminar el metano antes de la operación minera. Diamond y Schatzel describen en detalle los métodos de prueba básicos para retirar gases y obtener resultados reproducibles [Diamond y Schatzel 1998].

Se debe cumplir con las disposiciones del decreto 1886 de 2015, y en particular los artículos 58, 59, 60, 61 y 46, parágrafo 2, que abarcan disposiciones especiales para minas grisutas. El artículo 58 define tres clasificaciones para las minas por el contenido de metano del sistema de ventilación. Los artículos 60 y 61 requieren el cumplimiento por el operador de la mina con respecto a la obligación de tomar mediciones de las concentraciones de metano con la frecuencia y en aquellos lugares indicados.

3.5.1.7 Método de control contra el riesgo de metano

El drenaje de gas es una parte esencial de la explotación de carbón, donde las emisiones de gases emitidas por mantos afectados por la minería son más

altas que las que podrían ser diluidas por el aire de ventilación.

Los métodos utilizados para la captura de gas de los mantos de carbón en explotaciones de minas de carbón se clasifican convencionalmente como métodos de pre-drenaje o métodos de post-drenaje, dependiendo de si el gas se drena a partir del carbón sin explotar antes de las actividades de explotación, o del carbón afectado por la recuperación secundaria o la extracción de tajo largo.

Pre-drenaje

Cuando las presiones de gas son relativamente altas y los mantos presentan una permeabilidad razonable, las perforaciones horizontales realizadas en el manto explotado desde las vías subterráneas o túneles pueden ser eficaces en la reducción del contenido de gas antes de las actividades de explotación.

- **Pre-drenaje de vías** y paneles de carbón contiguos en donde las emisiones de gas inusualmente altas se presentan en zonas vírgenes de carbón. En otros lugares, se realizan perforaciones verticales cortas en los techos de los frentes de excavación para controlar las emisiones de metano a partir de fracturas discretas en areniscas con contenido de gas o mantos de carbón suprayacente. En los lugares en donde exista un riesgo de ignición por fricción en vías mecanizadas debido a la presencia simultánea de gas inflamable y roca propensa a generar chispas incendiarias, se han realizado en ocasiones perforaciones de ángulo cerrado en el techo o en el suelo para terminar por delante del frente y liberar el gas antes de la extracción. A veces se requiere el pre-drenaje del gas para reducir el riesgo de explosiones de gas en el frente. La autoridad minera en Australia, por ejemplo, exige la realización de actividades de pre-drenaje cuando el contenido total de gas en el lugar excede un estándar específico. En Manto Pittsburgh se perforan orificios largos siguiendo la dirección del manto en paralelo al frente de desarrollo a distancias de 1000 metros o más para

proteger a la operación minera de niveles excesivos de metano presentes en el aire de ventilación.

-
- **Pre-drenaje en perforaciones superficiales**

Los mantos en algunas formaciones geológicas son lo suficientemente permeables debido a una estructura de grietas relativamente abierta, lo que permite la producción de gas y el agua a partir de perforaciones superficiales a tasas significativas. El manto por lo general tiene que ser tratado o estimulado en las proximidades del pozo para maximizar el flujo recuperado. El sistema de estimulación más exitoso es la estimulación por fractura hidráulica, "*hydrofracking*", que implica la creación de una fractura hidráulica vertical y su propagación en el manto de carbón a distancias de hasta 300 metros en cualquier lado de la perforación. El medio de presión es agua, espuma, gas o gel y se utiliza arena o algún otro material (llamado agente de sostén) para mantener las fracturas abiertas. La fractura forma un camino de alta conductividad a lo largo de la cual el gas puede fluir en el pozo. Cuando están presentes varios mantos, se pueden crear múltiples fracturas en toda la serie de mantos con la misma perforación.

- **Post-drenaje**

Todos los métodos para interceptar el grisú liberado por la actividad minera antes de que pueda entrar en un conducto de ventilación de la mina implican la obtención de acceso, de una manera u otra, a la zona afectada, arriba y, a veces abajo del manto en que se está trabajando.

El acceso se logra mediante la perforación desde las vías subterráneas, la perforación desde la superficie, la construcción de vías en la zona afectada o la explotación de antiguos trabajos que se encuentran dentro de la zona afectada. Independientemente del método de acceso utilizado, el objetivo es capturar consistentemente gas suficiente para garantizar que la ventilación de la mina pueda diluir satisfactoriamente cualquier emisión restante a la velocidad prevista de producción de carbón. La elección del método está determinada por la practicidad, seguridad y costo del mismo.

- **Perforaciones transversales realizadas previamente**

En algunos países, se afirma que las perforaciones realizadas en terreno virgen antes de que el frente en retroceso explote el carbón tienen un buen resultado. Se han utilizado tuberías de acero o plástico perforado para mantener la integridad de las perforaciones. Las perforaciones realizadas, previamente en un manto de carbón en Estados Unidos, capturaron aproximadamente el 71% del metano producido por la explotación del manto en tajo largo [García y Cervik 1985]. Las razones para el éxito variado de las perforaciones transversales realizadas por delante de los tajos largos en retroceso no se entienden completamente, pero es posible que la minería y las tensiones naturales, las características geotécnicas de los estratos del techo y la profundidad de la cobertura sean los factores relevantes.

- **Drenaje a la superficie utilizado pozos verticales**

Este enfoque, que se utiliza en Australia, China, Sudáfrica y los Estados Unidos, consiste en la realización de perforaciones verticales desde la superficie, por encima de los paneles de tajo largo para capturar el gas de los mantos de carbón en los estratos del techo afectados por la extracción del carbón.

El método es aplicable a las minas de carbón de tajo largo relativamente poco profundas (hasta 600 m de profundidad) donde hay pocas restricciones con respecto a la perforación de superficie y la construcción de sitios de ventilación en la superficie. En Estados Unidos, la tubería de revestimiento se coloca alrededor de 20 m por encima del manto para capturar el gas de los depósitos subterráneos de estéril sin contaminar del aire de ventilación. El mismo orificio generalmente no se puede usar para el drenaje previo a la extracción de los mantos, pero para que funcione, es necesario que no haya cambios en el tamaño y la orientación del panel. Los pozos verticales de desgasificación adecuadamente diseñados y gestionados con bombas de vacío se pueden utilizar para mantener un frente seguro y producir un e metano de alta pureza que se puede vender como gas natural.

- **Drenaje de los respaldos desde vías subyacentes o superpuestas**



A finales de la década de 1940 se desarrolló un método de drenaje de gas que a veces se le denomina el "frente suprayacente" o el método "Hirschbach" en la cuenca del Sarre en Alemania, que involucra la excavación de un túnel por encima del manto explotada antes de su extracción mediante un método de tajo largo. Siempre que sea posible, la vía se ejecuta en carbón para reducir el costo. A veces se realizan perforaciones desde la vía para extender su zona de influencia. Luego se sella la vía con un tabique en el que se instala de un tubo de drenaje de metano para extraer el gas. Por lo general, una vía de drenaje se ubicada a partir de los 20 metros y hasta los 25 metros por encima del manto explotado o a menos de 20 metros por debajo.

- **Drenaje de los respaldos utilizando perforaciones largas y horizontales encima o debajo del manto explotado**

Las técnicas modernas de perforación guiada de barrenos largos tienen el potencial de lograr un resultado similar con el método anterior, sin incurrir en el coste adicional de ejecutar una galería de acceso y una vía de drenaje de gas. Se puede guiar una perforación que comience a partir del manto explotada a través de un arco para que esté ubicada en paralelo con las explotaciones en un horizonte seleccionado encima o por debajo. Para lograr una captura de gas razonable y también para tener debidamente en cuenta posibles daños a la perforación con la retirada del frente de tajo largo, se requieren tres o más perforaciones. Un intento de demostrar el método en el Reino Unido fracasó debido a las dificultades de perforación (Bennett, 1994) como resultado de la expansión de las lodolitas y la inestabilidad de la perforación. Se han demostrado aplicaciones exitosas en Australia, China y Estados Unidos. Sin embargo, este método no parece haber sido ampliamente adoptado por las empresas mineras de carbón.

- **Drenaje de estériles del horizonte explotado**

El drenaje directo del gas desde los escombros se puede lograr a partir de tubos colocados en la vía de retorno de un frente en retroceso que se dejan abiertos en la línea de inicio del frente, a partir de tubos insertados a través de tabiques de aislamiento erigidos en el extremo de retorno del frente, o en cruzadas ejecutadas desde una vía paralela. Estos

métodos no son por lo general muy eficaces porque se requieren altas capacidades de drenaje y el gas capturado puede ser de muy baja pureza para su utilización. El método puede ser adecuado si las emisiones de gas son relativamente bajas. Sin embargo, cuando se extraen mantos de gran espesor en China, se obtienen grandes caudales y altos niveles de pureza utilizando este método.

Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, existen varios métodos utilizados para el drenaje de grisú/metano antes de entrar en la corriente de ventilación. El método más comúnmente utilizado en la mayoría de las minas en el Reino Unido es la realización de perforaciones transversales desde las vías subterráneas. Para tener éxito, el sistema debe reducir la concentración de metano en la atmósfera general de la vía de retorno de una unidad de producción operativa. El gas obtenido del sistema de drenaje más el contenido en la atmósfera general de la ventilación, será mayor que el obtenido antes de la introducción del drenaje.

El objetivo principal es permitir que la producción de carbón continúe en un entorno seguro. Un segundo objetivo puede ser la utilización del gas en los casos en los que la cantidad sea suficiente y consistente. La principal emisión de metano se produce en la zona libre de estrés inmediatamente detrás del área de recuperación secundaria o del frente de tajo largo. Los orificios deben ser perforados en esta zona tan cerca del frente y detrás de él como sea posible. En los casos en que las unidades transportadoras, vagones y zonas de manipulación de materiales impliquen que la instalación cerca del frente sea difícil de lograr, el equipo de perforación se puede instalar más lejos y los orificios se pueden realizar en ángulo hacia el frente. En la minería de retroceso, normalmente se mantienen orificios detrás de la línea de frente en la vía de retorno. Se debe hacer lo posible por proporcionar un apoyo adecuado en esta zona durante el mayor tiempo posible con el fin de maximizar la extracción de gas metano.

La distancia entre perforaciones adyacentes en una vía se ve afectada por una serie de factores:

- si la distancia a los mantos adyacentes es grande y los flujos de gas son pequeños, entonces los orificios pueden estar más separados. Una pequeña distancia a los mantos adyacentes con alto contenido de gas requerirá un espaciado más corto entre perforaciones.
- cuando la perforación en estratos duros sea difícil, es posible que exista mayor separación para mantener la velocidad de avance. Si esto es inaceptable, entonces se tendrán que modificar los métodos de perforación.
- las altas concentraciones generales en la atmósfera de la mina pueden evitarse con una menor separación entre las perforaciones y perforando más cerca del frente.

En general, se establece un espaciado de 15-25 metros como punto de partida, que luego puede ser modificado en función de los resultados.

Ángulo, dirección y longitud de las perforaciones

Se determinan por la posición de los horizontes con contenido de gas en el techo y el suelo en relación con las explotaciones. El objetivo es hacer contacto con estas fuentes de gas cerca del frente de la zona libre de estrés. La experiencia adquirida en los sectores adyacentes del mismo manto es siempre valiosa para tomar una decisión.

Hay que tener cuidado de no usar un ángulo demasiado bajo porque las fracturas de los estratos pueden deteriorar la perforación, lo cual tiene como resultado obtener gas de baja pureza en los estériles. Las perforaciones deben ser de longitud suficiente para hacer contacto con la fuente de gas principal en la zona no afectada. En general, los orificios se perforan a un ángulo de 55° con respecto al plano del manto. La longitud de las perforaciones en la práctica varía de 25 metros a 90 metros y se ubican paralelos al frente.

Es aconsejable preparar por parte de la gerencia o administración de la mina un Esquema de Gestión

para el Drenaje de Metano, documento que debe indicar lo siguiente:

- espaciamiento de las perforaciones
- distancia máxima entre la última perforación y el frente
- ángulo de las perforaciones
- dirección de las perforaciones
- longitud de las perforaciones

Maquinaria de perforación

La maquinaria utilizada para la perforación puede ser giratoria, de percusión o una combinación de los dos. Se han desarrollado maquinarias especiales para uso subterráneo donde el peso, la portabilidad y facilidad de instalación son críticos.

Las brocas de diamante policristalino (PCD) también son ampliamente utilizadas. La mayoría de las brocas PCD tienen un cuerpo matriz fundido resistente al desgaste, con protección de recubrimiento de carburo de tungsteno, elementos de corte bien anclados y una buena capacidad para el enjuague y retiro de los ripsos de corte. Es posible obtener tasas de penetración buenas tanto en el carbón como en la roca con estas brocas.

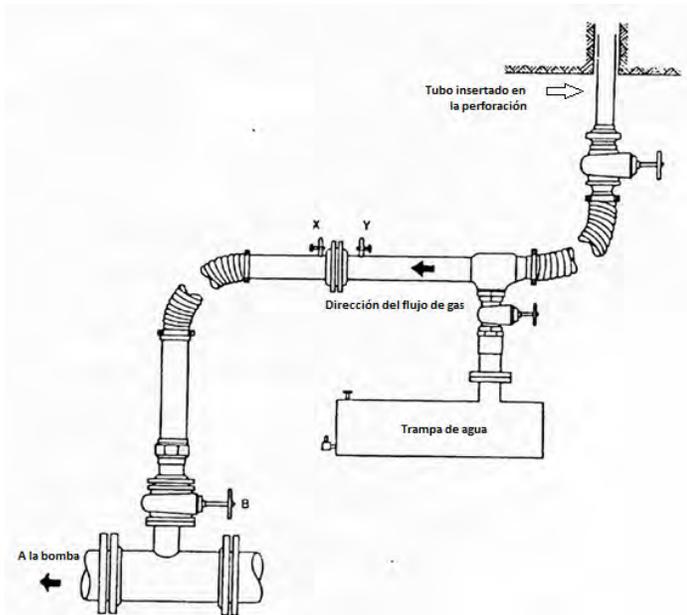
Tuberías

Se instala tubería en la primera sección de cada perforación y su fin es limitar la cantidad de aire que pasa de la vía o del estéril hacia el sistema. También se utilizan para conformar la conexión entre la perforación y las tuberías de metano.

La longitud del orificio requerido para el tubo se debe perforar a un diámetro superior (115 mm) al que tendrá la perforación efectiva de drenaje. La tubería (cuyo diámetro interno es de 76 mm) se inserta en la primera sección de la perforación y se cementa para sellar los espacios entre sus lados y las paredes de roca de la perforación. La perforación del pozo efectivo de drenaje se hace a través de la tubería instalada y tendrá un diámetro de 50-65 mm.

La conexión a la tubería principal es tal como muestra en la figura 3.5 - 6.

Figura 3.5 – 6 Tubería subterránea para drenaje de metano – conexión del tubo insertado en la roca con el tubo de salida a superficie



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Una disposición alternativa incluye una línea paralela llena de nitrógeno a una presión mayor a la de la tubería de metano e interconectada a ella por válvulas automáticas que se accionarán cerrando el paso del metano cuando la presión de éste baje por daños en la tubería [Kissell de 2006].

Esta disposición se muestra de manera esquemática en la figura 3.5 - 7

Bombas extractoras

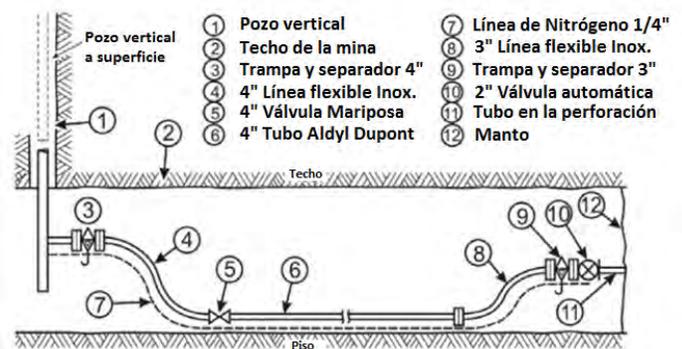
El grisú se retira de las perforaciones a través de la tubería de drenaje por una bomba de vacío rotativa de cierre hidráulico. Las bombas Nash-Hytor se emplean por razones de seguridad y facilidad de control. Las bombas de vacío accionadas eléctricamente deben estar situadas en una conexión entre la entrada y el retorno siempre que sea posible. Se pueden utilizar perforaciones verticales para dirigir este gas capturado a la superficie. De lo contrario, se

debe manejar el gas con el sistema de ventilación de la mina. Cuando la bomba de vacío se encuentra en la superficie, se requiere un pararrayos para evitar una ignición en la mina.

La tubería que descargue el gas en las vías de ventilación debe terminar en un difusor y estar protegida por una valla. El contenido de metano en cualquier punto fuera de la valla no debe superar el 2%.

Si la pureza del gas cae por debajo del 25% (salvo acuerdo en contrario), el extractor debe apagarse hasta que mejore la pureza. Este porcentaje es menor al requerido en Estados Unidos, donde se exige al menos el doble del Límite Superior de Explosividad como un coeficiente de seguridad que, para el metano, es 30%.

Figura 3.5 – 7 Tubería de drenaje de metano con paralela de nitrógeno



Instalación de tubería subterránea de metano

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Drenaje de antiguas explotaciones

Al recoger el gas de antiguas explotaciones, puede ser suficiente drenar directamente a través de un tabique de aislamiento en el lado de retorno. Cuando la emisión es baja y el efecto de los cambios barométricos es muy pronunciado, puede ser necesario construir cámaras de presión. Estas cámaras de aire deben estar en los tabiques de

aislamiento de entrada y retorno y se debe regular la presión con ventiladores.

Medidas de control del riesgo de metano

Aun con las medidas de drenaje que se implementen, el proceso de producción del carbón, en el cual este es fracturado para retirarlo del manto y transportarlo, causará la liberación del gas que permanezca en la estructura del mineral y en las fisuras del mismo.

Será necesario implementar medidas adicionales para el control de los niveles del gas en la atmósfera y para mantener al personal y a las instalaciones a salvo el riesgo de explosión siempre presente.

Para entender más del riesgo que se enfrenta se reiteran algunos conceptos generales sobre este gas.

Efectos fisiológicos del metano

- no tiene efectos sobre los organismos vivos
- grandes cantidades disminuirán la proporción de oxígeno disponible, y esta insuficiencia es lo que afecta a las personas.

Dado que es mucho más liviano que el aire, el metano se acumulará en el techo de las vías de la mina, particularmente en las cavidades o rupturas detrás de los soportes, donde puede ser difícil detectarlo. Cuando las corrientes de ventilación son bajas, se dispersa lentamente y tiende a formar una capa cerca del techo de una vía y se va extendiendo por ella. Esta capa puede generar una potencial ignición del gas a lo largo de distancias considerables en la mina. Se debe tener especial atención a la búsqueda de cavidades en el techo que contengan metano y hayan formado estas capas. Si se encuentran, se deben tomar acciones de inmediato para remover el gas y dispersarlo con seguridad.

A continuación, se muestran las tres formas principales en las que el metano ingresa a las galerías de la mina, a saber:

- emisión gradual desde el manto y los respaldos
- escapes desde bolsas de gas bajo presión en el manto o en los respaldos
- estallido o reventones o expulsión súbita y en grandes cantidades desde bolsas de gas bajo presión en el manto o en los respaldos

Emisión gradual

Bajo condiciones normales, este es el método por el cual el metano ingresa a las galerías. Se desprende de las superficies de carbón y los estratos adyacentes recientemente expuestos. Por lo general, es bastante estable, pero la cantidad se ve afectada por los movimientos de los estratos, los cambios en la presión atmosférica y la cantidad de cortes de carbón realizados en los tajos de la mina. La cantidad de aire entregada al frente de producción debe diluir el metano de inmediato a un porcentaje seguro. La práctica del “drenaje de metano” ya descrita, también ayuda a reducir la cantidad de metano emitida en la corriente de aire

En la práctica, pueden surgir los siguientes problemas en un sector en desarrollo o producción en la mina, e interrumpir el control de la liberación de metano temporalmente.

- Reducción de la cantidad de aire por problemas en la ventilación.
- Pozos de drenaje de metano demasiado lejos de los frentes de avance.
- Pozos de drenaje de metano no mantenidos detrás de los tajos largos o cortos en retroceso
- Detenimiento temporal de la bomba de drenaje de metano o bloqueo por agua en tubos de drenaje.
- Una caída en la presión barométrica.

En algunas ocasiones, el metano en la atmósfera general de la mina puede alcanzar un porcentaje tal que supere los límites permisibles establecidos por el decreto 1886 de 2015 en su artículo 53, lo que

requerirá que los hombres se retiren para garantizar su seguridad frente al riesgo de explosión.

Escapes

Esta es una situación en la que se libera una súbita emisión de metano en las galerías. Para que esto pase, debe haber una fuente del gas (la veta de carbón) y una cobertura de roca fuerte, bien cimentada y de baja permeabilidad por encima de las galerías.

Durante el curso de las operaciones mineras, la tapa de la roca no se fractura con facilidad y los estratos porosos entre la veta y la tapa de la roca se vuelven un reservorio para gas presurizado. Subsiguientemente, cuando ocurre la fractura, se liberan cantidades adicionales de metano a presión a la mina. En algunos casos, la concentración de metano en el aire general de la ventilación puede pasar a representar tanto un riesgo de asfixia como un riesgo de explosión.

El riesgo de emisión es mayor en algunos momentos:

- Poco tiempo después de que los tajos largos han comenzado a producir.
- Al reiniciar los tajos largos después de un receso.
- Al pasar por encima o por debajo de pilares de carbón.
- Un cambio en el ritmo de producción.

El riesgo se reduce cuando se opera un sistema eficiente de drenaje de metano. Una valiosa medida de seguridad adicional puede ser un suministro de aire filtrado, entregado a puntos determinados de respiración a lo largo de la cara y el retorno, para que los hombres lo utilicen en el caso de una emisión súbita. El personal también debe contar con respiradores autónomos e independientes del tipo de oxígeno químico, por ejemplo: Auto-rescatador DZGA Ci-30ks, en aplicación de la norma vigente respectiva.

Reventones / Estallidos

El término se utiliza para describir la liberación súbita de un volumen anormal de metano en las galerías de la mina. Se libera súbitamente de rupturas inducidas por los movimientos de los estratos. Por lo general ocurren desde el suelo y, usualmente, cerca del frente de explotación de carbón.

El volumen liberado por estallidos del piso ha variado de miles a millones de metros cúbicos. En algunos casos, el ritmo de flujo ha llegado a miles de metros cúbicos por segundo y en periodos de emisión que han variado desde unas pocas horas a varios meses. ¡Esto es un gran problema!

El término “estallido” también incluye la combustión espontánea de grisú y carbón pulverizado de una veta siendo trabajada. Dichos incidentes fueron muy comunes en las vetas de antracita en el sureste de Gales en el Reino Unido. El carbón en el sitio había sido pulverizado por las fuerzas estructurales de algunas formaciones geológicas. Si los trabajos de la mina intersectaban dicha zona, el gas se esparcía rápidamente y, junto con el carbón pulverizado, se descargaba violentamente sobre las galerías. Existía el riesgo potencial de asfixia y acumulación de porcentajes explosivos de grisú. En algunas minas en los campos de carbón del sur de Gales, se almacenaron aparatos de oxígeno de escape subterráneo para que los hombres las utilizaran con el fin de viajar con seguridad desde la zona de riesgo.

En resumen, los métodos de control del riesgo de metano contemplados en este documento incluyen:

Durante la planeación de la actividad de la mina:

- Estimación competente del contenido de metano de los mantos a explotar (m^3 por tonelada).
- Aplicación de estrategias de pre-drenaje del gas
- Cálculo adecuado de las necesidades de ventilación para diluir el gas que se producirá a niveles adecuados

Durante la actividad productiva de la mina

- Confirmación sistemática de los niveles de concentración del gas en la atmósfera de la mina

para tomar las medidas oportunas ante niveles anormales, por medio de uno cualquiera de los siguientes sistemas:

- Muestreo de gases con bomba CRE.
- Detección de gases con fuelle y tubos detectores.
- Multidetectores portátiles de gases.
- Monitoreo permanente de las concentraciones del gas por medio de uno cualquiera de los siguientes métodos:
 - Monitoreo ambiental por transductores
 - Monitoreo por muestreo mediante haces de tubos.
- Manejo y control de la ventilación mediante el uso de ventiladores principales y auxiliares adecuados y de puertas, cruces, tabiques que cumplan con la necesidad técnica de la explotación.
- Asegurar el respaldo necesario para el suministro de energía eléctrica durante los cortes eventuales de la red a fin de mantener la ventilación en funcionamiento adecuado.
- Atender íntegramente las estipulaciones del Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas contenido en el decreto 1886 de 2015.

3.5.2 Polvo de carbón

El metano y otros gases de mina son riesgos bien conocidos debido a la posibilidad de que se produzca una explosión o la creación de una atmósfera deficiente en oxígeno. Un peligro adicional, tal vez no siempre reconocido, es la presencia de polvo en las minas, y en particular el polvo de carbón en las minas subterráneas de carbón. El mineral sulfurado, el lignito y el carbón bituminoso, la gilsonita y el polvo de pizarra bituminosa también pueden ser explosivos o hacer combustión espontánea en las condiciones adecuadas [Sapko, et al. 2000].

En la extracción de carbón, es imposible evitar la formación de polvo, y parte de este polvo se eleva a la atmósfera y se transfiere a las vías. Otra parte puede llegar a los puntos de carga, a las bandas transportadoras y a los carros mineros antes de

dispersarse en la atmósfera, y puede encontrarse en los conductos de ventilación de entrada y de retorno. Por lo tanto, se dispersa por la mina de manera muy amplia. Este es el combustible para la propagación de una explosión de gas metano; aunque el polvo de carbón se puede encender por sí solo, estas explosiones son poco frecuentes. Para que la propagación se produzca:

- el polvo debe estar en suspensión
- se debe proyectar una llama de volumen, intensidad y duración suficientes en la nube de polvo
- se debe mantener un buen suministro de aire para que la combustión inicial del polvo no cese por falta de oxígeno.

Una explosión por polvo de carbón generalmente ocurre a causa de:

- una explosión de gas metano
- una voladura al utilizar explosivos en el carbón

Siempre es posible que las chispas eléctricas o la fricción mecánica puedan provocar una explosión de polvo de carbón, pero es muy poco frecuente.

3.5.2.1 Definiciones

Polvo inerte:	Polvo no combustible - por lo general de piedra caliza, pero puede ser de mármol, arcilla, etc.
Rango del carbón:	El contenido de carbono y el poder calorífico aumentan y el contenido de humedad disminuye según el rango del carbón
Contenido de materia volátil:	Las sustancias liberadas como gas (excepto humedad) a altas temperaturas en ausencia de aire
Barreras de polvo inerte:	Barreras o zonas de polvo no combustible diseñadas para dispersarse por



impacto por una onda de presión de explosión

Barreras de agua: Barreras o zonas de contenedores llenos de agua

3.5.2.2 Explosividad del polvo de carbón y características del riesgo

Es ampliamente reconocido que tanto la extensión de una explosión subterránea más allá de los límites de una nube de gas y su gravedad o violencia involucra al polvo de carbón. Su capacidad para explotar y extender las explosiones de gas de mina depende de numerosos factores. Hay, sin embargo, dos factores básicos y bastante simples que determinarán su capacidad tanto de propagar una explosión de metano como de aumentar su violencia y su capacidad para causar daño físico considerable, tanto a las personas como a la infraestructura de la mina. Estos son:

- el contenido de materia volátil del carbón
- la finura del polvo de carbón

Figura 3.5 – 8 Explosión de metano y polvo de carbón



Fuente: Mina Experimental NIOSH Bruceton PA, USA

Existe un tercer factor, quizás muy evidente, relacionado con la forma en que el polvo se distribuye en la mina. Este factor se relaciona con la cantidad y la capacidad de dispersarse que tiene el carbón fino. El polvo de carbón que flota en el aire (el 100% de las partículas tiene menos de 75 micras) es más reactivo que los tamaños más grandes y es más probable que esté adherido al techo y a las paredes y que se

encuentre en el suelo. Un factor atenuante es la cantidad de polvo inerte mezclado con el polvo de carbón suspendido en el aire. Si la nube de polvo contiene más del 80% de material no combustible, no propagará ninguna explosión.

Contenido de materia volátil

Se sabe que existe una relación definida entre el grado de inflamabilidad del polvo de carbón y la cantidad de materia volátil que contiene dicho polvo de carbón, es decir, la inflamabilidad o explosividad del polvo de carbón aumenta con el contenido de materia volátil. Los carbones con un contenido de materia volátil mayor al 35% son considerados como susceptibles al riesgo de propagación de una explosión.

Las minas individuales pueden clasificarse según el riesgo de acuerdo con el contenido de materia volátil de los mantos en los se está trabajando. Los mantos de carbón bituminoso son reconocidos como de alto riesgo con respecto al potencial de explosión, mientras que el carbón de antracita con menos del 14% de materia volátil no es explosivo.

Finura del polvo de carbón

Cuando el polvo de carbón fino se eleva como una nube en el aire, parece asumir algunas de las propiedades del gas y se puede encender muy fácilmente, por lo que la combustión pasa a través de la nube de polvo a alta velocidad. El polvo se suspende por la onda expansiva de la explosión que se desplaza por delante de la zona en combustión.

Esto no es demasiado sorprendente, ya que el material combustible se mezcla íntimamente con el aire. Cuanto más fino sea el polvo de carbón, más fácilmente explotará a una presión considerable.

Desafortunadamente, el polvo de carbón fino se deposita en el suelo, el techo y los lados de la mayoría de las vías subterráneas y, si no se elimina o se inertiza, se mantendrá como una fuente fácil de

combustible. Solo se necesita de 50 a 100 g de polvo fino de carbón por litro de aire para propagar una explosión. El polvo fino suspendido tiene en su mayoría un tamaño menor a 75 micras.

Características de una explosión

Tal como se indicó anteriormente, la combustión explosiva puede ser provocada por diversas fuentes. Una vez iniciada, continuará mientras que el medio siga siendo inflamable. La temperatura del material que se está encendiendo se elevará a aproximadamente 2000°C y se concentra en la llama.

Figura 3.5 – 9 Esquema de avance de una explosión de polvo de carbón



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

La llama proporciona una fuente de ignición continua, permitiéndole a la explosión seguir extendiéndose a través de cualquier medio aún sin quemar. La rápida expansión debido al calor desarrolla una onda de presión que empuja tanto el gas ya quemado como el que falta por quemar.

Un buen ejemplo de este movimiento sería una ignición de una mezcla de metano y aire en el frente de excavación. A medida que se expande el metano (debido al calor), el frente de la llama y los gases no quemados son empujados hacia adelante (lejos del extremo ciego). La llama avanza a una velocidad que depende de su tamaño y de la composición de los materiales que se están encendiendo. La llama tenderá a acelerar cuando se pasa de un extremo ciego hacia un extremo abierto. Sin embargo, una llama que se desplaza desde un extremo abierto hacia el extremo ciego lo hará lentamente y de manera constante debido a la compresión de los gases en el aire en la zona restringida y la falta de oxígeno disponible.

Incluso con una explosión que ha comenzado cerca de un extremo cerrado y que se extiende en dirección opuesta al frente de la mina, puede haber un movimiento considerable de gas quemado desde la llama hacia la fuente de ignición.

Esto es particularmente pronunciado si la explosión aumenta rápidamente en intensidad y presión. Por último, a medida que el gas quemado detrás de la llama se enfría, hay una contracción general que tiende a tirar de la llama hacia atrás.

Esta información es útil para los investigadores que tratan de determinar diversos aspectos de la explosión tal como el seguimiento de los cambios físicos en la mina desde el origen de la explosión.

Para que más polvo de carbón haga también explosión esta ráfaga de aire que se desplaza delante de la llama lo levanta formando una nube lo suficientemente rica en polvo de carbón para ser inflamable. La explosión de metano y aire encenderá la nube de polvo, lo cual tendrá como resultado una explosión de polvo de carbón que se seguirá propagando hasta que la composición o la densidad del polvo sea desfavorable (falta de polvo de carbón para encender o aumento en la concentración de polvo inerte). Ver figura 3.5 – 9.

Dado que el polvo en la vía continúa dispersándose mientras que el estallido causado por la explosión avanza sobre ella, se forma una nube que podría extenderse hacia adelante en una longitud mucho mayor que la alcanzada por el depósito original de polvo de carbón que inició la explosión, y esto ocurre

con frecuencia. El tamaño de la nube de polvo formada por delante de la llama depende de la expansión efectiva (en esa dirección) del medio de la explosión hasta ese momento. Esta nube de polvo de carbón en expansión puede saltar a una distancia de 50 m, por encima de obstáculos, de agua apozada, zonas húmedas o zonas sin polvo combustible adicional.

La explosión de polvo de carbón viaja de forma relativamente lenta (100 m/s) cerca del punto de ignición durante unos 60-90 metros. A partir de entonces, alcanza su velocidad máxima de 1000 m/s y empuja al polvo de carbón por delante de la zona de combustión. La onda expansiva viaja por delante de la llama, levantando el polvo de carbón en el aire para que la llama pueda seguir "viviendo". La presión puede aumentar por la pulsación violenta con presión reducida causada por la condensación de la humedad, produciendo ondas "hacia atrás", que succionan aire, gas y polvo de carbón hacia la explosión.

Características del riesgo

Los operadores de minas deben tener en cuenta el riesgo de que se produzca una atmósfera explosiva. Sus consecuencias pueden variar de una mina a otra, dependiendo del tipo de mina, su trazado y la probabilidad de que existan gases y polvo inflamables. Las explosiones de gas en minas han sido responsables de la gran mayoría de las explosiones violentas y destructivas de polvo, lo que lleva a una considerable pérdida de vidas. Cuando se han producido explosiones de polvo inflamable en ausencia de una explosión de gas metano como fuente, estas se han dado a partir de un fallo catastrófico de los sistemas de transporte de mineral, o a partir de la utilización de explosivos inapropiados o de la utilización de explosivos para fines distintos al previsto.

Por lo tanto, la evaluación de riesgos del operador de la mina tendrá que considerar tanto el riesgo de una explosión por gas inflamable como una posible y

posterior explosión por polvo de carbón. Hasta cierto punto, la responsabilidad del operador de la mina en relación con la prevención de una explosión de polvo de carbón es simple. Los métodos de mitigación de explosión de polvo de carbón están diseñados para reducir la velocidad y detener la propagación de una explosión en toda la mina. Básicamente, consisten en:

- medidas adecuadas para garantizar que haya suficiente contenido de polvo inerte dispersable en las vías y entradas de transporte en la mina.
- se instalen barreras adecuadas y eficaces contra la propagación de una explosión

Se debe extender polvo inerte suficiente a lo largo de los techos, paredes y el suelo de todas las vías para hacer que la mezcla resultante de polvo no sea inflamable. La cantidad de polvo inerte necesario debe ser en proporción con el contenido de materia volátil del carbón, calculado sobre una base en seco libre de cenizas, de acuerdo con la tabla de carbón extraído sin maquinaria.

Tabla 3.5 – 4 Porcentaje de polvo inerte en la mezcla según contenido de materia volátil del carbón

Contenido de materia volátil %		% mínimo de materia inerte
No mayor a	20	50
	22	55
	25	60
	27	65
	30	68
	32	70
	35	72
Mayor a	35	75

Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El operador de la mina debe poder determinar el contenido de materia volátil del carbón e implementar el muestreo

regular del polvo de las vías¹. Hoy en día, en las minas de carbón mecanizadas, el polvo tiene un mayor porcentaje de polvo cuyo tamaño es <75 micras, que es más reactivo y requiere al menos un 80% de contenido no combustible total (TIC) en los conductos de ventilación de las minas de carbón bituminoso en ausencia de metano. [Cashdollar 2010]

En los casos en los que el carbón es transportado por una banda transportadora, el operador de la mina debe prestar especial atención a la propagación de polvo inerte y reforzar con un sistema de "barrera" para minimizar la propagación de una explosión. La ubicación de las barreras de explosión es importante y su posición debe indicarse en los planos correspondientes. Es claro que para que el polvo inerte sea eficaz, debe ser dispersado en el aire cuando llegue el frente de la llama. El posicionamiento relativo es por lo tanto muy importante para asegurar que las barreras se contraigan por la onda de presión inicial con el polvo en el aire cuando llegue la llama.

En los últimos años, se han diseñado diversos tipos de barreras de agua con base en el mismo principio que las barreras de polvo inertes.

La Sección 3.5.2.4 indica los diversos tipos de barreras disponibles.

El uso de polvo inerte en las cantidades mínimas correctas mezcladas con el polvo de carbón puede evitar que se produzca una explosión de polvo de carbón. Ver figura 3.5 – 3 para estas cantidades mínimas.

3.5.2.3 Recorrido de una explosión de polvo de carbón y sus efectos

¹Procedimiento de calcinación a baja temperatura utilizado por MSHA para determinar el contenido no combustible total (TIC) de muestras de polvo de carbón teniendo en cuenta las cenizas en el carbón y la humedad. Este proceso de laboratorio normalmente se demora unas semanas utilizando el siguiente procedimiento: •tamizar la muestra a través de un tamiz malla 20 (841 µm o menos) •secar el polvo a 105°C por una hora (% de humedad), •calcinación a baja temperatura (% de

Cuando ocurre una explosión subterránea, la condición de la mina proporciona claves desde las cuales se puede intentar dilucidar la causa de la explosión y los eventos durante la misma. Las claves son las siguientes:

- las líneas de fuerza de la violencia
- la dirección de la violencia como se muestra en el daño sufrido por las víctimas, bandas transportadoras, tuberías, encofrado y otros objetos de peso
- las señales de combustión (hollín, material carbonizado)
- el evento antes de la explosión y el tipo de trabajo realizado en ese momento
- el historial de la mina, ya que las consideraciones de su producción normal y sus emisiones repentinas de gas pueden ser pistas vitales.

Los principales efectos de una explosión son:

Onda expansiva – causando daños y perturbaciones que se extienden a menudo mucho más allá de los límites de la llama.

Incendio – la propagación de la llama deja productos de combustión y se toma usualmente como aquello que define la extensión de la explosión.

Gases no inflamables producto de la explosión– son los “subproductos de la combustión”, principalmente dióxido de carbono y monóxido de carbono. El vapor y el nitrógeno junto con el humo y el polvo llenan inicialmente la zona atravesada por la llama. Éstos son después succionados de nuevo al enfriarse y ocuparán un volumen de espacio similar al del medio explosivo original. Después de esto se dispersarán o serán llevados por la ventilación a través de los trabajos, a veces constituyendo un mayor peligro que la explosión original.

contenido no combustible) • registro de la humedad recibida, $-\%H_2O + \%$ contenido no combustible = $\%$ contenido no combustible total.

Existe un medidor de explosividad de polvo de carbón (CDEM) que produce resultados inmediatos a partir de las propiedades de reflectancia óptica de mezclas de polvo inerte/polvo de carbón [Goodman et al 2012].



Las señales de que una explosión ya pasó son la formación de ampollas y la carbonización de madera y carbón, la incineración de cuerdas, telas, papel, etc. y los depósitos de coque y de carbón aglutinado. Si la llama pasa a través del frente, normalmente es demasiado rápida para encender el manto, aunque puede haber señales de incendio en el frente en donde el polvo de carbón ha sido depositado por el paso de la llama. La madera en combustión usualmente se extingue pronto debido a la deficiencia de oxígeno. Cerca del límite de la zona de explosión, sin embargo, donde el aire ha sido succionado, pueden comenzar incendios del resurgimiento de la combustión de polvo aglutinado y madera caliente.

Un escenario común después de las explosiones son los filamentos de hollín y ceniza suspendidos en el techo y los soportes y que cubren el suelo como un depósito. El hollín es producto de una explosión que involucra un exceso de material carbonoso.

El polvo aglutinado en grandes cantidades se encuentra usualmente después de explosiones en minas que producen carbones bituminosos, pero es probable que sea más abundante en minas que producen carbones coquizables. Los carbones de alto y bajo rango no se aglutinan, y en una explosión usualmente no se encuentran depósitos de coque. Sin embargo, exámenes microscópicos pueden revelar polvo de carbón carbonizado o parcialmente quemado.

Con un carbón coquizable, gruesos guijarros de coque son lanzados a menudo a las superficies frontales tales como el encofrado y el frente de carbón donde comenzó la explosión. Esto es especialmente probable en los casos en que la explosión se originó en una explosión de grisú o cuando se debió a explosivos que lanzaron el material contra objetos frontales. Se encuentra poco coque en los caminos en donde la explosión es violenta y rápida, y sólo en las grietas o huecos o en las galerías transversales.

La mejor evidencia de la dirección de una explosión es:

- doblamiento de soportes de acero
- rompimiento de paredes de concreto y mampostería
- doblamiento de vías ferroviarias en frente de una galería transversal
- inclinación sistemática de postes pesados en una dirección
- movimiento de fragmentos de puertas y marcos de puertas
- partes de cubiertas destruidas
- los carros mineros aportan evidencia valiosa en las vías, pero no tanto cerca de los frentes

La indicación más valiosa que proporciona el daño es la dirección o el desplazamiento de material pesado. Las líneas de fuerza indican a menudo la dirección en la que la llama se propagó y guían de esta manera al origen de la explosión.

3.5.2.4 Prevención contra las explosiones de polvo de carbón en minas subterráneas

En general, los métodos adoptados bajo tierra para prevenir la propagación de una explosión de polvo de carbón son:

- Técnicas efectivas de supresión de polvo
- Uso de polvo inerte esparcido a lo largo de las vías

Estos dos temas han sido considerados en detalle en secciones anteriores.

Si el polvo fino de carbón no se produce ni se deja asentar a lo largo de la mina, no hay que temer mucho a una explosión de polvo de carbón. La administración debe poner particular atención a:

- la supresión del polvo durante la operación de excavación de carbón
- el sistema de transporte del mineral a superficie

La mayoría de las máquinas que cortan carbón que operan en los frentes está ahora equipada con

ventilador del eje vacío del tambor de corte o con el tambor de extracción de polvo, los que, cuando se usan en conjunto con aspersión de agua en las picas y el sistema es mantenido de forma adecuada y se le suministra presión de agua suficiente, es el más efectivo. Los minadores continuos funcionan con limpiadores tanto para mover el aire del frente como para recolectar el polvo generado por las acciones de corte. El polvo explosivo es recolectado.

En el frente de excavación de carbón, el sistema de ventilación auxiliar debe ser capaz de filtrar el polvo producido o de reorientarlo lejos de los mineros. Se debe agregar polvo inerte en el descargue para volver inerte el polvo de carbón removido de los frentes de manera continua. La supresión de polvo a lo largo del sistema de transporte debe ser adecuada y mantenida de manera eficiente.

Espolvoreo con polvo inerte

Para mantener una mezcla inerte de polvo en el piso, techo y lados de cualquier vía y asegurar que haya suficiente polvo inerte en el aire para hacer una nube de polvo no inflamable, es esencial que el espolvoreo de polvo incombustible (polvo inerte) tenga ciertas cualidades:

Éste es:

- inerte
- fácilmente disponible
- fino
- fácilmente dispersable
- no aglutinante
- no tóxico
- no irritante
- de color claro
- con una alta capacidad calorífica específica

El polvo inerte entremezclado con el polvo de carbón tiene el efecto de absorber calor radiante y de convección entre partículas de carbón encendidas, demorando la llama. Si hay polvo inerte suficiente en el aire, éste puede hacer que la nube de polvo no sea inflamable. Este es el principio detrás del espolvoreo

de polvo inerte, el cual apunta a prevenir el desarrollo de una posible explosión de polvo de carbón al asegurar que la nube de polvo levantada por una explosión de metano contendrá una proporción de polvo inerte suficientemente alta. Una dificultad para lograr este objetivo es que el polvo de carbón fino (a menudo llamado polvo flotante) puede a menudo resultar como de más fácil dispersión que el polvo inerte.

La densidad del polvo inerte es el doble que la del carbón, así que el polvo de carbón puede elevarse primero en el aire turbulento. Una dificultad adicional es que mucho depende de la estrecha mezcla del polvo inerte y de carbón. Se ha encontrado que, si el polvo inerte y de carbón se coloca en franjas paralelas a la vía, una explosión aún puede viajar a lo largo de la vía, aunque haya polvo inerte más que suficiente para ser capaz, si los dos polvos estuvieran cuidadosamente mezclados, de prevenir la propagación de una explosión. Cuando los dos tipos de polvo están puestos en franjas, ambos se levantan en el aire, pero no se mezclan de forma adecuada. Esta situación es análoga a aquella encontrada en los caminos de transporte de carbón; es probable que haya polvo de carbón suficiente en la banda transportadora y en la estructura como para ser capaz de propagar una explosión, incluso si las partes restantes de la vía están correctamente espolvoreadas de acuerdo con las normas.

Nótese que el efecto abrasivo de una explosión sólo alcanza una profundidad de 1/8" en el polvo del piso. El polvo en las salientes rocosas y en el techo se dispersa más fácilmente y tiene mayores probabilidades de ser transportado en el aire.

El polvo inerte (normalmente caliza) se debe esparcir sistemáticamente como parte de la secuencia regular de operaciones de trabajo en todos los lugares desde donde se trabaja y transporta el carbón. A menos de que haya circunstancias más apropiadas planeadas por el operador o administrador de la mina, el espolvoreo debe ser realizado regularmente



siguiendo la eliminación de detritos y el ajuste de soportes.

La cantidad de polvo inerte esparcido por cada 1,5 m de avance de un frente de excavación de carbón/piedra debe ser del orden de:

- tres bolsas x 25kg en las vías de secciones transversales mayores a 9m²
- dos bolsas x 25kg en las vías de secciones transversales menores a 9m²

Estas cantidades pueden variar en circunstancias particulares, pero en ningún caso deben ser menores a una bolsa esparcida. La mejor manera de asegurar que haya suficiente polvo es hacer una prueba de contenido incombustible total (CIT) con un Medidor de Explosividad de Polvo de Carbón (MEPC) o con un procedimiento de laboratorio de reducción a cenizas a baja temperatura.

Como una guía adicional para los frentes de avance de carbón, todo el polvo inerte debe ser esparcido sobre el techo y los lados iniciando desde el frente de excavación y en dirección hacia la salida de la mina, por una distancia equivalente al doble de la distancia que avanzó en corte desde la última vez en que se esparció polvo inerte. Suficiente polvo inerte caerá al piso, así que éste normalmente no necesita más.

Es responsabilidad del operador de la mina asegurar que el polvo inerte sea esparcido sobre el techo, piso y lados de las vías subterráneas. El polvo inerte será puesto en suspensión por la onda expansiva de una explosión de gas y suprimirá el paso de la llama si es de fácil dispersión. Si la mina está húmeda y el polvo inerte está mojado, éste no se dispersará y no proporcionará protección.

3.5.3 Acciones para controlar el riesgo por explosiones de gas y/o polvo de carbón

Los operadores de minas necesitan evaluar la posibilidad de que haya atmósferas explosivas en sus minas, las cuales pueden surgir a partir de la

presencia de gas o polvo inflamable. El riesgo relacionado con la existencia de una atmósfera explosiva y sus consecuencias varía entre las minas, dependiendo de:

- tipo de mina y mineral extraído
- su distribución
- probabilidad de gases inflamables
- probabilidad de que haya polvo en la atmósfera

Los peligros de explosión pueden afectar no sólo el lugar en el que ocurren, sino también más allá, a lo largo de las vías de retorno de la ventilación y de cualquier vía interconectada de la mina. Por lo tanto, una explosión tiene el potencial de exponer a muchas personas a un riesgo significativo. Las evaluaciones de riesgo, por lo tanto, deben considerar la forma en que una explosión de gas se puede propagar a través de la mina.

Las explosiones de gas en minas han sido responsables de la extensa mayoría de las explosiones de polvo que han ocurrido. La onda de presión de la explosión de gas inicial eleva polvo fino de carbón en el aire para formar una atmósfera de polvo explosiva. Posteriormente, esta es encendida por la llama y causa una explosión mucho más violenta y potencialmente mucho más extensa.

Un ejemplo de la gravedad de los efectos que puede llegar a tener esta secuencia de explosiones iniciadas en una explosión de metano que deriva en una explosión de polvo de carbón es la emergencia ocurrida el 16 de junio de 2010 en la mina San Joaquín de la compañía Carbones San Fernando en la vereda Paso Nivel del municipio de Amagá, en Antioquia.

El día del accidente, que ocurrió cerca de la medianoche, el avance del frente del tambor 13, cortó una zona de falla; después de perforar, algunos barrenos marcaron niveles de metano por encima de los límites permisibles. Siguiendo el procedimiento previsto, el machinero esperó que los niveles bajaran para efectuar la voladura hacia las tres de la tarde.

El turno siguiente debía realizar un avance adicional, también usando explosivos, voladura que al parecer, hacia las 10:40 pm, generó una liberación adicional de gas en volúmenes que alcanzaron concentraciones explosivas. Aunque la investigación no pudo precisar con certeza el desarrollo del evento explosivo, se plantearon dos hipótesis. Según la primera, el gas liberado pudo ser encendido por la voladura misma que lo liberó, en la que los explosivos usados no eran permisibles. En la segunda, el gas avanzó por las vías de la mina y al alcanzar la posición del ventilador auxiliar del tambor 15 hizo ignición estimulado por la chispa del motor eléctrico convencional que lo impulsaba.

La potencia de la explosión fue suficiente para esparcir en el aire el polvo de carbón acumulado en el piso las paredes y el techo, que por efectos del calor y la llama de la explosión del gas, inició un nuevo evento explosivo.

Figura 3.5 – 10 Bocamina San Joaquín Carbones San Fernando Amaga, junio 2010



Fuente: Agencia Nacional de Minería

El resultado fue de 73 víctimas mortales y los daños materiales representaron el cierre temporal de la mina cuya reconstrucción tomó varios meses. La figura 3.5 – 10 muestra el estado de la bocamina la mañana siguiente al incidente; se aprecian los escombros de la estructura de la banda transportadora.

Ha habido algunas excepciones a esta forma de iniciarse una explosión de polvo de carbón. Un ejemplo reciente demuestra, además, efectividad del polvo inerte. Ampliamente conocida es la explosión SAGO de 2006 en EE.UU. El gas metano en una zona sellada pero no inerte se encendió, destruyendo los tabiques. La explosión no se propagó debido a que las vías hacia afuera desde los tabiques estaban bien espolvoreadas. Sólo murió un minero en la explosión. Más tarde, otros 11 murieron por envenenamiento con monóxido de carbón. Un segundo grupo de trabajadores cerca de la explosión, resultó ileso porque las fuerzas de la explosión no los alcanzaron.

Una Evaluación de Riesgo de Explosión típica para una mina pequeña con cierta mecanización se muestra en el anexo 1 de esta sección.

3.5.3.1 Principios para controlar el riesgo por explosiones de gas y/o polvo de carbón

Se sabe que la cantidad mínima de polvo de carbón que puede propagar una explosión es muy pequeña. Para que suceda una explosión posterior de polvo de carbón, se requiere que el polvo sea levantado en el aire y encendido. Esta combinación de eventos puede ser iniciada por una ignición de metano relativamente pequeña. Se debe, por lo tanto, enfrentar la posibilidad de que, a pesar del espolvoreo con polvo inerte de las vías, una explosión que ocurra en cualquier lugar o cerca de un sistema de transporte de carbón, el cual es una fuente de combustible, puede, en la ausencia de una entrada espolvoreada con polvo inerte de manera adecuada, propagarse como una explosión de polvo de carbón a través del sistema de transporte de carbón y dentro de las vías que se conectan a él. La única forma comprobada de protección contra esto ha sido la “**Barrera de Polvo inerte**”. Los desarrollos modernos han agregado el uso de agua, tanto en contenedores como en bolsas, como una barrera de protección alternativa.

Es importante recordar que mientras que el espolvoreo general con polvo inerte en las vías está diseñado para prevenir el desarrollo de explosiones de polvo de carbón, las barreras de polvo inerte (o barreras de agua) pueden detener una explosión después de que ésta ya se ha desarrollado. La provisión de barreras no reduce de ninguna forma la necesidad de seguir las precauciones normales contra la producción y recolección de polvo de carbón.

Modo de operación

Las Barreras de Polvo inerte se basan para su operación en el hecho de que en las explosiones de polvo de carbón típicas la onda expansiva viaja alguna distancia delante de la llama. Las barreras están conformadas por un contenedor simple, que puede ser una sencilla tabla (figura 3.5 – 13), cargado de polvo inerte en cantidad adecuada que, al ser alcanzado por la onda de la explosión, se dispersa creando así una nube densa de polvo inerte en el aire justo antes de que llegue la llama de la explosión que será, así, sofocada.

Una explosión violenta requerirá una nube de polvo más densa que una menos violenta. En la incertidumbre de la cantidad real de polvo requerido, la cantidad se estima a la luz de evidencia experimental.

Es necesario que las repisas o soportes que sostienen el material de la barrera se encuentren a la distancia precisa. Si están muy cerca del punto de ignición, la llama habrá pasado la barrera antes de que el polvo se haya dispersado. Si se usan bolsas de polvo inerte, éstas se cuelgan del techo en filas de forma perpendicular a la vía. (figura 3.5 – 12). La ventaja de las bolsas es que éstas protegen al polvo inerte de volverse húmedo y permanecen viables por años.

Si la barrera está situada correctamente, el polvo inerte de los estantes será transportado por el aire formando una nube y suficientemente densa para extinguir la llama cuando ésta llegue.

La operación de una barrera situada en posiciones diferentes con relación a la fuente de una explosión se muestra en la figura 3.5 – 11 Posición de la barrera anti-exposición.

Los gráficos representan una explosión propagándose desde un frente ciego, la ignición está representada por la figura a manera de estrella, justo en el frente ciego.

La onda explosiva, que debe causar la dispersión del polvo de la barrera, está representada por la línea ligeramente abombada hacia la derecha y que aparece en el extremo derecho de las tres figuras.

La llama está representada por la línea quebrada que recorre cada uno de los gráficos de arriba abajo del espacio que representa la vía.

Por último, las líneas cortas desordenadas que parecen caer de arriba a abajo de la representación de la vía, corresponden a la representación del polvo inerte descargado por la barrera por efectos de la onda explosiva.

Esta dispersión de la barrera debe ocurrir de forma tal que el polvo forme una nube densa justo inmediatamente antes de que la llama alcance el sitio de la barrera.

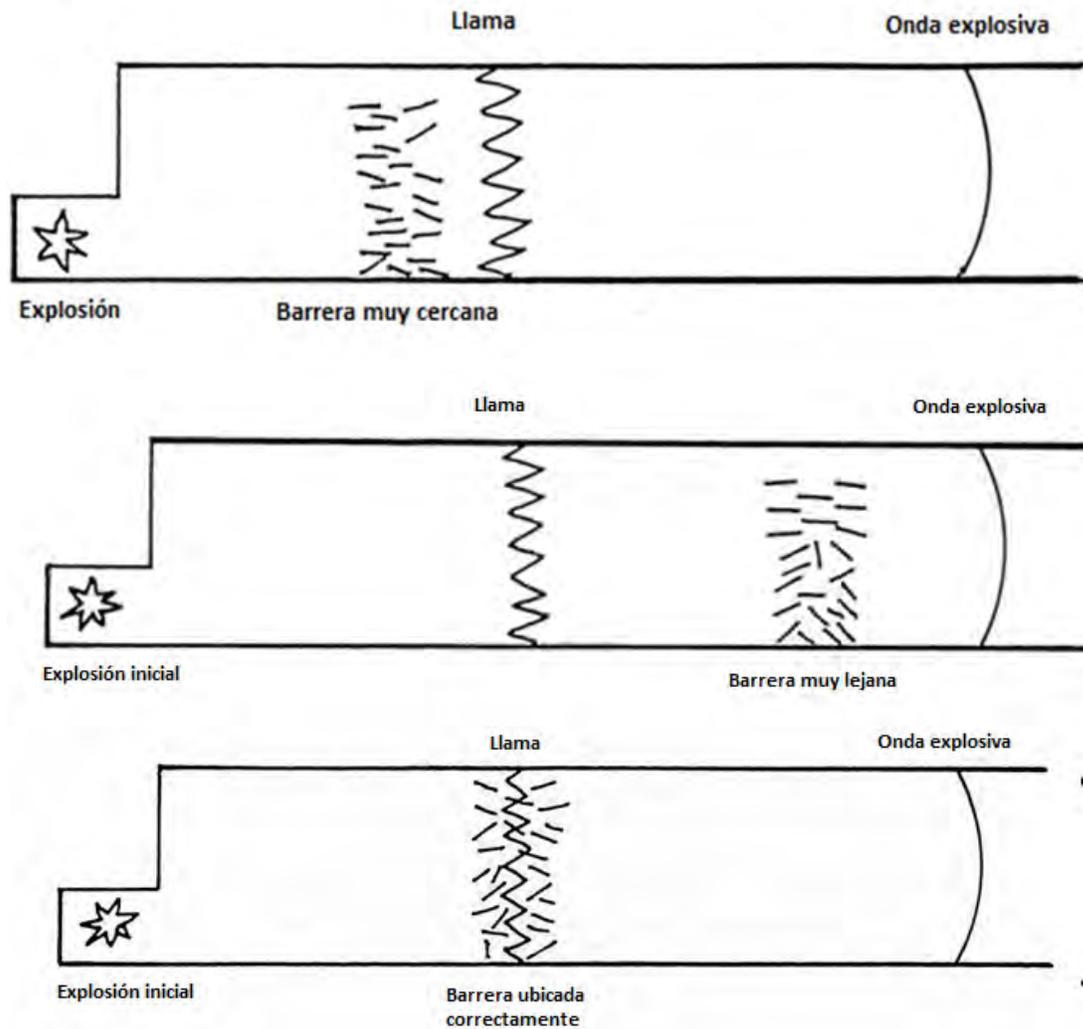
La cantidad total de polvo inerte contenido en la barrera depende del área transversal de la vía en la cual esté instalada.

Se identifican tres tipos de barrera para asegurar que la cantidad correcta de polvo inerte esté disponible en circunstancias particulares:

- ligera
- mediana
- pesada

Otro hecho que impacta la colocación de las barreras es que éstas no son necesariamente exitosas en la detención de las explosiones de metano. Una nube de polvo inerte suficientemente densa puede, en algunas circunstancias, detener la llama proyectada de una explosión de metano.

Figura 3.5 – 11 Posición de la barrera anti-explosión



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

El peso de la evidencia dice que no se puede confiar en las barreras para este propósito. Las barreras también podrían no detener una explosión si hay una capa o acumulación de metano en el techo de la vía sobre la barrera, o a una distancia corta de ella en la dirección en que avanza la explosión, dado que tal capa en el techo puede proporcionar un camino para que la llama pase hacia delante de la barrera.

Barrera estándar de polvo inerte

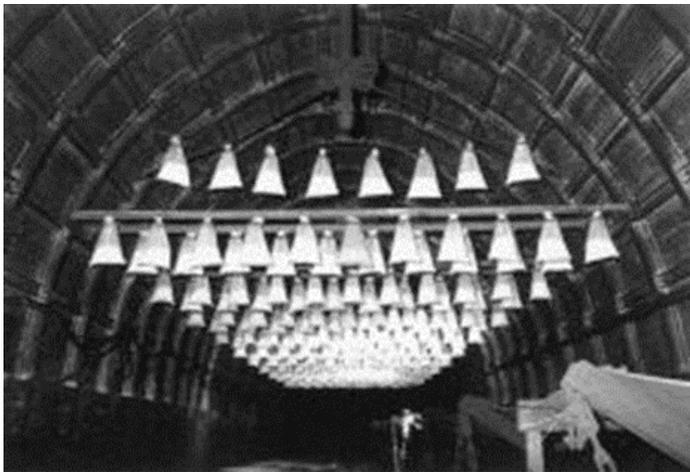
El propósito de colocar barrera es detener la explosión de polvo de carbón tan cerca como sea posible de su fuente. Como las explosiones ocurren mucho más en la vecindad inmediata de los frentes de producción que en cualquier otra parte, es lógico colocar barreras en relación con el frente de trabajo y de avance. En términos generales la siguiente es una guía:

- Para un tajo largo establecido, una barrera liviana y una pesada deben ser colocadas en la vía de transporte dentro de una distancia entre 63 y 117 metros para la liviana y entre 180 y 315 metros para la pesada, medidos desde la cara del tajo. Si la longitud de la vía de transporte no es suficiente para cubrir estas distancias, entonces

una protección similar debe ubicarse tan lejos como sea posible en la vía principal de transporte para evitar la propagación de una explosión que ocurra en el tajo.

- b) Para trabajos de cámaras y pilares, similar al ensanchamiento de tambores, y a los desarrollos con una sola entrada, una barrera pesada debe ubicarse a entre 135 y 360 metros medidos desde la cara de arranque que se trabaja o a distancias similares según indique el gerente de la mina en su esquema de las barreras. Barreras intermedias debería instalarse en la vía principal de transporte a una distancia entre 45 y 100 metros medidos desde cualquier intersección común para evitar que la explosión se propague por la vía principal de transporte.
- c) Para otros lugares que se consideren como posibles orígenes de explosión se deben colocar barreras intermedias en cualquier vía de transporte a distancias de entre 45 y 100 metros desde cualquier intersección.

Figura 3.5 – 12 Barrera de polvo inerte en sacos



Fuente: Mining Engineer Magazine Oct 8 2014

Dado que el intervalo entre la llegada de la explosión y la llegada de la llama es un factor vital en la determinación de si una barrera logra detener una explosión o no, es poco probable que las barreras detengan explosiones que son similares a detonaciones, y en las cuales la explosión y la llama viajen casi juntas a una velocidad muy alta. Las

explosiones de este tipo, en lo que se conoce, sólo son posibles en vías que no han sido espolvoreados y cuando la fuente iniciadora de la explosión es excepcionalmente violenta. Por lo tanto, el espolvoreado general es necesario para prevenir el desarrollo de explosiones demasiado violentas como para ser detenidas por barreras. Esto subraya la importancia de no atenuar el espolvoreado de piedra general en donde haya barreras instaladas.

Esta consideración sobre el modo de operación de las barreras muestra que los factores a ser tenidos en cuenta en el diseño y colocación de las barreras incluyen la cantidad total de polvo requerida, la estabilidad de los estantes, la colocación de los estantes en donde sean afectados por la explosión y en donde su colapso no sea obstruido, y la colocación de la barrera ni muy lejos ni muy cerca de la posible fuente de explosión.

Figura 3.5 – 13 Barrera de polvo inerte en soportes



Fuente Fionn Taylor Mine Rescue Org.

Barreras ligeras

Se recomienda que las barreras ligeras, diseñadas para el uso cerca del frente, sean cargadas con no menos de 100 KI de polvo inerte por cada metro cuadrado de sección transversal de la vía. Así, una barrera colocada en una vía de 9 metros cuadrados de sección transversal tendría en total 1.000 kg de polvo.

Las barreras ligeras deben consistir completamente en soportes cargados ligeramente, de no más de 35 centímetros de ancho. Estos estantes no se deben cargar con más de 9 kilogramos de polvo por cada 30 centímetros de longitud del estante. Ver figura 3.5 – 11. Así, si los estantes tienen 3 metros de longitud, se requerirán al menos 11 estantes en una vía de 9 metros cuadrados, cada estante cargado con 90 kg de polvo. Estas cargas máximas por longitud de estante no deben excederse, ya que de lo contrario la estabilidad del estante se aumentará y puede que éste no colapse en una explosión.

Figura 3.5 – 14 Soporte para una barrera de polvo inerte



Fuente: Mechanical Engineering Industry Book

Barreras pesadas

Las barreras que están situadas más lejos del posible lugar de una explosión necesitan tener más polvo porque la mayor distancia le dará la oportunidad a la explosión de desarrollar mayor violencia y entonces ésta será más difícil de detener. Las explosiones pueden, sin embargo, viajar distancias considerables sin desarrollar gran violencia, especialmente donde el espolvoreado de piedra general ha logrado casi, aunque no del todo, prevenir la propagación de la explosión. Las barreras a ser ubicadas más lejos del punto de origen necesitan, por lo tanto, estar diseñadas para satisfacer las dos posibilidades, que la explosión que puede que tengan que detener sea violenta o débil. También será necesario atender las posibles variaciones en el intervalo entre la llegada de la explosión y la llegada de la llama. Se recomienda

por lo tanto que estas barreras “pesadas” estén compuestas por algunos estantes muy cargados.

Los estantes cargados ligeramente serán afectados en el evento de una explosión débil y su operación probablemente ayude también a afectar los estantes muy cargados. Los estantes muy cargados proporcionarán el polvo adicional necesario para suprimir una explosión violenta y también, a razón de su mayor estabilidad, colapsarán más despacio y protegerán así frente a la posibilidad de que, si el intervalo entre la explosión y la llama es relativamente largo, todo el polvo haya alcanzado el suelo o se haya vuelto demasiado disperso antes de que llegue la llama.

Figura 3.5 – 15 Dimensiones típicas de un soporte para una barrera ligera

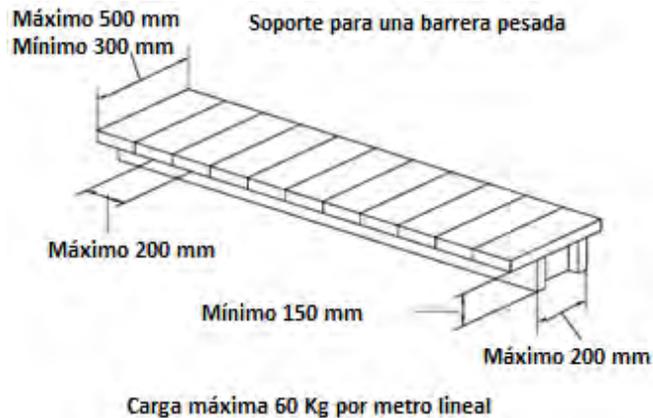


Fuente: Mine Safety Operation Division, New South Wales

Se recomienda, por lo tanto, que la carga para las barreras pesadas sea de 400 kl por metro cuadrado de sección transversal de la vía. Por ejemplo, se requerirían 3.600 kl de polvo sobre una barrera situada en una vía de 9 metros cuadrados.

Los estantes muy cargados no deben exceder los 50 centímetros de ancho y, por razones similares a aquellas referidas anteriormente con respecto de los estantes cargados ligeramente, la carga de estos estantes no debe exceder 60 kg por metro de longitud del estante. Un tercio de los estantes que compongan una barrera pesada deben ser estantes cargados ligeramente y el resto deben ser estantes muy cargados.

Figura 3.5 – 16 Dimensiones típicas de un soporte para una barrera pesada



Fuente: Mine Safety Operation Division, New South Wales

Por tanto, una barrera que requiera contener no menos de 3.600 kl de polvo en una vía con una sección transversal de 9 metros cuadrados y ser capaz de tener estantes de 3 metros, estaría compuesta por 16 estantes muy cargados, cada uno de 180 kl de polvo, y ocho estantes ligeramente cargados, cada uno cargado de 90 kl de polvo. Los estantes ligeramente cargados deben ser adyacentes entre ellos, dado que de lo contrario el polvo en ellos estaría demasiado dispersado para detener una explosión en la que sólo los estantes ligeramente cargados sean afectados. Como se puede esperar que la mayoría de las explosiones se originen en el lado del interior de la mina, los estantes ligeramente cargados deben colocarse al final de la barrera del lado del interior de la mina.

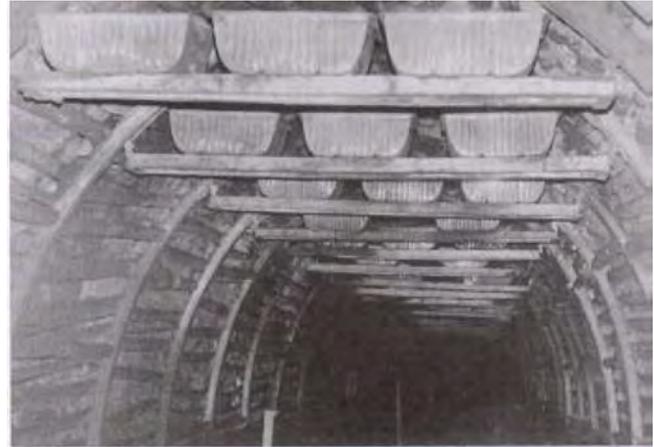
Barreras de agua

La experiencia adquirida a lo largo de los últimos años ha mostrado que las barreras de agua pasiva son exitosas. Éstas están siendo instaladas cada vez más y ofrecen la misma protección que las barreras ligeras y pesadas de polvo inerte.

El sistema consiste en canales llenas con agua diseñadas de tal forma que se destruyan en el caso de una explosión. Las canales o artesas están organizadas en grupos a lo largo de la vía en posiciones calculadas para dicha vía. El número de

canales y de grupos depende de la sección transversal y de la longitud de la vía que estén protegiendo.

Figura 3.5 – 17 Barrera de agua



Fuente: Research Gate, University of Pretoria

Hay dos clasificaciones de barreras:

- barrera distribuida
- barrera concentrada

Como el nombre lo especifica, los grupos de barreras distribuidas se instalan en posiciones fijas a lo largo de la longitud de la vía. La distancia mínima entre los grupos se calcula, pero no debe exceder los 30 metros. A continuación, hay una descripción de la distribución.

En el caso de las barreras concentradas, como el nombre lo implica, los grupos están mucho más cerca, siendo 3 metros la distancia máxima entre grupos. Donde las vías están protegidas solamente por barreras concentradas, la distancia máxima entre barreras es 400 metros. A continuación, hay una descripción de la distribución.

Construcción

Hay dos tamaños de artesas o contenedores utilizados:

- 40 litros de capacidad para contener no menos de 35 litros de agua

- 90 litros de capacidad para contener no menos de 80 litros de agua

Figura 3.5 – 18 Artesas de diversos materiales Icopor, PVC polyester



Fuente: Fuente: Research Gate University of Pretoria

Las artesas deben ser:

- de construcción rígida o flexible y deben ser de resistencia adecuada
- capaces de ser destruidas fácilmente por la acción de la onda explosiva
- construidas con material no inflamable
- preferiblemente transparentes para poder revisar fácilmente los niveles de agua
- resistentes a las llamas
- anti-estáticas
- equipadas con tapas para minimizar la evaporación y prevenir la entrada de material extraño
- capaces de ser llenadas sin remover la tapa
- capaces de ser drenadas

Las artesas se erigen en trayectos aproximadamente derechos de vías donde el tamaño y la forma de la vía permanece aproximadamente constante a lo largo de la longitud de la barrera y por una distancia de 25 metros, en ambos sentidos, esto es hacia adentro de la barrera y hacia afuera.

Las artesas de agua se colocan a lo largo de la vía en grupos donde la distancia entre los bordes exteriores de las artesas de un grupo no exceda los 3 metros. En circunstancias excepcionales UNA artesa de un GRUPO puede ser montada longitudinalmente en una vía.

La siguiente proporción del ancho de la vía debe ser cubierta por las artesas montadas:

- sección transversal de hasta 10 m² - 35%
- sección transversal de entre 10-15 m² - 50%
- sección transversal de más de 15 m² - 65%

La distancia vertical desde el piso hasta la base de una artesa debe ser entre 0,8m y 2,5m y la distancia vertical desde la base de cada artesa hasta la parte inferior del soporte del techo no debe exceder 1,2 m. Si se excede esta distancia, entonces se ponen artesas adicionales encima y éstas pueden estar a más de 2,6 metros del piso.

Si las artesas tienen menos de 1,2 metros de separación, éstas no deben ocultarse unas a otras de la explosión, y ninguna artesa debe estar protegida de la explosión por soportes del techo ni por cualquier otro obstáculo.

El uso de las barreras de agua pasiva ha estado aumentando dado que éstas tienen varias ventajas sobre las barreras de polvo inerte más convencionales:

- es más simple mantenerlas
- son más fáciles de mover con el avance del frente
- el agua puede ser llevada por tuberías al sitio más fácilmente que transportar polvo inerte
- el agua es más barata que el polvo inerte

Principio

El principio de operación de las barreras de agua pasiva es que la onda de choque causada por la explosión romperá las artesas, produciendo un espacio saturado de agua que extinguirá la llama de la explosión. Éstas están diseñadas para que:

3.5 Causadas por Explosiones de Gases y/o Polvo de Carbón

- si se inicia una explosión dentro de los 60 metros de la barrera de agua, entonces la llama se extinga antes del segundo grupo de artesas.
- si se inicia una explosión dentro de los 61-120 metros de la barrera de agua, entonces la llama se extinga antes del cuarto grupo de artesas.

BARRERAS DISTRIBUIDAS

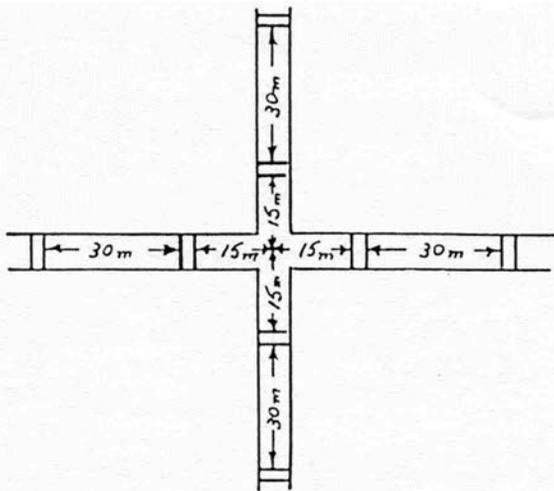
Las artesas de agua se distribuyen en grupos.

La cantidad total de agua requerida por la vía es un litro por metro cúbico de volumen de la vía, y la distancia máxima entre grupos debe ser de 30 metros.

Se debe publicar un aviso al final de cada vía protegida por una barrera distribuida que indique:

- el número mínimo de artesas en un grupo
- la distancia máxima entre grupos
- la distancia máxima desde el frente de carbón o frente de excavación no debe exceder los 35 metros.

Figura 3.5 – 19 Barreras distribuidas



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Si se excede esta distancia, entonces lo siguiente debe aplicar:

- hasta un máximo de 60 metros, después se deben instalar artesas adicionales a una distancia de no más de 35 metros del frente. Estas artesas adicionales no deben contener menos de 80 litros

de agua en las zonas de vías de secciones transversales de hasta 10m² ni menos de 160 litros en vías de secciones transversales de más de 10m².

- Hasta un máximo de 120 metros, después debe instalarse una barrera activada a esa distancia
- Donde todas las vías ramales que van desde una intersección se protejan con barreras distribuidas, la distancia máxima desde la intersección al grupo de artesas más cercano es de 15 metros, como se muestra en la figura de abajo:

BARRERAS CONCENTRADAS

Éstas deben contener:

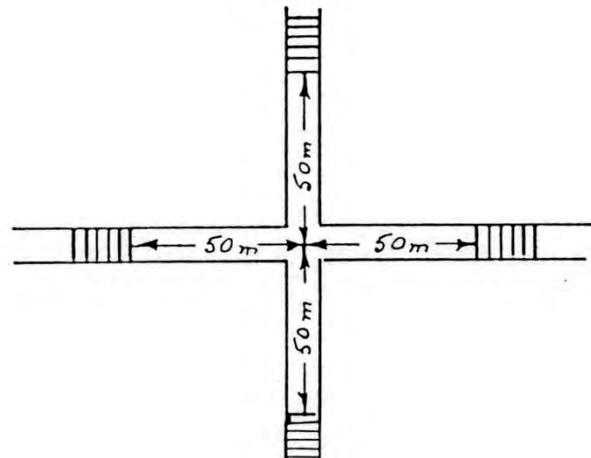
- al menos 200 litros de agua por metro cuadrado de sección transversal de la vía, y
- al menos 5 litros de agua por metro cúbico de volumen de vía a lo largo de la longitud de la barrera

Se debe publicar un aviso en la cercanía de la barrera que indique:

- el número mínimo de artesas
- la capacidad de las artesas
- la longitud máxima de la barrera

Las barreras concentradas deben ser usadas únicamente para la protección de las vías principales.

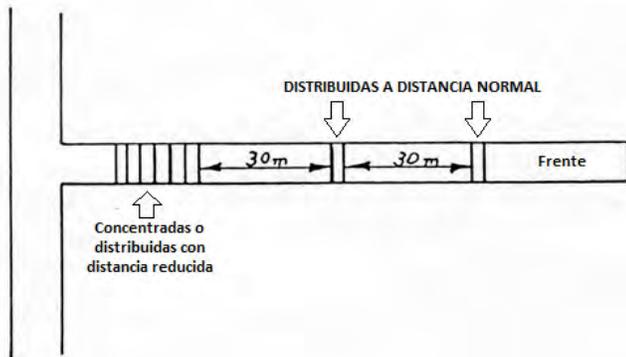
Figura 3.5 – 20 Barreras concentradas en una intersección



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Sin embargo, si se está instalando una barrera concentrada en una nueva vía de entrada o nuevo frente de excavación a partir de una vía principal, mientras es excavado se puede permitir la barrera instalada. La protección posterior de la nueva vía o del frente de excavación debe ser por medio de una barrera distribuida con el primer grupo de artesas instalado a una distancia menor a 30 metros de la barrera concentrada. Sí la nueva vía o el frente de excavación ha de ser protegida solamente por barreras distribuidas, entonces la distancia máxima de 30 metros entre grupos de artesas debe ser acortada inicialmente para que una cantidad total de agua, equivalente a 200 litros por metro cuadrado de sección transversal de la vía, sea introducida tan pronto como sea posible. De ahí en adelante se puede seguir con el espaciado normal entre grupos de artesas.

Figura 3.5 – 21 Barreras concentradas y distribuidas combinadas



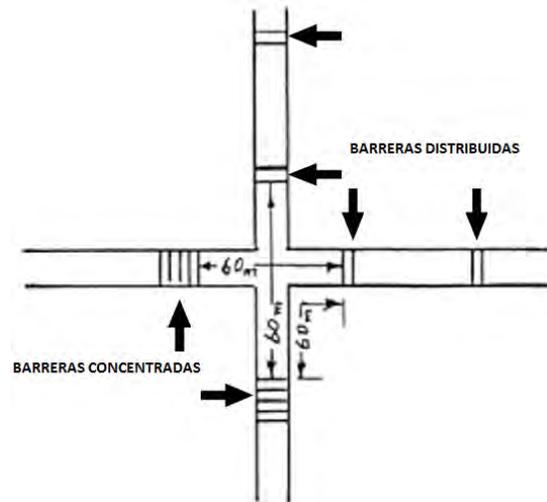
Fuente: Mines Rescue Service Ltd

La distancia máxima entre barreras es 400 m excepto con relación a intersecciones. En el caso de intersecciones donde todas las vías ramales en la proximidad inmediata de la intersección estén protegidas por barreras concentradas, la distancia máxima desde la intersección hasta la artesa más cercana de una barrera concentrada en cada una de las vías ramales no debe exceder los 50 metros. Así, la distancia máxima entre barreras concentradas no excederá los 100 metros

Donde las vías ramales que van desde una intersección estén protegidos por barreras concentradas y distribuidas, la distancia máxima entre barreras adyacentes no debe exceder 60 metros. La figura 3.5 – 19 muestra este arreglo.

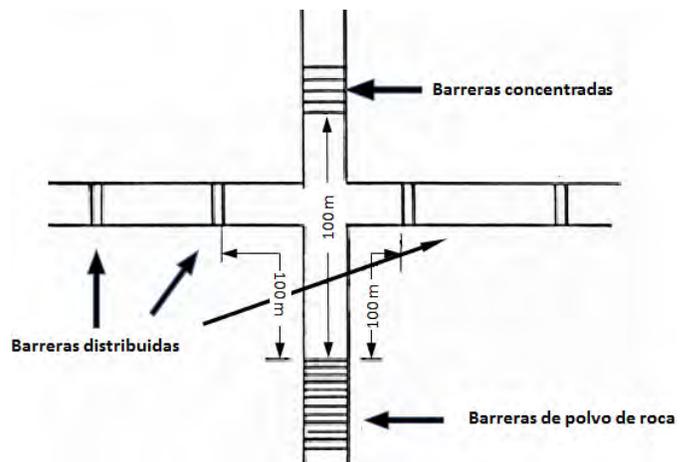
Las barreras concentradas y distribuidas no deben instalarse a menos de 100 metros de las barreras de polvo inerte. Una distribución típica se muestra en la figura 3.5 - 20.

Figura 3.5 – 22 Barreras concentradas y distribuidas en una intersección



Fuente: Mines Rescue Service

Figura 3.5 – 23 Distancias entre barreras concentradas, distribuidas y barreras de polvo



Fuente: Mines Rescue Service

3.5.3.2 Acciones o métodos de salvamento para controlar el riesgo por explosiones de gases y/o

polvo de carbón y Supresión de los resultados de riesgos por explosiones de gases y/o polvo de carbón

En términos de salvamento minero esto normalmente significaría velar por la seguridad de los trabajadores de salvamento de minas después de un incidente en una mina, por ejemplo, asegurar que no haya una explosión o una explosión adicional mientras el trabajo de rescate está sucediendo.

A la llegada a la mina, la primera acción debe ser pedir las lecturas ambientales de la mina al personal de ésta. Si éstas están disponibles, deben ser registradas y se debe anotar una tendencia continua.

El aire de retorno de la mina o de la parte afectada de la mina debe ser medido en busca de cualquier desviación del comportamiento normal (gases de combustión, CO, CO₂, y deficiencia de O₂) o flujos de aire y amperaje del motor del ventilador. Otros accesos a la mina, como pozos de perforación, pueden proporcionar información sobre las condiciones de la mina si se pueden instalar tubos y bomba de vacío que permitan obtener muestras no contaminadas de aire. Tanto las lecturas de los detectores de gases como los tubos de muestreo de gas para análisis de cromatografías (CG) posteriores deben ser utilizados. Estas lecturas deben ser registradas en intervalos para que se pueda monitorear una tendencia de condiciones peligrosas.

Nota 1: Si la lectura ambiental indica una atmósfera en la mina que sea probablemente explosiva con una fuente de ignición (Monóxido de Carbono en cualquier nivel por encima de la norma (concentración habitual) de la mina o del sector indicaría una combustión espontánea o incendio – un incremento del nivel de CO de 3 ppm sin una explicación conocida es suficiente para indicarlo) y metano en el rango explosivo de 5-15%, o la tendencia que indique que estará dentro de este rango) entonces no deben desplegarse cuadrillas de salvamento.

Nota 2: La razón para monitorear la tendencia en curso es decidir si las condiciones de la mina están mejorando o empeorando. Esto puede ayudar a la evaluación del riesgo de intentar salvar las vidas de los mineros. Si la tendencia estuviera mejorando, es decir, los niveles de metano descendiendo, entonces puede haber cierta confianza para desplegar una cuadrilla de salvamento. Por otro lado, si los niveles de metano estuvieran aumentando, entonces esto indicaría que sería muy riesgoso desplegarla. No solamente es importante la tendencia, sino también la velocidad del cambio, esto es, si cambia rápidamente o lentamente.

Estas lecturas necesitan tomar en cuenta cambios en la presión barométrica. En un barómetro descendiendo se esperaría generalmente que los niveles de metano subieran y en un barómetro ascendiendo se esperaría generalmente que las lecturas de metano disminuyeran.

Si las lecturas iniciales de gases (hasta que se pueda establecer una tendencia) indican que es seguro entrar a la mina, entonces toda la energía eléctrica debe apagarse y aislarse, si ello no pone en peligro a los mineros atrapados o desaparecidos.

Nota: una vez se reciba la información y los resultados de una evaluación del riesgo de ignición, se debe restaurar la energía a los ventiladores y bombas de drenaje de la mina tan pronto como sea seguro hacerlo.

La cuadrilla de salvamento que esté siendo desplegada debe ser informada y se le deben dar objetivos muy claros respecto a qué acciones tomar y, más importante aún, frente a qué lecturas ambientales debe regresar.

Ejemplo: una cuadrilla de salvamento ha sido desplegada a una mina desde la superficie en un intento por salvar vidas después de una explosión. Las lecturas de monóxido de carbono (CO) indican que aún hay un incendio en la mina, pero las mismas

indican que éste es un incendio pequeño que está reduciendo su tamaño. Los niveles de metano eran inicialmente de 3% pero se redujeron rápidamente a 2%. El equipo fue desplegado. La presión cayó de forma aguda y las lecturas de CO comenzaron a aumentar y los niveles de metano subieron a 2,5% y continúan subiendo rápidamente. El equipo debe regresar a la superficie y a un lugar seguro de forma inmediata.

Si un equipo es desplegado, éste debe comunicar continuamente las lecturas ambientales y las condiciones de la mina al Comandante de Incidente.

Mientras exista una ventana de oportunidad, los grupos de salvamento deben ser desplegados para salvar vidas. Si las cuadrillas de salvamento están siendo desplegadas por razones diferentes a salvar vidas, un segundo equipo debe estar disponible, completamente equipado y listo para desplegarse para apoyar al primer equipo y responder en caso de que el primer equipo necesite ayuda.

Además de la exploración sistemática de la mina desde la superficie o base de aire fresco, cuando las cuadrillas de salvamento son desplegadas a través de galerías transversales dentro de vías de ventilación de retorno para tomar lecturas ambientales, éstas lecturas deben ser registradas y las tendencias monitoreadas. Es importante que las lecturas de gases de seguimiento se hagan lo más cerca posible al mismo punto para asegurar que la tendencia no se esté viendo afectada por otras razones.

Para realizar una investigación del incidente después de que todas las acciones de salvamento hayan sido completadas pueden necesitarse inspecciones físicas. Por lo tanto, puede que se les pida a los equipos no perturbar la mina para preservar la evidencia.

Durante un nuevo acceso a la mina donde ocurrió la explosión, después de que todos los mineros hayan sido localizados y las operaciones de salvamento

hayan pasado a una etapa de recuperación, se deben tomar las siguientes acciones para prevenir y minimizar el riesgo de una explosión o para minimizar el efecto de una explosión:

- Todo el equipo que se emplee debe ser incapaz de producir una chispa
- Las vías deben estar espolvoreadas con polvo roca.
- La mina debe ser inspeccionada y reabierta por secciones
- A medida en que cada sección se abre y la ventilación se restablece, se deben instalar barreras de polvo inerte o de agua para contener una explosión y proporcionar protección a los trabajadores de salvamento.

3.5.3.3. Métodos de localización y rescate de víctimas por explosiones de gases y/o polvo de carbón

Acción por parte de la mina.

La mina debe tener y mantener registros muy precisos de quién está en la mina, dónde están y la naturaleza del trabajo que están realizando. Esto permitirá que el equipo de salvamento minero planee dónde se debe enfocar el intento de rescate (mayor número de mineros en la posición segura más probable).

Este proceso de control de acceso bajo tierra puede llevarse a cabo electrónicamente de forma muy sencilla con la utilización de faros de transmisión de señales de diversas frecuencias instalados en las lámparas de los mineros. Estas señales pueden ser detectadas por receptores instalados a lo largo de la mina que identifican al minero y el sitio en que fue detectada la señal; esta información se envía a superficie por medio de comunicación de cable y se registra incluso representando la ubicación del minero en el plano de la mina. Con todo, un registro por escrito puede funcionar si se opera correctamente.

El operador de la mina debe tener y mantener un plano preciso de los trabajos de la mina. Este plano debe incluir como mínimo:

- Distancias
- Pendientes (y contornos de elevación)
- Ruta de ventilación con flechas direccionales
- Aparatos de ventilación
- Zonas de trabajo
- Métodos de trabajo
- Dispositivos de comunicación
- Refugios seguros
- Entrada y rutas de evacuación, incluyendo vías de evacuación (primarias y secundarias)
- Conexiones con otras minas
- Caminos o sellos estibados
- Puntos de carga y de transferencia
- Rutas de transporte o de acarreo por ferrocarril
- Casa de máquinas (transportes)
- Bombas para el drenaje del agua y líneas de provisión de tuberías e hidrantes
- Almacenes de explosivos
- Equipo contra incendios

La razón para lo anterior es permitirle al GSSM de la ANM tomar una decisión sobre el posible lugar en el que se ubican los mineros y ser capaz de planear rutas seguras para salir de la mina (que los mineros pueden haber tomado). Toda información sobre la herramienta y equipo puede ser útil a los socorredores.

La mina debe tener planes para incidentes y emergencias. Esto incluye proporcionar espacio para otras entidades tales como el Departamento de Bomberos o la Defensa Civil y la Cruz Roja, además de la ANM. La mina debe revisar rutas de acceso y salida normales y de emergencia dentro de la mina. Si es posible, los mineros deben evacuar la mina cuando ocurran emergencias graves. Los mineros deben entrenarse para la evacuación. Toda la fuerza laboral debe recorrer estas rutas de salida y asegurarse de que están familiarizados con ellas al menos de forma anual. Se recomiendan la instalación de cables guía o cuerdas guía de salvamento,

direccionales, en ambas vías de evacuación para proporcionar indicación a quienes evacúan cuando la visibilidad es reducida debido a humo, polvo o niebla. La direccionalidad de la cuerda o cable se logra con un elemento instalado en la cuerda, que muestre de forma inequívoca la dirección a seguir para alcanzar un sitio seguro. Un cono, por ejemplo, cuyo ápice indica hacia donde debe dirigirse quien sigue el cable o la cuerda guía es apropiado.

Estos planes y registros de los mineros en la mina y de la naturaleza del trabajo deben estar disponibles en la superficie siempre que haya alguien en la mina.

El titular del derecho minero, explotador minero y el empleador de acuerdo con el parágrafo 1 del art. 23 del decreto 1886 de 2015 debe proporcionarles a todos los mineros un dispositivo de respiración o auto-rescatador adecuado. Los mineros deben estar entrenados en su uso. Los mineros deben repetir este entrenamiento al menos anualmente y deben ser competentes en el uso del dispositivo. El dispositivo debe poder garantizar (por su duración) que el minero pueda llegar a un punto seguro (la superficie o un refugio seguro) desde su lugar de trabajo o alcanzar una provisión de auto-rescatadores adicionales con algún factor de seguridad.

Por ejemplo, en EE.UU. la MSHA requiere que los mineros de carbón subterráneo reciban entrenamiento trimestral acerca de cómo ponerse apropiadamente el auto-rescatador y cómo cambiarlo por otro en una atmósfera contaminada cuando el que se lleva ha sido usado por el tiempo previsto y se ha llegado a una estación de recambio donde hay equipos previstos para ello, todo bajo la Parte 75, (Código) entrenamiento en evacuación de emergencia de la mina y simulacros.

El entrenamiento debe enfatizar la importancia de:

- Reconocer cuando el auto-rescatador no esté funcionando adecuadamente y mostrar cómo iniciar y reiniciar la secuencia de arranque (arranque frío);

- No remover la boquilla, ni siquiera para comunicarse, hasta que el minero llegue al aire fresco; y
- Uso apropiado del auto-rescatador al controlar la respiración y el esfuerzo físico.

Se puede usar entrenamiento de expectativas para cumplir con uno de los requerimientos de simulacros trimestrales para la colocación y transferencia de los auto-rescatadores. El entrenamiento de expectativas incluye la colocación y transferencia de un auto-rescatador en humo, humo simulado, o en un ambiente equivalente. También requiere respirar a través de una unidad de entrenamiento de auto-rescate realista o un aparato equivalente que proporcione la sensación real de la resistencia y el calor del flujo del aire del auto-rescatador. La mejor práctica es realizar el entrenamiento de expectativas utilizando una unidad de entrenamiento de auto-rescate y caminar la vía de evacuación de la mina en humo o humo simulado.

Acciones por parte del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero

El personal de Salvamento Minero debe revisar cuidadosamente la información disponible de la mina y sus propias pruebas, y si existe una “ventana de oportunidad” para desplegar cuadrillas para salvar vidas, esta acción debe ser tomada. Dado que las estructuras de ventilación pueden estar dañadas, los socorredores deben estar preparados para reparar temporalmente los tabiques de aislamiento y proporcionar ventilación auxiliar a los lugares en los que los mineros pueden estar atrapados o atrincherados de los gases tóxicos de la explosión.

Salvamento Minero debe enfocarse en donde estén la mayoría de los mineros (siempre y cuando la información indique que la zona es accesible y que los mineros deberían estar vivos) y desplegar equipos para salvar vidas en esta zona. Tan pronto como haya dos equipos listos para ser desplegados, las mejores prácticas dictan que un equipo puede entrar a la mina

y el otro permanecer en la superficie como un refuerzo 1:1. Mientras exista una ventana de oportunidad segura, se puede desplegar un solo grupo; si hay equipos adicionales cerca o en el lugar, pero no están listos para desplegarse.

Cuando estén disponibles cuadrillas adicionales, éstos deben ser desplegados para asistir a las primeras, dirigiéndose a áreas con menos mineros y menos oportunidad de éxito. Las siguientes cuadrillas deben ser desplegadas como apoyo. Los siguientes grupos disponibles deben ser desplegados (si el paradero de los mineros es aún desconocido) a rutas de escape, potenciales y a rutas de escape de emergencia. A medida que se recorran estas vías de la mina, deben ser revisadas detenidamente y sistemáticamente para asegurar que pueden ser descartadas con certeza de las búsquedas siguientes.

La rotación de seis o nueve equipos es importante durante acciones de rescate prolongadas para que los equipos puedan funcionar bien, lo cual requiere planeación y organización.

Si una cuadrilla se despliega, ésta debe comunicar de forma continua las lecturas de gases y las condiciones de la mina al comandante de incidente.

Las lesiones probables que los mineros pueden presentar después de una explosión son:

- Respiratorias (de los gases no inflamables producto de la explosión)
- Quemaduras (si están en la zona inmediata de la explosión)
- Lesiones de la explosión (huesos rotos, aplastamiento, y sangrado)
- Traumatismos por caídas y otras lesiones
- Shock

3.5.4 Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar el riesgo por explosiones de gases y polvo de carbón en la atención de emergencias mineras.



Una Cámara de Imágenes Térmicas (CIT) puede ser útil para ayudar a encontrar aparatos eléctricos energizados, víctimas después de explosiones, lugares latentes o calientes en incendios, o fuentes de gases más fríos o más calientes en las vías de ventilación. La mina debería tener esta herramienta porque es útil para localizar rodamientos calientes, uniones de cable en cortocircuito, rodillos de bandas transportadoras calentados por sobrecarga o mal funcionamiento, aisladores o calentamientos por fricción, en las revisiones efectuadas por el departamento de mantenimiento. Una CIT detecta diferencias en la radiación infrarroja (calor) desde 0,18 grados C y no se ve afectada por las nubes de humo o polvo.

Después de una explosión la apariencia de la mina puede cambiar debido a que todas las superficies pueden estar cubiertas de polvo o carbón. Esto hace que sea muy difícil encontrar a las víctimas. Los seres vivos tendrán una temperatura diferente a la de los alrededores y pueden ser detectados por una CIT. Por lo tanto, ésta es útil durante la evaluación inicial de la escena, la exploración general y las tareas de búsqueda.

Acciones por parte del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero con respecto a la(s) víctima(s) en el lugar

- Garantizar la seguridad del grupo, incluyendo medir el calor y la humedad en la zona
- Comunicarse con la Base de aire fresco (si es posible)
- Tomar y registrar lecturas ambientales en la zona en la que se localizaron las víctimas
- Evaluar y priorizar a las víctimas
- Realizar Reanimación Cardiopulmonar donde se necesite (RCP)
- Tratar a las víctimas con lesiones respiratorias primero (Reanimador). Si hay más de una víctima, tratar al minero con menos lesiones de otro tipo.
- Controlar sangrados
- Tratar quemaduras
- Tratar lesiones de explosión

- Tratar lesiones de caídas y otras lesiones
- Tratar shock – Entonox alivio del dolor
- Dibujar la ubicación y posición de los heridos
- Tomar nota de la zona– no presumir el tratamiento y transporte de heridos

Si hay múltiples víctimas ubicadas en la misma zona, el jefe de la cuadrilla necesita tener el conocimiento, la comprensión y el valor para decidir qué víctima será transportada. Esto es un balance entre las lesiones y la probabilidad de supervivencia. El equipo no debe perder tiempo transportando una víctima que no va a sobrevivir. Esto no sólo pondría en riesgo un intento de salvar más vidas, sino que también pondría al equipo en riesgo de manera innecesaria. Esta es una de las decisiones más difíciles que se le pedirá tomar a un jefe de cuadrilla.

Figura 3.5 – 24 Vista del fuego activo en la Cámara de Imágenes Térmicas – las zonas rojas son las más calientes



Fuente: NIOSH

El transporte en la mayoría de los casos debe ser de una camilla por equipo. Sólo en casos extremos un equipo puede intentar transportar a más de una víctima (ya que las camillas de transporte requieren 4 personas para mover a la víctima de forma segura). Si se encuentran múltiples víctimas, se necesitarán equipos adicionales. Cada situación será diferente y si las múltiples víctimas deben ser estabilizadas y transportadas, el cuadrillero, en consulta con la base de aire fresco, debe decidir la primera secuencia de selección. Las víctimas pueden necesitar asistencia hasta que un equipo pueda llegar para tratar el shock u otras lesiones. (Nótese que en las minas planas se

pueden utilizar camillas con ruedas o carros para transportar heridos, los cuales requieren menos personas.)

Una vez que una víctima respire, a ésta se le debe poner un aparato de evacuación de oxígeno químico o comprimido, pero debe ser monitoreado de forma continua para detectar un caso de deterioro en su condición.

Si el equipo tiene que transportar una víctima que tiene tanto problemas de pulso como respiratorios, el equipo debe colocar el reanimador y transportarla mientras realiza RCP de forma continua, o si esto no es posible, realizar RCP por intervalos muy regulares durante el transporte.

- Monitorear los gases de la mina (buscar evidencia de incendios secundarios)
- Ventilar
- Localizar y aislar fuentes de ignición
- Monitorear los gases de la mina especialmente las tendencias
- Hacer pruebas de suelo inestable o soportes de techo dañados
- Como último recurso, cuando se desconoce el riesgo de explosión, puede aplicar Polvo inerte o erigir barreras de polvo inerte o de agua

3.5.5 Equipos utilizados en la atención de emergencias mineras causadas por explosiones de gases y polvo de carbón

Nótese que las especificaciones detalladas de los equipos, las instrucciones operativas, el mantenimiento preventivo y los accesorios están incluidos en el Capítulo 4 de este documento.

La matriz que se encuentra a continuación, denominada Requerimientos Mínimos de Equipos para El Sistema de Salvamento Minero Colombiano ofrece el listado de equipos mínimos recomendados y opcionales para atender las emergencias generadas por explosiones según lo descrito anteriormente.

Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Explosiones Cap 3.5
Proteccion Respiratoria			
1	Aparato de Respiración de presión positiva de autocontenido regenerativo		✓
2	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos		✓
3	Autorescatador Tipo Savox		✓
4	Autorescatador de Oxígeno Químico 90 Minutos		✓
5	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos SSR 30		✓
Monitoreo Ambiental			
6	Monitor Multigas de 6 gases		✓
7	Retractor para Monitor Multigas		✓
8	Anemómetro		✓
9	Anemómetro y termómetro		✓
10	Higrómetro giratorio y tabla		✓
11	Bombas y Tubos de Muestreo		✓
12	Bomba y fuelle y Tubos detectores		✓
Incendios y Explosiones			
13	Tuberías		✓
14	Mangueras contra incendios		✓
15	Acoples y accesorios para manguera		✓
16	Tubos bifurcados		✓
17	Boquillas		✓
18	Recámaras de división		✓
19	Adaptador de espuma		✓
20	Pica contra incendios		✓
21	Extintor de Incendios		✓
22	Baldes para Incendios		✓
23	Hidrantes contra incendios		✓
24	Hidrantes Mineros		✓
25	Maquina de Colocamiento		✓
26	Cámara de Imagen Térmica		✓
Corte y Expansion			
27	Expansor Hidraulico		✓
28	Cortador		✓
29	Herramiento de Combinacion		✓



3.5 Causadas por Explosiones de Gases y/o Polvo de Carbón

30	Cilindro hidraulico	✓
31	Bomba hidraulica de mano	✓
32	Manqueras hidraulicas	✓
33	Acoples hidraulicos	✓
34	Cadena	✓
Bolsas de Aire		
35	Cojin neumático (elevador)	✓
Caída de Alturas		
36	Dispositivos de control de descenso automático y manual	○
37	Trípode tipo Airshore	○
38	Descensores manuales	○
39	Cabos o cuerdas de anclaje	○
40	Eslinga de Sujecion	○
41	Absorbedor de energía	○
42	Eslinga con absorbedor de energia	○
43	Línea de vida retráctil	○
44	Trípode	○
45	Winch o Tomo	○
46	Pescante Davit	○
47	Arnés de Cuerpo Completo	○
48	Trípode flexible y adaptable con marco tipo A y sistema de soporte	○
49	Correas	○
Primeros Auxilios y Recuperación		
50	Sistema de Rescate (Camilla Sked)	✓
51	Camilla de canasta	○
52	Camilla rígida	✓
53	Cobijas	✓
54	Collarín	✓
55	Cobijas de arrastre	✓
56	Resucitador (Tipo Mars)	✓
57	Férulas	✓
58	Bolsas para cuerpos	○
Trauma Primeros Auxilios		
59	1x tarjeta guía	✓
60	Vendajes surtidos	✓
61	20 x vendajes triangulares	✓

62	3 x venda estéril para ojos	✓
63	2 x rollos pequeños de cinta autoadhesiva	✓
64	1 x Tijeras grandes	✓
65	2 x Tijeras pequeñas	✓
66	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
67	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
68	4 x Resusci aids	✓
69	2 x 500 ml enjuague ocular	✓
70	3 x vendajes superabsorbentes	✓
71	3 x vendajes para sangrado profuso	✓
72	20 x vendajes para heridas grandes	✓
73	6 x vendajes adaptables	✓
74	1 x pulsómetro	✓
75	1 x Torniquete (vendaje triangular alternativa)	✓
76	5 x gazas hemostáticas (coagulante)	✓
Primeros Auxilios Personales		
77	1x tarjeta guía	✓
78	Vendajes surtidos	✓
79	6 x vendajes para heridas grandes	✓
80	2 x venda estéril para ojos	✓
81	6 x vendas triangulares	✓
82	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
83	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
84	4 x Resusci aids	✓
Caída de Rocas		
85	Puntales	✓
86	Palancas de fricción	✓
87	Palancas hidráulicas	✓
Herramientas Generales		
88	Caja de herramientas	✓
89	Cortador de pernos	✓
90	Llave de expansión	✓
91	Llave de tubos	✓
92	Segueta y hojas de segueta	✓
93	Martillos	✓
94	Formones	✓

3.5 Causadas por Explosiones de Gases y/o Polvo de Carbón

95	Alicates	✓
96	Destornillador plano	✓
97	Destornillador de estrella	✓
98	Cortado/cuchillo stanley	✓
99	Maseta y picas de minero	✓
Proteccion Personal		
100	Protección ocular y anteojos de seguridad	✓
101	Cascos	✓
102	Relojes	✓
103	Tabla de calor y humedad	✓
104	Lámpara Minera	✓
105	Cuerda para línea de vida	✓
106	Botellas de agua	✓
107	Línea de vida personal	✓
108	Piezas livianas de madera	✓
109	Caja de tiza	✓
Comunicaciones		
110	Sistema de comunicación emergencias mineras	✓
Libros, turnos etc		
111	Libro de registro de la base de aire fresco	✓
112	Libro de registro del comandante de incidente	✓
113	Libro de registro de superficie	✓

114	Planillas de turnos de cuadrillas	✓
115	Planillas varias	✓
116	Hojas de tiempo	✓
117	Libreta de apuntes	✓
118	Rótulos	✓
119	Señalización para base de aire fresco	✓
Otro Equipo y Repuestos		
120	Electrobombas	✓
121	Ventilador Axial	✓
122	Bomba de trasiego de oxígeno	✓
123	Testor 2100	✓
124	Test-it 6100	✓
125	Termómetro	✓
126	Gases para calibración de multidetectores	✓
127	Agua destilada	✓
128	Desinfectante para los equipos	✓
129	Secador	✓
130	Tablas, tubos y agua	✓
131	Baterías para los bodyguard	✓
132	Tabla para mapas, regla, plumas y lápices	✓
133	Tablas clip	✓
134	Registros médico y de entrenamiento socorredores	✓
135	Planillas de chequeo de BG4	✓

✓	Requerido
O	Opcional pero sugerido
A	Detalles proporcionados

Fuente: Elaboración Propia



3.5.6 Referencias

Code of Federal Regulations [2016], 30CFR18.31 Enclosures (a)(3), 30CFR57.22202(c)(3) fan blades, 30CFR75.333 Ventilation Controls (e)(1)(ii), 30CFR75.1310 Explosives and Blasting Equipment, www.eCFR.gov accedido el 30/09/2016

Denk, Joseph M., Francart, William J., y Baran, John N. [1987], Monitoring Mine Gasses During Shaft Filling Operations, Oct. 12-15,1987, *Proceedings: Third U.S. Mine Ventilation Symposium*, Pennsylvania State University.

Diamond, WP y Schatzel, SJ [1998]. Measuring the gas content of coal: a review. *International Journal of Coal Geology*, 35:311–331]

Cashdollar, Kenneth L., Michael J. Sapko, Eric S. Weiss, Marcia L. Harris, Chi-Keung Man, Samuel P. Harteis, y Gregory M. Green [2010] RI9679, Recommendations for a New Rock Dusting Standard to Prevent Coal Dust Explosions in Intake Airways, OMSHR, NIOSH, Pittsburgh, PA

Garcia, F. y Cervik, J. [1985] Methane Control on Longwalls with Cross-measure Boreholes (Lower Kittanning Coalbed) U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines,1985 Enero; :1-17 Report of investigations 8985

Goodman G, Harris M, y Alexander D, [2012] Preventing Coal Dust Explosions in Underground Coal Mines – Workshop, Office of Mine Safety and Health Research, NIOSH, Pittsburgh, PA

Kissell, F. (Ed.) (2006), Handbook for Methane Control in Mining, National Institute for Occupational Safety and Health, Information Circular No: 9486, June 2006, Pittsburgh, PA, Chapter 6, Coal Seam Degasification, Thakur, PC, pp77-96

Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., Jordan, T. [2004] *Understanding Earth*, 4th Edition, W. H. Freeman

Sapko MJ, Weiss ES, Cashdollar KL, y Zlochower IA [2000], *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2000 May; 13(3) :229-242

SIMTARS [1990], Frictional Ignition Research Project, Report of Research conducted since May 1990, Safety in Mines Testing and Research Station, Red Bank, Queensland, Australia, Section 4.2, funded by the National Energy Research Development and Demonstration Program (NERDDP), Australia.

Jones, B. Brenkley, D. Burrell, R.A. Bennett, S.C. (1999) Rescue and Emergency Support Services in Underground Coal Mines I.E.A. Coal Research

Mackenzie-Wood (1998) Emergency Preparedness and Mines Rescue Mines Rescue Service, N.S.W. Australia, Chapter 9

Mine Roadway Dusts and Explosion Barriers (1994) Safety Guidance British Coal Corporation/Health & Safety Executive, UK.

Mines Regulations (2014) Guidance on Regulations. Regulations 21-26 inclusive. Explosion Plan Health & Safety Executive, UK. www.hse.gov.uk

Owner's Operating Rules Regulations (1993) Guidance on Regulations – Frictional Ignition Health & Safety Executive, UK. www.hse.gov.uk

Prevention & Control of Fire and Explosions in Mines (2008) Health & Safety Executive, UK. HSE Books

Sealing-off Fires Underground (1985) The Institution of Mining Engineers

Stonedust Barriers on Coal Conveyor Roads (1961)

Coal Industry National Consultative Council
Safety & Health Committee, UK.

Ventilation in Coal Mines (1979)
National Coal Board, Mining Department, UK.



ANEXO 1

Evaluación de riesgo de explosión

Reducir el riesgo de una explosión de gas y polvo de carbón en una mina – EJEMPLO

Una explosión tiene el potencial de afectar a toda persona bajo tierra y al personal en superficie en la proximidad de la entrada de la mina. La siguiente documentación (incluyendo la evaluación de riesgo y la matriz de responsabilidad) es un ejemplo de la forma en que el peligro de explosión se maneja en una pequeña mina de carbón subterránea con mecanización limitada.

Todo proceso de planeación en la mina toma en consideración el riesgo de peligro sustancial. Si se identifica el riesgo de una explosión en cualquier proceso o equipo de trabajo y el riesgo es demasiado grande, entonces el plan será modificado para reducir el riesgo a niveles aceptables. Si esto no es posible, entonces el proceso o el equipo no será adoptado en la mina.

Este ejemplo de evaluación de riesgo de explosión ha sido terminado e identifica las barreras preventivas y de mitigación para controlar el peligro. Estos controles se describen con más detalle en este capítulo. En los casos en que hay otros documentos relacionados con el control, éstos son referenciados. Se obtuvo consejo y asistencia a partir de varias fuentes de información, incluyendo el '*Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas*', contenido en el decreto 1886 de 2015.

Evaluación de riesgo de explosión

La evaluación de riesgo realizada identifica los peligros, decide quién puede resultar herido, evalúa el riesgo e identifica las medidas de control asociadas con una posible explosión subterránea. Los peligros identificados con respecto a la explosión son los siguientes:

- Ignición de Gas Inflamable
- Ignición de Polvo de Carbón
- Propagación de una explosión de polvo de carbón
- Ignición de Vapor

Competencia

Las competencias requeridas por todo el personal involucrado en el manejo e implementación de las medidas de control de explosiones están identificadas en los estándares de la mina. La matriz de responsabilidades incluida al final ayuda en la determinación de las competencias requeridas para los diferentes roles de trabajo.

Riesgo de explosión de gas inflamable

La posibilidad de que una mezcla explosiva de gases inflamables (grisú principalmente) se acumule se considera como un riesgo bajo en cualquier lugar de esta mina.

Históricamente la mina ha registrado poco o nada de metano; esto está demostrado en los registros de ventilación de la mina y en los reportes estatutarios oficiales de la mina. El contenido de gas del manto de carbón ha sido evaluado de forma independiente por un consultor externo. Los resultados de esta evaluación, que usó información de pozos de perforación situados al este de la mina, indican una tasa de liberación de contenido de

metano de aproximadamente 4,7 m³/tonelada. Esto da una lectura de la concentración de metano en la atmósfera general pronosticada de entre 0,1-0,2% (dependiendo del método de explotación y ventilación).

Como se afirmó anteriormente, el metano medido real es normalmente poco o cero. Esto puede explicarse por el afloramiento de carbón que se sabe que tiene un contenido reducido de metano, donde el metano se “desangra” hacia la atmósfera de la superficie a lo largo de un gran periodo de tiempo. También es probable que la mayoría del gas restante dentro del manto circundante haya sido liberado en el pasado debido a la socavación del manto por parte de otras minas.

Una caída en la presión barométrica puede tener un efecto adverso en la ventilación de la mina al permitir que el metano entre en los trabajos de la mina desde trabajos anteriores y mantos de carbón. Históricamente esto no se ha visto en la mina, sin embargo, se mantiene un barómetro en la mina. La presión barométrica es revisada por todos los funcionarios de la mina al comienzo de su turno y cualquier caída fuerte en el barómetro se comunica para crear conciencia sobre el hecho. Se hace énfasis en fomentar vigilancia adicional para asegurar que los sectores permanezcan dentro de los parámetros legales.

Mientras que las evaluaciones propias indican que hay un “bajo riesgo” de que haya una explosión de gas inflamable en la mina, la mina continuará diseñando, planeando, implementando y revisando medidas de control para mitigar este riesgo. También continuará evaluando el riesgo; la introducción reciente de un Dosco Dinthead (máquina de corte de carbón mediante un tambor o piña giratorios recubiertos de picas de tungsteno), el cual se instala para aumentar la producción de carbón de la mina, potencialmente aumenta la producción de metano y torna el polvo de carbón más fino. La mina monitoreará de cerca este cambio.

El control del riesgo de ignición de gas inflamable se divide en 2 partes:

- Riesgo de ignición por fricción
- Otros riesgos de ignición de gas inflamable

Riesgo de ignición por fricción (cabezales de corte)

El Riesgo de ignición por Fricción significa el riesgo de una concentración de grisú en el rango explosivo que coincida con una fuente de ignición causada por calor friccional o chispas de las picas de corte o cualquier otro material que pueda causar una chispa incendiaria (otros calentamientos friccionales como el rozamiento de bandas transportadoras que conducen a incendios son discutidos en la evaluación de riesgo de incendios). Los principales riesgos asociados con la ignición por fricción son:

- Ignición por fricción de operaciones de corte
- Chispas incendiarias de metal a piedra o de piedra a piedra

Plan

La ventilación es una medida de control clave para la prevención de cualquier explosión de gas inflamable y especialmente la dispersión segura del gas de la mina. El diseño del sistema de ventilación de la mina se logra al modelar la infraestructura de vías de la mina actual y planeada, y calculando después la tarea del ventilador requerida para asegurar que se logre una ventilación adecuada y suficiente. La modelación es realizada por un tercero competente. La planeación incluye la provisión de ventilación suficiente para satisfacer las cantidades



de aire requeridas de los ventiladores subterráneos auxiliares para asegurar que se evite la recirculación de gases de la mina.

- Los sistemas de ventilación auxiliar están diseñados para proporcionar una cantidad suficiente para ventilar adecuadamente la zona de corte para dispersar el gas inflamable y prevenir la posibilidad de la estratificación del metano dentro de la vía de desarrollo. Una cantidad entregada mínima para cada sistema de ventilación auxiliar será calculada y registrada en las reglas relevantes de ventiladores auxiliares.
- Como se refirió anteriormente, se realiza un cálculo de las tasas proyectadas de liberación de grisú de manto de carbón.
- La probabilidad de la fuente de ignición conocida causada por calor friccional o chispas de las picas cortadoras debe incluir la clasificación del Potencial de Temperatura Incendiaria (PTI) de cualquier estrato que sea probable encontrar en el trabajo del desarrollo. La clasificación debe ser hecha al considerar lo siguiente:
 - Conocimiento geológico y geotécnico real
 - Reportes geológicos y geotécnicos realizados por una persona competente
 - Riesgo del sector/plan de registro

Donde cualquier estrato relevante contenga Cuarzo, el PTI se debe relacionar con el contenido de Cuarzo como se muestra a continuación:

- Rocas que contengan más de 50% Cuarzo PTI Alto
- Rocas que contengan entre 30%-50% Cuarzo PTI Medio
- Rocas que contengan menos de 30% Cuarzo PTI Bajo

Las rocas clasificadas como PTI medio o alto deben considerarse como con el potencial de encender grisú como resultado de la acción de las picas de corte.

• **Control**

Todos los trabajos en la mina deben ser ventilados de forma auxiliar usando un sistema de aire forzado. Esto consiste en ventiladores de inyección incorporando conductos planos, especificación que será incluida en las reglas de ventilación auxiliar relevantes. La cantidad de mínima de aire establecida por el Administrador para cada operación se registra en las reglas de ventilación auxiliar respectivas. Si por cualquier motivo el flujo mínimo de aire establecido por el Administrador no se logra, entonces cesarán las operaciones mineras hasta que se tomen acciones correctivas y se logre dicha cantidad mínima.

Los sistemas de ventilación auxiliar forzada se emplean para asegurar que se logre un flujo de aire positivo a lo largo del frente de excavación. Siempre se debe considerar el balance del riesgo de ignición por fricción y la exposición de individuos al polvo. Las distancias importantes con respecto de las posiciones del ventilador y de los ductos se mostrarán en las reglas de ventiladores auxiliares relevantes.

Cuando se planee un cambio grande en la ventilación de la mina (por ejemplo, conectar dos túneles o hacer una cruzada entre dos túneles) se realizará una evaluación de los efectos del cambio, con en el cual se diseñará un sistema seguro de trabajo a ser implementado.

Todos los ductos de ventilación deben ser instalados a un buen estándar y mantenidos en buenas condiciones.

En cualquier frente de excavación, el final del ducto de aire forzado debe mantenerse lo más adelante posible en todo momento y siempre dentro de los primeros 5 metros desde el frente de excavación.

La mina evitará cortar los estratos del techo sobre el manto de carbón. Donde esto no sea practicable, se deberá revisar la evaluación de riesgo friccional.

Se deben interconectar los interruptores de flujo y presión de agua con los circuitos de control de la máquina de corte de carbón para evitar que se inicie la rotación de la cabeza de corte, antes de una purga efectiva del sistema de rociadores de agua por un mínimo de siete segundos. Las interconexiones también deben evitar la rotación del cabezal de corte si se proporciona agua con una presión y un flujo inferior al requerido por el sistema de rociadores de la máquina. Donde esto no sea practicable (por el tipo de máquina empleado) una advertencia de pre-encendido será activada por el operador (timbre o sirena) y se implementará una zona de exclusión.

Se instalará aspersores de agua en la bandeja de recibo de material de la máquina; sin embargo, estos son para el control de polvo y no para la prevención de ignición. No obstante, los aspersores harán parte de las revisiones diarias y semanales del sistema de mantenimiento.

Bajo operaciones normales un detector automático de metano no necesita ser usado en el frente. Si se nota cualquier riesgo adicional, por ejemplo, la presencia de metano detectada por funcionarios de la mina mientras se estén realizando operaciones de corte, se debe situar un detector de ese tipo al nivel del techo (del lado opuesto de la vía hacia el ducto de ventilación de aire forzado) lo más cerca posible al último grupo o arco de soporte o perno del techo.

Todos los frentes de desarrollo en que se adelanten trabajos en la entrada de la ventilación deben ser monitoreados por la persona responsable para detectar gas inflamable. El suministro de energía a los equipos y herramientas, excluyendo el sistema de ventilación principal, debe ser eliminado si el nivel de metano alcanza 20% LEL (Límite de Exposición Bajo por sus siglas en inglés) de gas inflamable (1,0% de metano por volumen).

Debe haber un hidrante disponible con una boquilla y manguera suficiente para llevar agua al frente de excavación. La inspección y prueba de los requerimientos de este equipo se presenta en el Plan de Prevención de Incendios que crea la mina con base en el equipo y método de explotación utilizado.

Se deben proporcionar facilidades en todo momento para que en todos los puntos de excavación se disponga de agua que pueda ser usada rápidamente con fines de apagar incendios, la manguera debe ser fácil de identificar.

El almacenamiento y uso de materiales inflamables dentro del frente de excavación debe mantenerse al mínimo.

- **Medición/Monitoreo**

Las cantidades de aire de ventiladores auxiliares (tomadas y entregadas) dentro de los conductos deben ser medidas en cada turno. Si no se cumple la cantidad mínima de aire determinada por el administrador, descrita en las reglas de ventilación auxiliar, las operaciones mineras cesarán hasta que la cantidad requerida se logre.



Las medidas de ventilación (velocidad/cantidad de aire, metano, CO, O₂ y otros gases, según sea necesario) son medidas y registradas en un libro de registro permanente por parte de los responsables. Estos registros son leídos y refrendados por el Administrador de la Mina.

- **Deberes del conductor de máquinas**

Al inicio de cada turno y donde sea necesario durante las operaciones de corte:

Asegurar que todas las picas en el elemento de corte estén afiladas y que se cambien inmediatamente cuando se requiera. Revisar todas las cajas de picas por daños y operación correcta.

Informar inmediatamente cualquier defecto, por ejemplo, cajas de picas dañadas, al capataz a cargo del sector.

Asegurar que todos los aspersores de agua de la máquina funcionen eficazmente.

Revisar que los medidores de metano montados en las máquinas estén funcionando correctamente y den lecturas similares al multidetector portátil de gases.

Informar cualquier cambio en la geología del frente de excavación al capataz del Sector.

El conductor de máquinas pondrá especial atención al horizonte de corte para asegurar que se tome la extracción planeada.

- **Deberes del mecánico del frente de excavación**

El Técnico Mecánico deberá realizar las siguientes revisiones, las cuales deberán estar incluidas en las Reglas del Administrador sobre la Inspección.

Revisiones diarias:

Donde sea practicable, los indicadores de flujo y presión se sitúan de manera que puedan ser observados en todo momento durante las operaciones de corte.

Asegurar que todos los aspersores de la máquina estén asegurados, no estén bloqueados y funcionen eficazmente.

Revisiones semanales:

Examinar todas las picas y cajas de picas asegurando que cualquier pica o caja que esté dañada sea reemplazado. Informar cualquier defecto al Oficial del Sector.

Asegurar que todos los atomizadores de polvo de corte de excavación estén funcionando eficazmente.

- **Deberes del electricista del frente de excavación**

El Electricista del frente de excavación debe realizar las siguientes revisiones semanales, las cuales deben estar incluidas en las Reglas del Administrador sobre la Inspección:

Asegurar que todos los interruptores de presión sean eficaces y funcionen correctamente. Informar cualquier defecto al Oficial del Sector.

- **Deberes del jefe o capataz de un área o sector**

El Oficial del Sector deberá asegurar que los otros con deberes bajo las reglas entiendan completamente sus responsabilidades. El jefe de un área debe:

Asegurar que haya una provisión de picas afiladas fácilmente disponibles en el sector.

Asegurar que cualquier cambio en la geología del frente de excavación que pueda aumentar el riesgo de ignición por fricción sea informado en su reporte obligatorio.

Revisar para asegurar que los ductos de ventilación (incluyendo el flujo de aire mínimo) estén lo más adelante posible y en buenas condiciones.

Hacer revisiones regulares en busca de metano; esto incluye la atmósfera general dentro de la galería, en el frente de excavación y al nivel del techo cerca al frente de excavación, revisando si hay estratificación.

Durante su turno, registrar una vez la presión y el flujo de los aspersores de agua de la máquina en su informe obligatorio.

Asegurar que las operaciones y equipo de excavación cumplan con los requerimientos de este documento y de las Reglas del Administrador sobre la Ventilación Auxiliar.

Asegurar que la gente del sector realice sus deberes en línea con este documento.

- **Deberes del administrador de la mina/Ingeniero eléctrico/ Ingeniero mecánico**

Auditar tanto los estándares operacionales y físicos requeridos por este documento y asegurar que aquellas personas con deberes específicos entiendan completamente su rol en el control de ignición por fricción.

Los informes de defectos son registrados y revisados diariamente por el equipo de administración para asegurar que todos los defectos relevantes para el control de ignición por fricción sean corregidos y monitoreados.

- **Arreglos de emergencia**

El procedimiento a seguir en caso de una ignición por fricción

El procedimiento a seguir en caso de que ocurra una ignición debe ser el siguiente:



Si ocurre una ignición y la llama no puede ser extinguida fácilmente, el plan de emergencia documentado de la mina debe ser implementado inmediatamente.

En una galería donde el fuego no se puede extinguir usando el equipo contra incendios allí disponible, todas las personas deben ser evacuadas y la galería debe ser cercada en el último cruce de vías. La ventilación de la galería debe continuarse, con la energía aislada a todo el equipo en la galería, de acuerdo con las reglas de ventilación de la mina a menos de que el funcionario de mayor rango a cargo de la mina dé instrucciones contrarias.

Si la ventilación de la galería es interrumpida entonces todas las personas que probablemente sean afectadas deben ser evacuadas y toda la energía de la galería debe ser aislada, incluyendo ventilador(es), y la galería debe ser cercada de acuerdo con las Reglas de Ventilación auxiliar.

El incidente debe ser reportado al Servicio Nacional de Salvamento Minero en aplicación del decreto 1886 de 2015.

- **Chispas incendiarias de roca y metal**

En los lugares en que los metales ligeros entren en contacto cercano con hierro y acero y estén sujetos a un alto impacto de energía, es posible generar chispas incendiarias grandes y muy calientes debido a la reacción térmica entre dos metales diferentes.

Bajo las prácticas del Reino Unido, NO se deben llevar metales ligeros a menos de 300 metros del frente de excavación, excepto por el equipo portátil admitido (véase la Sección 3.5.1.3) a menos de que estén protegidos de fricción o impacto.

De acuerdo con el Código de Prácticas para la Prevención de Accidentes Debido a Explosiones en Minas de Carbón Subterráneas de la Organización Internacional del Trabajo, OIT (ISBN 92-2-101062-7), sección 5.2.1. (1) "Debido a que una forma particularmente peligrosa de fricción incendiaria puede surgir del contacto entre acero oxidado y aleaciones de magnesio y aluminio, el uso de equipos que contengan tales aleaciones ligeras en partes de la mina en donde hay peligro de metano debe ser prohibido..... y sección 5.2.2. Debe prohibirse el introducir láminas de metal que probablemente produzcan una reacción térmica en una mina en donde hay peligro de metano."

Sin embargo, bajo la práctica de EE.UU., la MSHA no restringe el uso de aluminio excepto por aleaciones de aluminio que tengan más de 0,5% de contenido de magnesio que son prohibidos específicamente en cualquier elemento rotativo como aspas de ventilador, controles de ventilación (en vía de retorno del aire en los cruces del circuito o en tabiques de aislamiento) o en otros equipos fijos como carcasas de equipos de detonación de explosivos o cables [Código Federal de Regulaciones CFR 2016 USA]. El uso de aluminio sólo está restringido donde se haya demostrado un peligro específico.

Se incluye a continuación el equipo portátil hecho de metal ligero que puede ser usado en cualquier parte bajo tierra en el Reino Unido.

- Anemómetro y manijas de extensión

- Unidades de flash electrónico resistente a las llamas FLP para la fotografía subterránea
- Metanómetros y monitores ambientales portátiles
- Instrumentos de topografía y sus patas telescópicas
- Aparato de rescate
- Aparatos científicos para el muestreo, medición y registro.

Todo equipo nuevo será revisado antes de la compra para asegurar que no haya metales ligeros presentes en sus componentes, partes o recubrimientos.

Se tiene previsto retirar todos los soportes de acero de los trabajos abandonados, lo cual reduce el riesgo de fricción roca-acero. El control de esta operación está cubierto en la Evaluación de Riesgo de sostenimiento. (Nota: este tema debe ser tratado en el proceso de evaluación de riesgos para determinar si es un tema significativo en las minas colombianas que deba ser implementado).

Ignición de gas inflamable (sin fricción)

Otros riesgos de igniciones de gas inflamable (sin fricción):

- Ignición de gas inflamable por medio de equipo eléctrico
 - Ignición de gas inflamable por medio de un incendio en la mina
 - Ignición de gas inflamable durante el almacenamiento, transporte o uso de explosivos
 - Chispa electroestática
- **Plan**
 - Como se detalla en la sección de Ignición por fricción, la planeación, construcción, operación, monitoreo y mantenimiento de los sistemas de ventilación son medidas de control clave para la dispersión segura de gas inflamable.
 - La mina también planeará cualquier instalación eléctrica y/o mecánica para que se haga un buen estándar y use equipos adecuados para el uso en la zona de la mina donde han de ser desplegados.
- **Control**
 - La mina se ventila actualmente usando un solo ventilador de 37kw situado en la entrada de la galería de regreso; el ventilador circula actualmente a aproximadamente 16,5m³/s. El principal control de los procedimientos de la operación del ventilador es a través de las reglas del Ventilador Principal establecidos por la dirección de la mina. Cuando la mina no está en producción y no hay personal de trabajo al final del turno de la tarde, la velocidad del ventilador principal se reduce para ahorrar energía. Se debe realizar una evaluación de riesgo respecto a este procedimiento y debe ser incluida en las reglas del ventilador principal.
 - El Topógrafo, con la ayuda (información) del equipo de administración de la mina, produce Planos de Ventilación de la Mina. Los planos de ventilación de la mina muestran la dirección general del flujo de ventilación, los puntos en los que la cantidad de aire que pasa es evaluada y la ubicación de los dispositivos principales para regular el flujo de la ventilación. Estos planos son precisos, actualizados y publicados trimestralmente o cuando haya un cambio significativo en las condiciones que afecten la ventilación a lo largo de la mina para asegurar su correcta comprensión y aplicación.
 - Cualquier conexión entre las vías de ingreso y de retorno debe minimizar la fuga de aire. En los casos en que esto involucre el uso de puertas de aire, debe haber un mínimo de dos sets y deben cerrarse de forma automática.

- Está estrictamente prohibido quemar y soldar bajo tierra. (Nótese que cortar y soldar se hace de forma rutinaria en zonas de aire fresco ventiladas de forma positiva en minas de EE.UU. cuándo es supervisado por una persona certificada. En general, se requieren lecturas de gas (metano) y debe haber dos tipos de equipos contra incendios al alcance (polvo inerte, manguera de agua, o extinguidores). Cualquier escoria de metal caliente debe ser enfriada antes de abandonar la zona y la zona debe ser inspeccionada periódicamente para asegurar que no haya fuego latente presente.
- Para asegurar que la mina está ventilada adecuadamente y para monitorear cualquier acumulación de gas inflamable en la mina se tomarán mediciones de ventilación de las vías en intervalos que no excedan los 30 días. Las mediciones se tomarán en bifurcaciones de las vías de ingreso de la ventilación y otras zonas estratégicas en la mina con base en la evaluación de riesgos. Las mediciones se registrarán en libros planeados para este propósito y en un plano de ventilación de la mina que incorpore cantidades medidas. El plano de medición de aire será revisado regularmente.
- Todos los aparatos de ventilación, por ejemplo, sistemas de ventiladores auxiliares y puertas de aire, serán inspeccionados por funcionarios de la mina como parte de sus inspecciones.
- En las reglas de los Ventiladores Auxiliares se incluye información para la recuperación o desgasificación de sectores donde se encuentren acumulaciones súbitas de gas, junto con las competencias requeridas para efectuar la desgasificación.
- Los multi-detectores de gases se configuran para dar alarma en 10% LEL (0,5% por volumen). Como el metano no se ve generalmente dentro de la mina, esto proporciona una indicación de advertencia temprana si hay algún cambio en las circunstancias.

- **Ignición de gas inflamable por medio de equipo eléctrico o mecánico**

- El gas metano, si está presente en el rango explosivo, también puede ser encendido por equipos eléctricos o mecánicos que no han tenido buen mantenimiento. Todo el equipo usado bajo tierra debe ser seleccionado cuidadosamente por parte de los ingenieros eléctricos y mecánicos respectivos y de acuerdo con la legislación. Los ingenieros eléctricos y mecánicos deben tener en cuenta todos los peligros potenciales al seleccionar equipos subterráneos y diseñar sistemas. Esto es especialmente relevante en la posibilidad de una explosión.
- Los artículos eléctricos que se compren nuevos o de segunda mano o usados serán recertificados y revisados por reparadores aprobados. (Véase RETIE, Artículo 33, Resolución 90708 de 2013). La documentación para esto se registra en la forma de un archivo técnico ubicado en la oficina de mantenimiento de la mina.
- Todo equipo eléctrico y mecánico será inspeccionado, probado y mantenido en buenos estándares por parte de personal competente y será ingresado en el esquema de establecido por la administración para las Inspecciones (Reglamento establecidos por el administrador). Se proporcionarán listas de verificación a los técnicos que realicen la inspección, prueba y mantenimiento.
- Para lograr y mantener el nivel adecuado de competencia, se debe dar información, instrucción y entrenamiento al personal de mantenimiento (técnicos eléctricos y mecánicos) cuando se implemente cualquier equipo nuevo en la mina. Los ingenieros organizarán cualquier información, instrucción o entrenamiento a ser entregado.
- En las zonas en que el contenido de gas inflamable exceda 20% LEL (1% de grisú por volumen), todos los equipos eléctricos y mecánicos deben estar desconectados. (Nota, el Decreto 1886 de 2015 especifica las condiciones que las minas de carbón deben seguir cuando haya metano presente).
- Todo equipo electrónico que haya estado expuesto a 40% LEL (2% de metano por volumen) de la atmósfera inflamable debe ser purgado antes de restaurar la energía.

- Cuando haya equipo certificado no subterráneo que esté siendo utilizado bajo tierra (por ejemplo, una cámara fotográfica), éste puede usarse siempre y cuando haya reglas adecuadas para su uso.
- Todos los monitores portátiles de gases, incluyendo multi-detectores, tendrán certificaciones que les permita mantenerse energizados en una atmósfera explosiva. Todos los monitores ambientales se mantendrán y calibrarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Las linternas de casco y las lámparas de seguridad utilizadas están aprobadas para el uso bajo tierra. Siendo “B2/233” la aprobación de las lámparas de seguridad. Las lámparas de casco están certificadas para el uso en una atmósfera explosiva. Las lámparas de casco y las de seguridad se mantienen en la mina por parte de personas competentes y autorizadas. Todo mantenimiento se registra en la documentación relevante.
- **Ignición de gas inflamable por medio de un incendio en la mina (incluyendo combustión espontánea)**
 - El control de incendios en la mina se aborda en la parte de prevención de incendios de este documento.
- **Ignición de gas inflamable durante el almacenamiento, transporte o uso de explosivos**
 - Con el fin de limitar la llama generada por la explosión, en la mina solo se usan explosivos, detonadores y accesorios aprobados o permisibles.
 - La concentración de metano que explota con más facilidad ante la llama de los explosivos es del 9%. Esta concentración jamás será alcanzada ya que el personal de la mina deberá evacuarse cuando se detecten concentraciones del 1% y procederse de inmediato a establecer las medidas que eliminen la presencia de tal concentración de gas.
 - Nunca se debe detonar una explosión sin la confirmación previa de la ausencia de metano en el punto de la explosión, en el corte mismo, en las perforaciones para los explosivos y en las fracturas o cavidades circundantes.
 - Las voladuras y todas las actividades relacionadas solo pueden ejecutarse por una persona competente y siguiendo las instrucciones de las autoridades competentes y los fabricantes de los explosivos.
 - Solos materiales aprobados deben emplearse para los tapones de retacado de los barrenos.
 - Se tendrá especial cuidado en confirmar que no quedan explosivos abandonados en las vías de la mina y que puedan estar ocultos a la vista del explosivista quien debe asegurarse de devolver la totalidad del material sobrante. Un registro sobre las cantidades entregadas, usadas y devueltas se llevará.
 - El transporte de explosivos solo se efectuará siguiendo las instrucciones del fabricante.
 - Nunca se transportarán detonadores y explosivos juntos.
- **Chispas electroestáticas**
 - Existe una posibilidad de que el gas metano, si está presente, sea encendido a través de chispas electroestáticas. Hay muchas maneras en las que esto podría ocurrir (por ejemplo, motores neumáticos, tuberías plásticas, fugas en tuberías de aire comprimido). Es política de la mina que las tuberías plásticas se usen bajo tierra y que sus longitudes de recorrido se reduzcan insertando segmentos de tuberías metálicas que actúen como polos a tierra. Los motores neumáticos, si se usan, también son puestos a tierra para prevenir el riesgo de chispas electroestáticas. Las fugas que se encuentran en tuberías de aire comprimido se reparan inmediatamente.
 - Los equipos que puedan generar carga electroestática no está permitidos bajo tierra. Esto incluye aparatos eléctricos de baterías, relojes digitales, llaves de carros de control remoto y teléfonos celulares.

Explosión de polvo de carbón

Los riesgos de una explosión de polvo de carbón en una mina son:

- **Explosión de polvo de carbón propagada por una explosión de gas inflamable (explosión secundaria)**
 - Una ignición/explosión de gas inflamable podría ocasionar una explosión de polvo de carbón secundaria. Para mitigar este riesgo, la mina asegurará que haya suficiente contenido inerte en el polvo de las vías al esparcir sistemáticamente polvo inerte. Esto incluye el requisito de polvo inerte después del ciclo de corte.
 - La materia volátil del carbón en la mina es menos del 27%; por lo tanto, el porcentaje mínimo de materia inerte debe ser 80%, a menos de que un contenido de incombustibles totales (CIT) más baja sea suficiente. El riesgo de la propagación de polvo en las vías también es considerablemente reducido en zonas de la mina que estén mojadas.
 - La mina erigirá “barreras (de bolsas de polvo inerte suspendidas) hasta la extensión de la llama” para mitigar el riesgo de una explosión de polvo de carbón. El estándar de instalación requerido se describe en el esquema respectivo.
 - Se proporcionará la supresión de polvo en bandas transportadoras para minimizar que el polvo de carbón sea transportado por el aire y abandone la banda transportadora. Se diseñarán puntos de transferencia de productos para minimizar el derrame, minimizando así la acumulación por derrame.
 - Cualquier acumulación excesiva de polvo inflamable será limpiada sistemáticamente.
 - Para medir el contenido inerte de polvo se tomarán muestras de banda de ancho y profundidad iguales no mayores a ¼” (<5 mm) del polvo de cada vía del techo/lados y piso. Cada vía se dividirá en longitudes de zona de 160 metros y después en sub-zonas (a y b) de longitudes de 80 metros. Las sub-zonas serán muestreadas de forma alternada cada mes (en intervalos que no excedan los 30 días); estas zonas estarán identificadas en un plano de la mina. Cada zona tendrá un código de referencia único y estará identificada claramente en el final del lado de la salida. Cuando cualquier muestra identifique que el contenido inerte del polvo es menor al 80%, la zona será espolvoreada con piedra y muestreada nuevamente hasta que se logre el contenido de polvo inerte requerido.
 - Todas las muestras de polvo de las vías serán analizadas por un laboratorio aprobado.

Ignición de vapor

La mina usa y almacena numerosos aceites minerales y dado que el vapor de aceite mineral puede encenderse a altas temperaturas, el control clave con respecto de este peligro es la prevención de incendios, incluyendo el control del almacenamiento de aceite (Véase el documento de prevención de incendios). Las áreas de almacenamiento deben ser a prueba de fuego, ventilado hasta el retorno y tener 20 extinguidores en el sitio. Los aceites minerales usados en los sistemas hidráulicos deben ser resistentes al fuego o se deben usar extinguidores montados sobre máquinas. Los sistemas hidráulicos de alta presión con fugas pueden producir aerosol atomizado de aceite el cual puede encenderse o explotar bajo las condiciones apropiadas.

Arreglos de emergencia

Escape

Se proporcionarán auto-rescatadores que proporcionen oxígeno, que protegen contra el monóxido de carbono a todas las personas que trabajen bajo tierra. La inspección, prueba y mantenimiento de los auto-rescatadores será realizada por un tercero. Las inspecciones previas al uso (antes de ir bajo tierra) serán realizadas por el usuario. Cada persona que vaya bajo tierra debe tener un auto-rescatador y mantenerlo a su alcance todo el

tiempo. Todas las personas que porten un auto-rescatador deben tener un entrenamiento apropiado en su uso antes de ir bajo tierra y posteriormente, deben recibir entrenamiento de actualización en intervalos anuales o con mayor frecuencia. Los mineros de carbón subterráneo recibirán entrenamiento en la colocación y transferencia de auto-rescatadores y entrenamiento de evacuación de la mina en emergencias. El entrenamiento de expectativas incluye la colocación y transferencia de auto-rescatadores en humo, humo simulado u otro ambiente equivalente. También requiere respirar a través de una unidad de entrenamiento de auto-rescatador realista o de un aparato equivalente que proporcione la sensación actual de la resistencia y el calor del flujo de aire de un auto-rescatador.

Los requisitos de los simulacros de seguridad se describen en el plan de escape y rescate de la mina.

Los empleados viajan por la salida secundaria de la mina como parte de su inducción inicial y una vez al año con un oficial de la mina.

Rescate

La provisión para los arreglos de rescate de minas se aborda en el plan de escape y rescate de la mina.

Indicadores de desempeño de seguridad (IDS) para control de explosiones

Los indicadores adelantados y desfasados IDS para el control proactivo de riesgo de explosión se muestran a continuación. Estos indicadores serán revisados por el equipo de administración en intervalos mensuales.

• **Riesgo de ignición por fricción**

- Número de veces que la cantidad de ventilación mínima establecida por el administrador está dentro del 10% de la cantidad mínima identificada en la ventilación auxiliar (retrospectivo).
- Porcentaje de exámenes mecánicos completados (prospectivo)
- Porcentaje de evaluaciones de competencia completadas a tiempo (prospectivo)
- Número de veces que el frente de excavación se detuvo por causa de las picas (la minería se atrasó debido a problemas mecánicos) (retrospectivo)

• **Otros riesgos de ignición de gas inflamable**

- Porcentaje de las búsquedas (de materiales combustibles ingresados de forma clandestina) que se completaron a tiempo (prospectivo)
- Porcentaje de análisis eléctricos completados (prospectivo)
- Número de veces que se midió y registró metano en exceso del límite legal de 50% en inspecciones estatutarias por parte de funcionarios (retrospectivo)

• **Ignición de polvo de carbón**

- Número de muestras fallidas de polvo de las vías (retrospectivo)
- Número de muestras fallidas repetidas de polvo de las vías (retrospectivo)
- Cantidad de polvo inerte enviado a la mina y esparcido (prospectivo)



ANEXO 1 Matriz de Responsabilidades

Ignición de gas inflamable y por fricción

	CMS	Sistema de diseño	Instalación y puesta en marcha	Inspección, prueba y mantenimiento	Arreglos de mitigación
Operador de la mina	<p>Proporcionar un CMS adecuado.</p> <p>Establecer y registrar una estructura de administración</p>	<p>Organizar evaluaciones de estratos ITP, modelación de ventilación y evaluaciones de liberación de metano.</p> <p>Política de adquisiciones de equipo adecuado.</p> <p>Asegurar que se establezcan zonas para la presencia de gas inflamable (DSEAR)</p>		<p>Asegurar un esquema adecuado de mantenimiento e inspección de la mina.</p>	<p>Desarrollar el plan de escape y rescate.</p> <p>Desarrollar la política de investigación de incidentes.</p> <p>Asegurar que se planeen simulacros de seguridad.</p> <p>Asegurar que haya instalaciones de Salvamento Minero</p>

Ignición de gas inflamable y por fricción

	CMS	Sistema de diseño	Instalación y puesta en marcha	Inspección, prueba y mantenimiento	Arreglos de mitigación
Administrador de la mina	Implementar CMS	<p>Diseñar sistemas de ventilación.</p> <p>Desarrollar las reglas de ventilación del Administrador .</p> <p>Realizar evaluaciones de ITP.</p> <p>Desarrollar evaluaciones por perforación con barrenos.</p>	Desarrollar esquema de puesta en marcha.	<p>Desarrollar un esquema adecuado de mantenimiento e inspección de la mina.</p> <p>Esquema de registro de novedades adecuado.</p> <p>Planear y dirigir las auditorías del sistema.</p> <p>Organizar búsquedas de materiales combustibles ingresados de forma clandestina.</p> <p>Autorizar operaciones de desgasificación y de encendido/apagado de ventiladores.</p>	<p>Proporcionar equipo contra incendios adecuado.</p> <p>Mantener el equipo contra incendios.</p> <p>Implementar simulacros de seguridad.</p> <p>Seleccionar y asegurar personal competente de Salvamento Minero.</p>
Ingeniero Eléctrico	Identificar la revisión de competencia de los requerimientos de entrenamiento.	Diseño del sistema eléctrico y selección del equipo adecuado.	<p>Identificar los requerimientos eléctricos para el esquema de Puesta en Marcha.</p> <p>Puesta en marcha eléctrica.</p> <p>Proporcionar procedimientos de aislamiento.</p>	<p>Proporcionar programa de mantenimiento eléctrico planeado y listas de revisión de inspección.</p> <p>Calibración de detectores de gas.</p> <p>Realizar auditorías del sistema.</p> <p>Mantenimiento de lámparas mineras de seguridad y auto-rescatadores de filtro.</p>	

Ignición de gas inflamable y por fricción

	CMS	Sistema de diseño	Instalación y puesta en marcha	Inspección, prueba y mantenimiento	Arreglos de mitigación
Ingeniero mecánico	Identificar la revisión de competencia de los requerimientos de entrenamiento.	Diseño del sistema mecánico y selección del equipo adecuado.	Identificar los requerimientos Mecánicos para el esquema de Puesta en Marcha. Puesta en marcha mecánica. Proporcionar procedimientos de aislamiento. Puesta a tierra de tuberías plásticas y equipo de aire comprimido.	Proporcionar programa de mantenimiento mecánico planeado y listas de revisión de inspección. Realizar auditorías del sistema.	Proporcionar sistemas adecuados para el uso de agua para combatir incendio.
Subadministrador	Identificar la revisión de competencia de los requerimientos de entrenamiento.	Contribución al diseño del sistema de ventilación.	Puesta en marcha. Instalar aparatos de regulación de ventilación como se haya planeado.	Inspecciones extra del sistema.	Entrenar al personal bajo tierra en técnicas de apagado de incendios.
Oficiales de la mina	Inspecciones extra para identificar incumplimientos e identificar requerimientos de competencia.	Contribución al diseño del sistema de ventilación.	Supervisar instalaciones.	Realizar y registrar inspecciones estatutarias. Revisiones de metano. Provisión de suficientes máquinas de picas. Revisiones de Lámparas Mineras de seguridad.	Instalar y poner en posición el equipo contra incendios requerido.
Técnicos	Asegurar competente y autorizado.	Contribución al diseño del sistema de ventilación.		Realizar revisiones diarias/semanales.	

Ignición de gas inflamable y por fricción

	CMS	Sistema de diseño	Instalación y puesta en marcha	Inspección, prueba y mantenimiento	Arreglos de mitigación
Operador	Asegurar competente y autorizado.	Contribución al diseño del sistema de ventilación.		Realizar revisiones diarias. Revisiones de control de corte horizontal.	
Personal de ventilación	Asegurar competente y autorizado.	Contribución al diseño del sistema de ventilación.		Asegurar que se tomen las mediciones de gases en las vías y en la ventilación auxiliar.	
Topógrafo de la mina	Asegurar competente y autorizado.	Producir el plano de ventilación de la mina. Producir el plano de zonas de riesgo de atmósfera explosiva (DSEAR)			

Explosión de Polvo de carbón

	CMS	Sistema de diseño	Instalación y puesta en marcha	Inspección, prueba y mantenimiento	Arreglos de mitigación
Operador de la mina	<p>Proporcionar un CMS adecuado.</p> <p>Establecer y registrar una estructura de administración.</p>	<p>Suministro de polvo inerte y barreras contra explosiones secundarias.</p> <p>Asegurar que se establezcan zonas para la presencia de gas inflamable (DSEAR)</p>		<p>Asegurar un esquema adecuado de mantenimiento e inspección de la mina.</p>	<p>Desarrollar un plan de escape y rescate.</p> <p>Desarrollar la política de investigación de incidentes.</p> <p>Asegurar la planeación de simulacros de seguridad.</p> <p>Asegurar instalaciones para Salvamento Minero.</p>

Explosión de Polvo de carbón

	CMS	Sistema de diseño	Instalación y puesta en marcha	Inspección, prueba y mantenimiento	Arreglos de mitigación
Administrador de la mina	Implementar el CMS	Esquema para el control de gas inflamable. Esquema para barreras de bolsas de polvo inerte.	Esquema de puesta en marcha.	Desarrollar un esquema adecuado de mantenimiento e inspección de la mina. Esquema adecuado para el registro de novedades. Planear y dirigir las auditorías del sistema.	Proporcionar equipo contra incendios adecuado. Mantener el equipo contra incendios. Entrenar al personal bajo tierra en técnicas de apagado de incendios. Implementar simulacros de seguridad. Proporcionar auto-rescatadores. Seleccionar y asegurar personal competente de Salvamento Minero.
Ingeniero mecánico	Identificar la revisión de competencia de los requerimientos de entrenamiento.	Diseño del sistema mecánico y equipos adecuados.	Mantener los transportadores, incluyendo supresión de polvo. Puesta en marcha mecánica.	Proporcionar el programa de mantenimiento mecánico planeado y las listas de revisión de inspección. Realizar auditorías del sistema.	Proporcionar sistemas adecuados para el uso de agua contra incendios.
Ingeniero Eléctrico				Mantenimiento de lámparas de seguridad y auto-rescatadores de filtro	

Explosión de Polvo de carbón

	CMS	Sistema de diseño	Instalación y puesta en marcha	Inspección, prueba y mantenimiento	Arreglos de mitigación
Subadministrador	Identificar la revisión de competencia de los requerimientos de entrenamiento.	Equipo de transporte		Auditoría del sistema de gestión	
Oficiales o capataces	Inspecciones extra para identificar incumplimientos e identificar requerimientos de competencia.	Implementar esquemas	Instalar barreras para que cumplan con el estándar requerido	Realizar y registrar inspecciones estatutarias. Revisiones para incluir los estándares de polvo inerte y barreras	Instalar y poner en posición el equipo contra incendios requerido.
Trabajadores	Asegurar que sean competentes y estén autorizados	Implementar esquemas	Instalar barreras para que cumplan con el estándar requerido	Realizar revisiones diarias/semanales	
Topógrafo	Asegurar que sean competentes y estén autorizados	Plan de muestreo de polvo de vías			
Personal de ventilación	Asegurar que sean competentes y estén autorizados	Aportar al diseño del sistema de ventilación		Asegurar que se tomen las mediciones de metano en las vías y la ventilación auxiliar.	

Anexo 1 – EVALUACIÓN DE RIESGOS MAYOR RIESGO DE PELIGRO EXPLOSIÓN

E = Empleados

C = Contratistas

P = Público

V = Visitantes

Riesgo no.	Peligro	Efecto de peligro	Evaluación inicial				Riesgo Evaluado	Medidas de control de riesgos	Riesgo residual		
			A quiénes afectó y a cuántos	Gravedad	Probabilidad				Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado
1.	Encendido friccional	Fallecimiento (Múltiple)	20 empleados y 1 contratista	5	3	15	Medidas Preventivas <ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluación de contenido de grisú unido y fecha de liberación prevista 2. Mediciones de grisú por funcionarios de la mina y el personal de ventilación 3. Sistemas auxiliares de ventilación - obligando 4. Cantidades mínimas de ventilación calculadas 5. Monitores ambientales calibrados (multigas) establecidos en alarma a 10% LEL (0.5% grisú) 6. Cantidades de ventilación medidas y registradas 7. Eliminación de energía a 25% de LEL inflamable (1,25% de grisú) 8. Procedimientos de aislamiento 9. Acuerdos de energía entrelazados 10. Inspección, pruebas y mantenimiento 11. Listas de verificación para el operador eléctrico, mecánico y de la máquina 12. Potencial de Temperatura Incendiaria de capas evaluadas 13. Provisión de selecciones de corte apropiadas y suficientes 14. Control de corte horizontal 15. Detector de grisú en las capas del operador de la máquina (monitor) – según sea necesaria (Discusión) 16. Niveles de grisú de monitoreo de desarrollos aguas arriba 17. Control de metales ligeros 18. Retirada de soportes de acero en rutas abandonas 19. Proceso de adquisición de equipo aprobado 20. Personal competente – provisión de CMS 21. Inspecciones de Mina – Funcionarios de Mina 22. Provisión de barómetro y revisiones 23. Auditorías del sistema de gestión 24. Evaluaciones de superficie Medidas de mitigación	5	1	5	



3.5 Causadas por Explosiones de Gases y/o Polvo de Carbón

E = Empleados

C = Contratistas

P = Público

V = Visitantes

Riesgo no.	Peligro	Efecto de peligro	Evaluación inicial				Riesgo Evaluado	Medidas de control de riesgos			Riesgo residual		
			A quiénes afectó y a cuántos	Gravedad	Probabilidad			Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado			
							25. Provisión y ubicación de equipos contra incendios mantenidos adecuados 26. Provisión de una manguera de fluctuación en la máquina Dintheader 27. Personal entrenado en técnicas contra incendios subterráneos 28. Provisión y mantenimiento de auto-rescatadores de filtro 29. Capacitación y nueva capacitación en uso de auto-rescatadores 30. Plan de escape y de rescate 31. Simulacros de seguridad 32. Provisión de rescate de Minas						
2.	Encendido de gas inflamable	Fallecimiento (múltiple)	20 empleados y 1 contratista	5	3	15	Medidas Preventivas 1. Evaluaciones de ventilación (modelación) 2. Provisión de ventilación adecuada 3. Medición/monitoreo de ventilación 4. Medidas de grisú 5. Eliminación de energía y detonadores a 25% de LEL de gas inflamable 6. Retirada de personas a 40% de LEL de gas inflamable 7. Purga de cuadros eléctricos a 40% LEL 8. Procedimientos de aislamiento 9. Monitores ambientales calibrados (multigas) establecidos en alarma a 10% LEL (0.5% grisú) 10. Conexión a tierra de tuberías plásticas y equipos de aire comprimido (por ejemplo, impulsores de aire) 11. No se permiten materiales humeantes ni fuego abierto 12. Selección correcta de equipos eléctricos 13. Operaciones de desgasificación controladas por personas competentes autorizadas 14. Interconexión de energía eléctrica en lugares ventilados auxiliares 15. Control de otros equipos eléctricos - reglas 16. Documentos de Declaración de Conformidad	5	1	5			



E = Empleados

C = Contratistas

P = Público

V = Visitantes

Riesgo no.	Peligro	Efecto de peligro	Evaluación inicial				Riesgo Evaluado	Medidas de control de riesgos			Riesgo residual		
			A quiénes afectó y a cuántos	Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado		Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado			
							17. Prohibición de elementos que puedan generar o retener carga electrostática 18. No se permite la quema ni soldadura bajo tierra 19. Procedimiento para cambiar la velocidad del ventilador principal – reglas de Ventilador Principal 20. Evaluación y procedimiento de superficie (cambio de ventilación principal) 21. Provisión de dispositivos de regulación de ventilación y reducción de pérdida de aire 22. Gestión y verificación de lámparas mineras de seguridad 23. Zona de DSEAR 24. Operadores competentes 25. Auditorías del sistema de gestión 26. Remoción de personal en el evento que haya una suspensión del ventilador auxiliar 27. Inspecciones – Funcionarios de Mina 28. Documento refrendado 29. Sistema de gestión de defectos 30. Esquema escrito – inspeccionado, evaluado, examinado y mantenido 31. Listas de verificación de inspecciones 32. Limpieza de equipos (polvo) 33. Monitores ambientales mantenidos, calibrados 34. Monitoreo de presión barométrica 35. Protección eléctrica 36. Gestión de explosivos 37. Búsqueda de materiales combustibles ingresados de forma clandestina 38. Control de adquisición Medidas de Mitigación						



3.5 Causadas por Explosiones de Gases y/o Polvo de Carbón

E = Empleados

C = Contratistas

P = Público

V = Visitantes

Riesgo no.	Peligro	Efecto de peligro	Evaluación inicial				Riesgo Evaluado	Medidas de control de riesgos			Riesgo residual		
			A quiénes afectó y a cuántos	Gravedad	Probabilidad			Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado			
							39. Provisión y ubicación de equipos contra incendios mantenidos adecuados 40. Personal entrenado en técnicas contra incendios 41. Provisión y mantenimiento de auto-rescatadores de filtro 42. Capacitación y nueva capacitación en uso de auto-rescatadores 43. Plan de escape y de rescate 44. Simulacros de seguridad 45. Provisión de rescate de Minas						
3.	Encendido de polvo inflamable	Fallecimiento (múltiple)	20 empleados y 1 contratista	5	3	15	Medidas Preventivas 1. Suficiente contenido inerte de polvo en las rutas 2. Medición y monitoreo de polvo inerte 3. Identificación de zonas de polvo bajo tierra y plan minero 4. Difusión sistemática de polvo inerte 5. Provisión de barreras en contra de la difusión de explosión 6. Esquema de barrera para bolsa de polvo de tierra 7. Control del riesgo de explosión de gas inflamable 8. Mantenimiento de bandas transportadoras 9. Gestión de explosivos 10. La quema o soldadura bajo tierra no está permitida 11. Sistemas de supresión de polvo en bandas transportadoras 12. Puntos de transferencia adecuados para el mineral 13. Control de prevención de incendios 14. Condiciones húmedas en partes de la mina 15. Inspecciones – Funcionarios de la mina 16. Auditoría de gestión Medidas de Mitigación 17. Provisión y ubicación de equipos contra incendios mantenidos adecuados 18. Personal entrenado en técnicas contra incendios 19. Provisión y mantenimiento de auto-rescatadores de filtro 20. Capacitación y nueva capacitación en uso de auto-rescatadores	5	1	5			



E = Empleados

C = Contratistas

P = Público

V = Visitantes

Riesgo no.	Peligro	Efecto de peligro	Evaluación inicial				Riesgo Evaluado	Medidas de control de riesgos	Riesgo residual		
			A quiénes afectó y a cuántos	Gravedad	Probabilidad				Gravedad	Probabilidad	Riesgo Evaluado
							21. Plan de escape y de rescate 22. Simulacros de seguridad 23. Provisión de Salvamento de Minas				
4.	Encendido de vapor	Fallecimiento (múltiple)	20 empleados y 1 contratista	5	3	15	Medidas Preventivas 1. Gestión de prevención de incendios 2. Reducir el almacenamiento de aceite mineral y almacenarlo en áreas seleccionadas. 3. Inspección por parte de funcionarios 4. Auditoría de gestión Medidas de Mitigación 5. Provisión y ubicación de equipos contra incendios mantenidos adecuados 6. Personal entrenado en técnicas contra incendios 7. Provisión y mantenimiento de auto-rescatadores de filtro 8. Capacitación y nueva capacitación en uso de auto-rescatadores 9. Plan de escape y de rescate 10. Simulacros de seguridad 11. Provisión de rescate de Minas	5	1	5	

Gravedad:	Probabilidad:	Riesgo evaluado	Gravedad					Revisión	Fecha	
1 = Insignificante — sin lesiones de primeros auxilios, sin tiempo perdido	1 = Muy improbable que ocurra	Probabilidad	5	4	3	2	1	RA desarrollado/revisado	Febrero de 2016	
2 = Menor — lesiones menores de 'primeros auxilios', menos de 7 días de tiempo perdido	2 = Improbable que ocurra		5	25	20	15	10			5
3 = Tiempo Perdido — lesión o enfermedad que causa más de 7 días de tiempo perdido	3 = Probable que ocurra		4	20	16	12	8			4
			3	15	12	9	6			3
			2	10	8	6	4	2		



3.5 Causadas por Explosiones de Gases y/o Polvo de Carbón

4 = Mayor — lesiones graves con tiempo perdido extremo
 5 = Fatal — fatalidad o interrupción importante

4 = Muy probable que ocurra
 5 = Casi seguro que ocurra

1	5	4	3	2	1
---	---	---	---	---	---

Aceptabilidad de los riesgos evaluados: **16-25** = Riesgo Intolerable (*acción esencial*) **9-15** = Riesgo Tolerable con permiso de Operador de Mina
1-8 Tolerable





3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.



3.6

Causadas por
aspectos eléctricos.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>		<u>Página</u>
3.6 Aspectos eléctricos	518	Anexo 1	
Diagrama de Flujo de Salvamento Minero.....	519	Ejemplo típico de un permiso de trabajo eléctrico	548
Revisión Posterior a un Incidente	523		
Evaluación de un Incidente	524	Lista de tablas	
3.6 Emergencias eléctricas	525	Tabla 3.6 – 1 Límite de aproximación segura	533
3.6.1 Riesgos eléctricos en labores mineras subterráneas	527	Lista de Figuras	
3.6.2 Acciones para controlar el riesgo eléctrico	528	3.6 – 1 Clasificación de riesgos eléctricos	528
3.6.2.1 Principios para controlar el riesgo eléctrico	530	3.6 – 2 Emergencia en Riesgo. Cables eléctricos sin revestimiento a prueba de abrasión.....	529
3.6.2.2 Acciones o métodos de salvamento para controlar el riesgo eléctrico	532	3.6 – 3 Clasificación y colores de las señales de seguridad.....	530
3.6.3 Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar el riesgo eléctrico en la atención de emergencias mineras.....	538	3.6 – 4 Señal universal de riesgo eléctrico	530
3.6.4 Equipos usados en acciones de salvamento minero durante emergencias provocadas por problemas eléctricos	544	3.6 – 5 Cableado subterráneo típico de las minas ilegales y alguna legal	532
		3.6 – 6 Cómo liberar a un atrapado por la corriente	535
		3.6 – 7 Diagrama de flujo de trabajos eléctricos bajo tierra	535
		3.6 – 8 Detector de tensión 6-1000 ac/dc	538
		3.6 – 9 Sistema LOTO bloqueador y etiquetado – caja de circuitos.....	540

3,6 Aspectos eléctricos

La sección 6 del capítulo 3 define los conocimientos necesarios y métodos empleados para hacer frente a las consecuencias de las fallas eléctricas en una mina. El equipo eléctrico debe ser instalado y mantenido por trabajadores competentes debidamente certificados por las entidades de formación para prevenir fallas, tales como igniciones, incendios o electrocuciones. Los incendios y las igniciones y explosiones que pueden ser originadas en una falla de la red y los equipos eléctricos se abordan con más detalle en las Secciones 3.1 y 3.5. Es importante que los operadores de minas detecten y corrijan el mal funcionamiento de los equipos eléctricos. Si una falla eléctrica requiere una respuesta por parte del personal de ANM, los socorredores deben estar preparados para rescatar a las víctimas o a los mineros atrapados, a quienes el operador de la mina no pudo manejar de manera independiente.

Diagrama de Flujo de Salvamento Minero

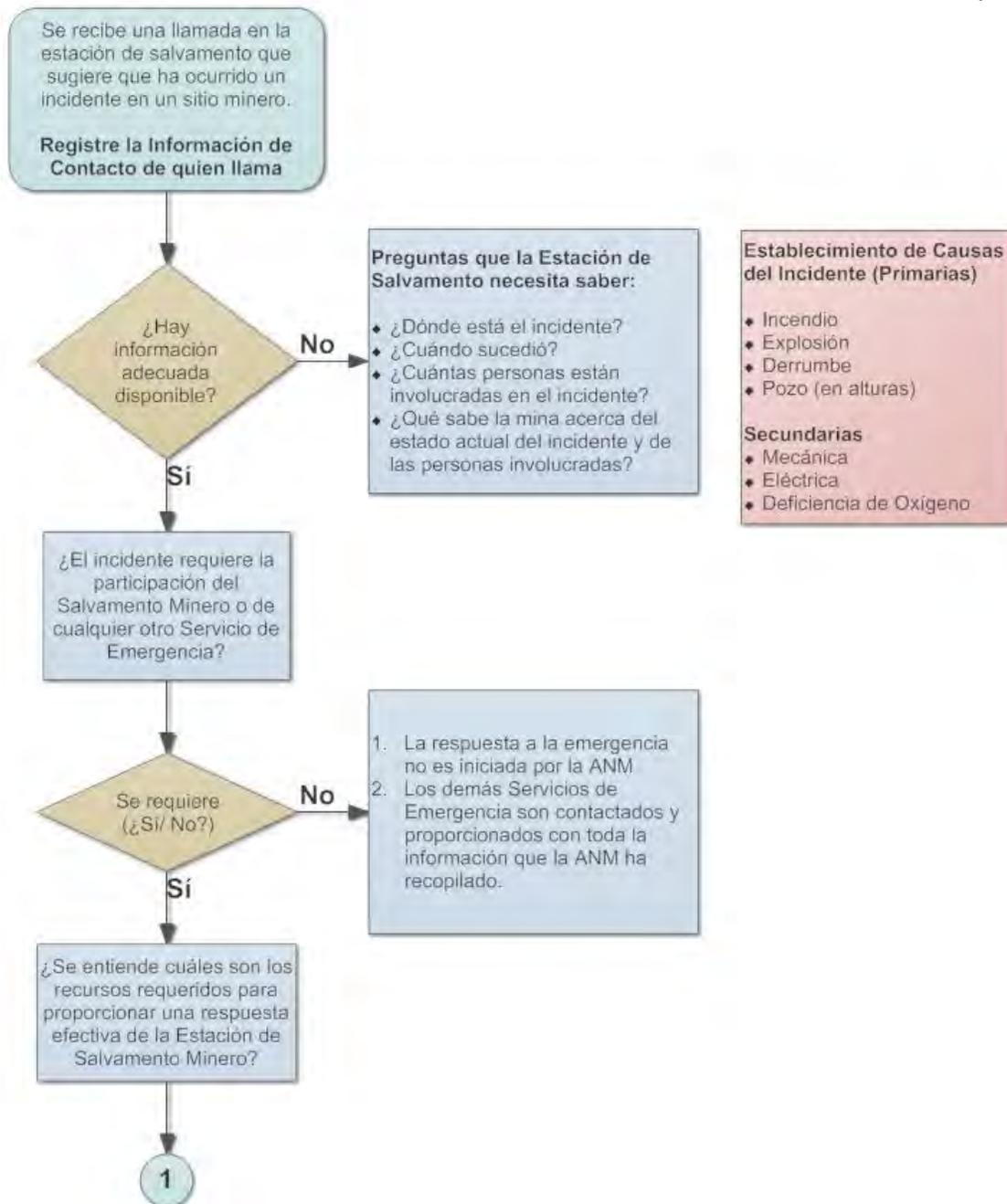
Esta sección proporciona un diagrama de flujo que fue diseñado para ayudar en la toma de decisiones en fases críticas del salvamento, a saber:

1. En el momento en que se recibe la llamada inicial, y;
2. Antes del despliegue

El diagrama de flujo también plantea una ruta para ofrecer informes efectivos después del despliegue de una cuadrilla de salvamento minero, con el fin de garantizar que:

1. Se identifique y se maneje de forma efectiva cualquier problema que potencialmente pueda afectar la capacidad de un socorredor minero para actuar adecuadamente (por ejemplo, el Estrés Postraumático).

2. Se identifique cualquier problema que haya afectado la efectividad y la eficiencia del esfuerzo de salvamento minero y, según corresponda, se revise la eventual necesidad de introducir ajustes a las directrices, normas y planes de lecciones previstos para el entrenamiento. (Diagrama de Flujo de Acciones de Salvamento, elaboración propia)



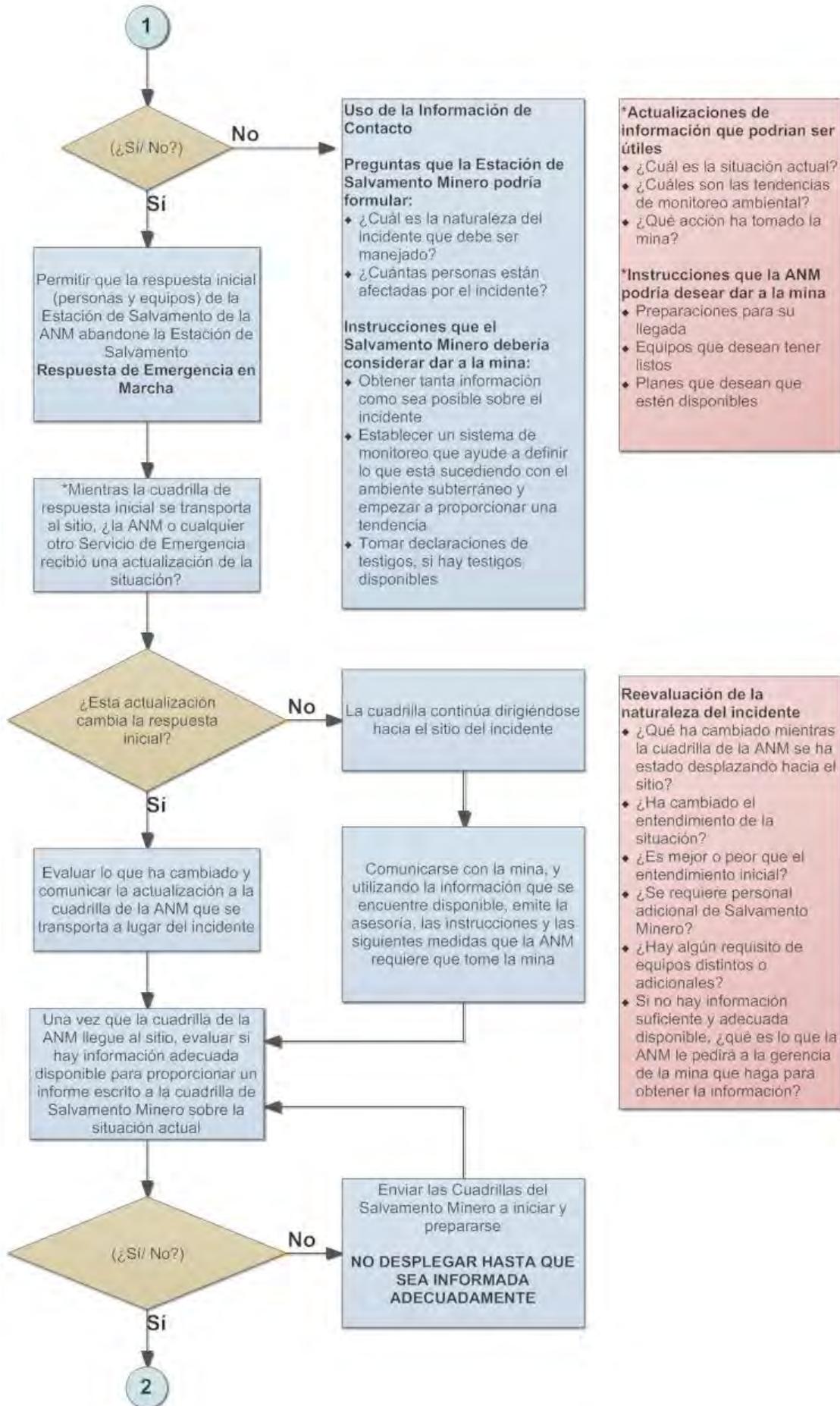
Establecimiento de Causas del Incidente (Primarias)

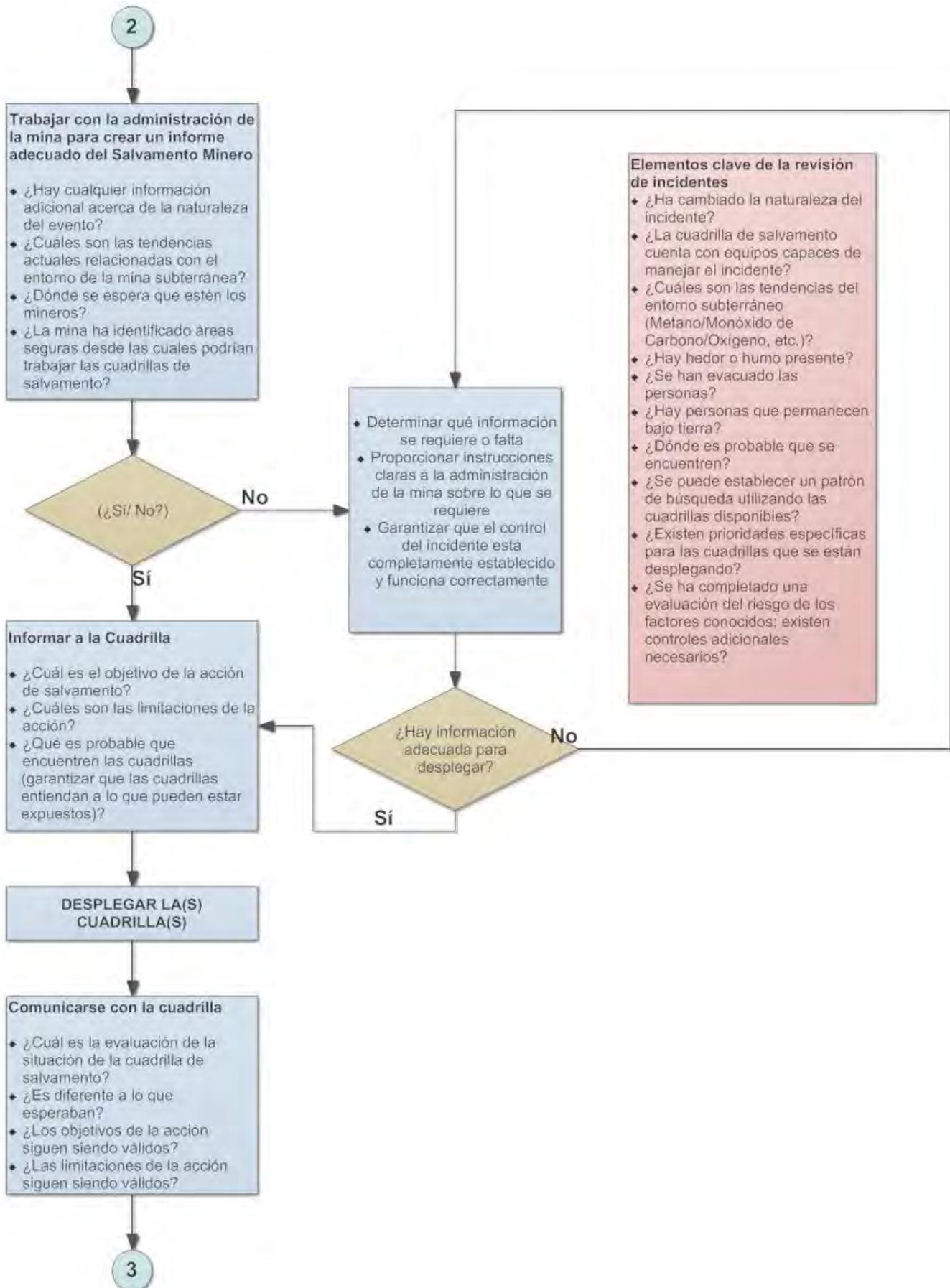
- Incendio
- Explosión
- Derrumbe
- Pozo (en alturas)

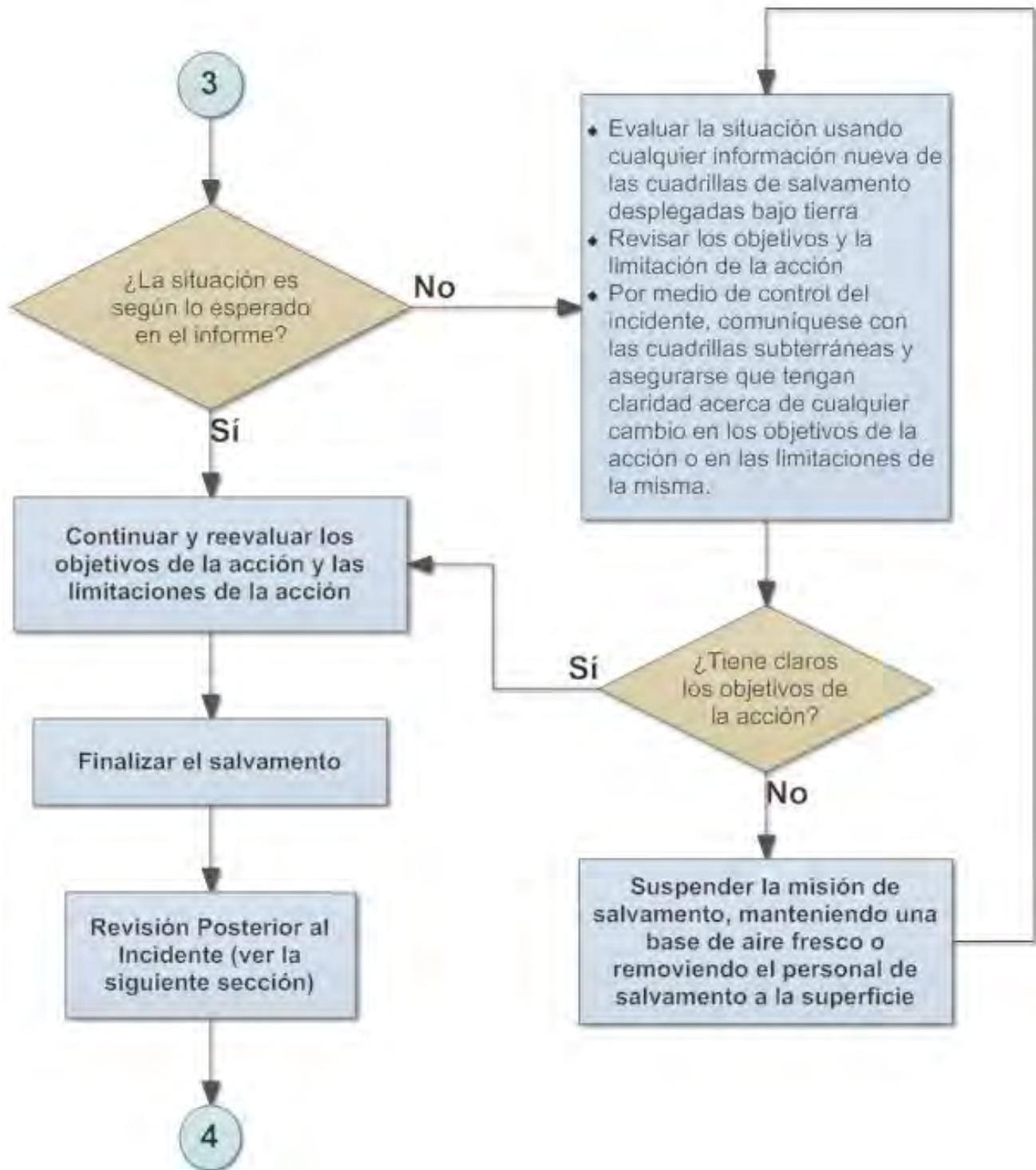
Secundarias

- Mecánica
- Eléctrica
- Deficiencia de Oxígeno









Revisión Posterior a un Incidente

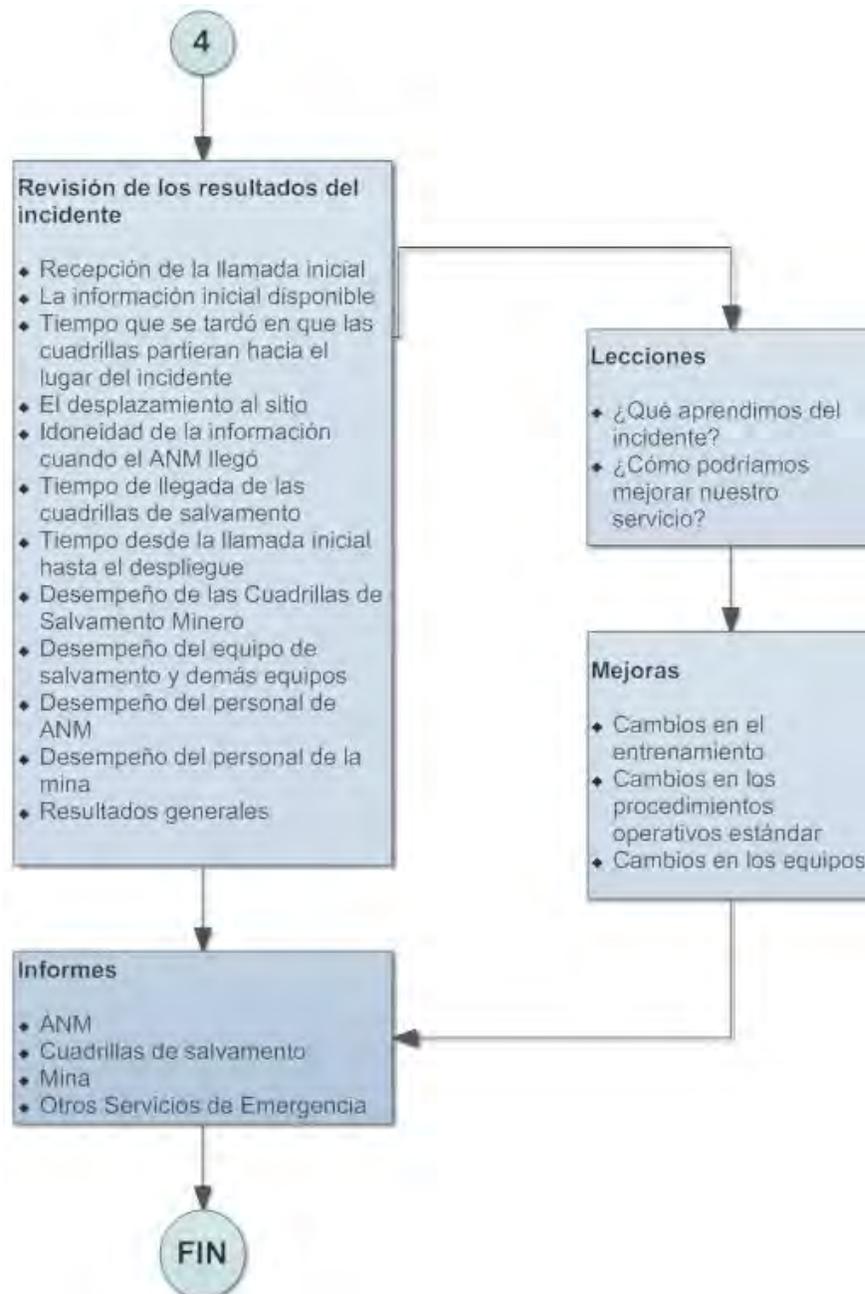
Una vez se haya completado el salvamento o incidente, se deberá realizar una revisión de las acciones ejecutadas y los resultados obtenidos tan pronto como sea posible. La revisión posterior al incidente se realizará con los objetivos clave de:

1. Tratar de establecer el motivo por el cual ocurrió el incidente (esto no hace parte de la mejora en la respuesta de salvamento, pero es importante para que la administración local de la mina y los operadores de la mina puedan tomar mayores medidas preventivas en el sector)

[si se hace alguna referencia a la investigación de incidentes, se puede hacer aquí]

2. Establecer la efectividad de la respuesta de salvamento

3. Documentar cualquier resultado clave del salvamento de manera que los lineamientos, estándares y entrenamiento se puedan mejorar continuamente



Evaluación de Incidentes

La naturaleza de una situación de emergencia puede significar que cada una es levemente diferente, y por lo tanto es casi imposible desarrollar un enfoque estándar para manejar una emergencia. Sin embargo, es posible desarrollar un enfoque común para el desarrollo de la comprensión inicial y la reacción inicial frente a la mayoría de los principales peligros mineros.

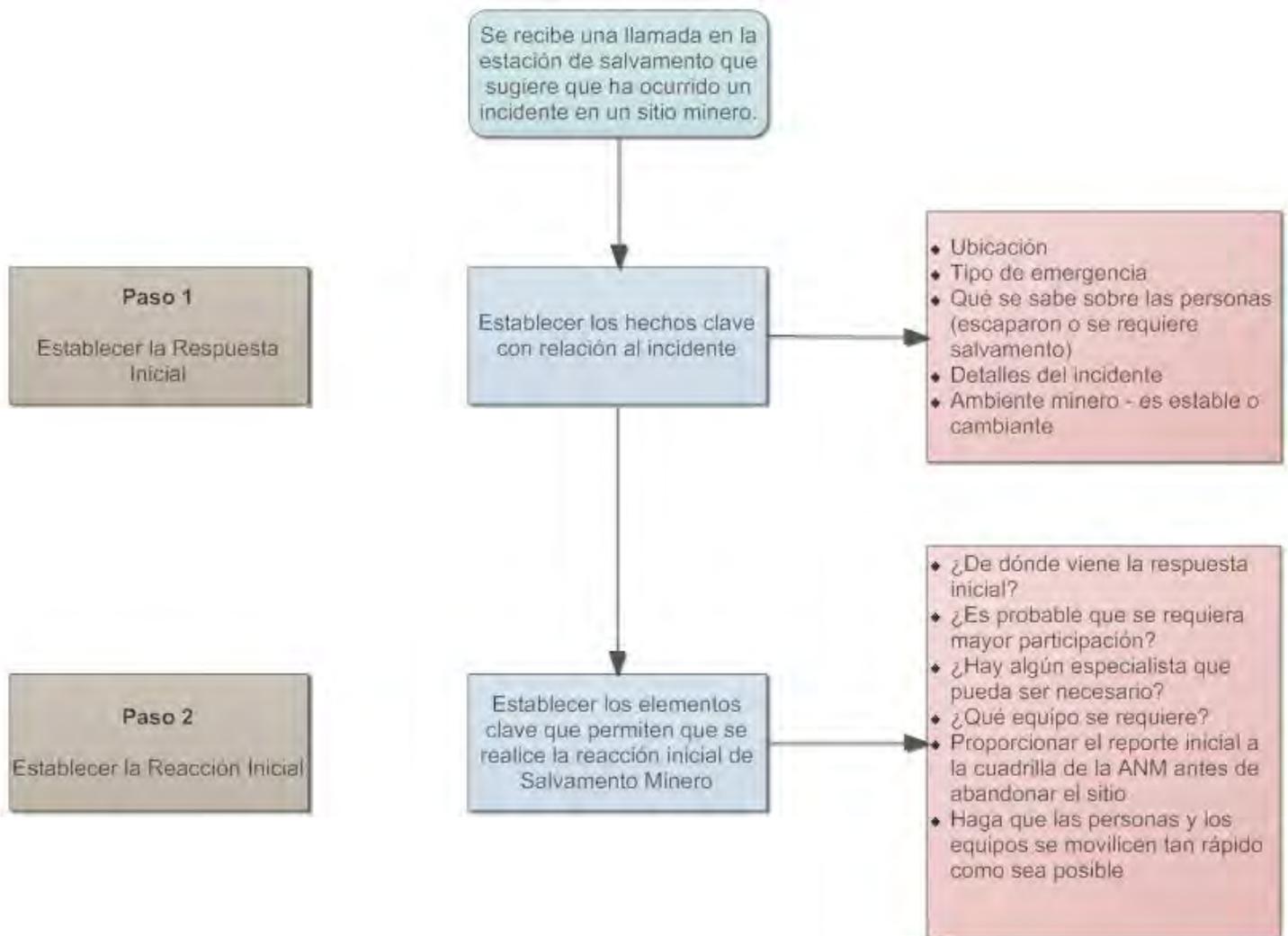
Esta sección considera que los principales peligros mineros son:

- Incendios subterráneos
- Explosiones subterráneas
- Control de suelo/deslizamiento
- Derrumbes
- Caídas de altura

Esta sección no tiene en cuenta los elementos que contribuyen a las principales amenazas mineras (especialmente incendios y explosiones subterráneas). Las áreas, por lo tanto, no cubiertas incluyen:

- Problemas mecánicos
- Problemas eléctricos

(Diagrama de Flujo de Evaluación de Incidentes, elaboración propia)



3.6 Emergencias eléctricas

El uso de la electricidad en las minas modernas es muy común y a menudo proporciona la fuente de energía más eficaz para la alimentación de los sistemas de ventilación, los sistemas de desagüe, el transporte de mineral y la producción.

Todos los sistemas eléctricos instalados en las minas deben cumplir con el Decreto 1886 (el Título VII establece las normas generales para las instalaciones eléctricas en minas y equipos a prueba de explosiones). Los operadores de minas también deben tener en cuenta el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, en particular los artículos 29 y 30 que establecen las condiciones técnicas generales de las instalaciones eléctricas en minas subterráneas y el artículo 32 que establece la condición de certificación de los equipos que han de ser usados en ambientes potencialmente explosivos.

También deben atenderse las reglamentaciones establecidas de forma general en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 que constituye el Código Eléctrico Colombiano CEC, que contiene reglas generales sobre el uso de la electricidad y, si bien indica expresamente que tales reglamentaciones no son aplicables a instalaciones subterráneas, si establece las normas para las instalaciones en superficie. Sería casi imposible operar una mina sin utilizar algunos equipos y circuitos de seguridad intrínseca, cuyas características son descritas en la sección 504 del CEC. En este informe se incluyen tanto los equipos de seguridad intrínseca como los equipos a prueba de explosiones.

Todos los equipos utilizados y suministrado por el Sistema Nacional de Salvamento Minero ANM durante un incidente en una mina deben cumplir con el Decreto y las normas anteriormente mencionadas.

En una situación de salvamento minero, es poco probable que a los socorredores les preocupe el suministro de energía eléctrica por un motivo distinto al de desconectar las fuentes de ignición. Sin

embargo, si pueden estar interesados en el sistema de distribución eléctrica en el contexto de salvar y preservar la vida.

Cualquier cambio en un sistema eléctrico dentro de una mina que sea contemplado por Salvamento Minero durante un incidente, debe basarse en el riesgo y solo debe aplicarse para salvar o proteger la vida.

Si falla el sistema de distribución eléctrico, es posible que la mina se encuentre en una situación en la que la integridad de los sistemas de seguridad (ventilación y desagüe) se hayan deteriorado de forma significativa. Mientras que la electricidad en sí misma no es el peligro o el riesgo en este caso, el efecto de una falla es la acumulación de gases nocivos y explosivos junto con un mayor riesgo de deficiencia de oxígeno. Se deben considerar seriamente los riesgos antes de restaurar el suministro eléctrico a la mina en caso de que esto represente una fuente de ignición para gases inflamables o explosivos.

Una situación similar se presenta con la acumulación de agua. Los niveles de agua pueden subir y sumergir los dispositivos eléctricos o interferir con la circulación del aire de ventilación, permitiendo una acumulación de gases explosivos.

Mientras que la falla del suministro eléctrico introduce cierto tipo de peligros y riesgos, el suministro de energía eléctrica presenta un conjunto diferente de peligros y riesgos. Cualquier equipo de salvamento que sea enviado a una mina debe tener en cuenta una serie de consideraciones:

1. ¿Existe una atmósfera explosiva o está aumentando la concentración de gases inflamables? ¿Existe el riesgo de que el suministro eléctrico proporcione una fuente de ignición?
2. ¿Es probable que el equipo de salvamento tenga que trabajar en el agua y aumenta esto el riesgo de electrocución por la presencia de electricidad?

3. ¿Existe algún problema con los soportes de techo (posible derrumbe)? ¿Hay cables de alta tensión o equipos que pasan por la zona y que puedan haber sido afectados?
4. ¿Se está produciendo un incendio subterráneo? ¿El incendio subterráneo puede haber causado daños a la red de distribución eléctrica, lo cual puede aumentar el riesgo de electrocución?

En la mayoría de los casos, es posible que el peligro y los riesgos no se puedan mitigar a un nivel aceptable, por lo que la única solución aceptable antes de enviar los socorredores es el aislamiento de la alimentación eléctrica hasta que se cuente con información más detallada.

La siguiente información y procedimientos constituyen mejores prácticas internacionales para llevar a cabo labores de desconexión, mantenimiento o reparaciones con seguridad. El personal de Salvamento Minero involucrado en un incidente de rescate debe entender las mejores prácticas eléctricas para desconectar los circuitos eléctricos. Si se requiere un trabajo eléctrico más complicado durante una respuesta de emergencia, se le recomienda al Salvamento Minero solicitarle estos servicios al operador de la mina o a especialistas eléctricos competentes.

Definiciones:

Cargado:

El objeto ha adquirido una carga eléctrica, ya sea porque está energizado (conectado a una fuente de alimentación) o porque ha adquirido carga por otros medios tales como por carga estática o de inducción, o ha retenido o recuperado una carga debido a los efectos de la capacitancia, incluso si ha sido desconectado del resto del sistema;

Sin tensión:

no eléctricamente “energizado” o “cargado”;

Persona competente designada (también una ‘persona autorizada’ o una ‘persona autorizada de rango superior’):

Una persona competente designada por la empresa, preferiblemente por escrito, para cumplir con ciertas responsabilidades y funciones específicas, que pueden incluir la expedición y/o recepción de documentos de seguridad tales como permisos de trabajo. La persona debe haber adquirido sus habilidades mediante formación, cualificación y/o experiencia y conocimiento del sistema en el que se trabajará;

Desconectado:

Equipo (o parte de un sistema eléctrico) que no está conectado a ninguna fuente de energía eléctrica;

Equipo:

Equipo eléctrico, incluyendo cualquier cosa que se utilice o que se pretenda utilizar o instalar para usar, generar, ofrecer, conducir, transformar, rectificar, convertir, conducir, distribuir, controlar, almacenar, medir, o utilizar energía eléctrica;

Alta tensión:

Tensión por encima de los 1.000 voltios en corriente alterna o 1.500 voltios en corriente directa. Las tensiones inferiores a estos valores se consideran “baja tensión”;

CD:

Corriente Directa producida por un rectificador de batería o generador;

CA:

Corriente alterna (generada por un alterador, servicio eléctrico o inversor);

Aislado:

Equipo (o parte de un sistema eléctrico) que se desconecta y se separa por una distancia de seguridad (aislamiento) de todas las fuentes de energía eléctrica de tal manera que la desconexión se pueda realizar de forma segura, es decir, sin volverse a cargar de forma accidental o involuntaria; se debe tener en cuenta que un sistema aislado puede tener baterías o condensadores que se deben desconectar

o descargar para completar el procedimiento de aislamiento.

Energizado:

Equipo que tiene una tensión específica por estar conectado a una fuente de electricidad. Las piezas energizadas que no estén aisladas y están expuestas de tal forma que puedan ser tocadas directa o indirectamente por un objeto o parte del cuerpo son peligrosas si la tensión es superior a 50 V CA o 120 V CD en condiciones secas y/o si la energía de falla es alta;

Trabajo en tensión:

Trabajo en o cerca de conductores que sean accesibles y estén “energizados” o “cargados”. Los trabajos en tensión incluyen pruebas en tensión, tales como el uso de un instrumento de prueba para medir la tensión en un sistema energizado de distribución de energía o de control.

Seguridad intrínseca:

Una técnica de diseño aplicado a los dispositivos eléctricos y el cableado para lugares peligrosos. La técnica se basa en la limitación de la energía eléctrica y térmica a un nivel por debajo del requerido para encender una mezcla atmosférica peligrosa específica, casi siempre el metano en el aire.

A prueba de explosiones:

Equipo para evitar que los dispositivos de alta tensión y alto amperaje produzcan una fuente de ignición. Una carcasa pesada rodea los componentes que puedan producir chispas de modo que, si entra vapor o gas y se encienden, la explosión se contiene en el interior de la carcasa.

Instrucciones de trabajo planificadas:

Un proceso que permite la identificación de los riesgos asociados con el trabajo eléctrico y la implementación de controles para minimizar el riesgo a un nivel aceptable mediante la aplicación de métodos documentados.

Permiso de trabajo:

Un "certificado" que se expide y describe el alcance de un trabajo y el límite de acceso. Puede ser necesario una autorización para realizar pruebas si se requieren precauciones especiales en trabajos de alta tensión.

Puesta a tierra:

La puesta a tierra significa conectar de forma temporal conductores de potencia sin tensión a la “tierra” en caso de que los conductores se conecten por error. Esto garantiza que los socorredores no se electrocuten y que el equipo eléctrico en el que se está trabajando no se conecte de forma accidental.

Alta Energía Eléctrica:

Energía almacenada de más de 1.500 voltios.

Alta Potencia de Falla:

Fase a tierra o fase a fase. Cualquier corriente eléctrica anormal, tal como un corto circuito, que no pasa por la carga normal. En la falla de fase a tierra, la corriente fluye a tierra. En una falla de fase a fase, se produce una corriente extremadamente alta restringida solamente por la resistencia del circuito y la energía total contenida dentro del circuito

3.6.1 Riesgos eléctricos en labores mineras subterráneas:

La electricidad puede matar o herir gravemente a los mineros (por descarga eléctrica o electrocución y quemaduras) y causar daños a la propiedad por los efectos de incendio, arco eléctrico y explosiones. Las descargas eléctricas no siempre causan un daño duradero, pero en ciertas circunstancias pueden provocar la muerte, conocida como electrocución. La contracción muscular súbita durante el choque puede resultar en lesiones por caídas, por ejemplo. La corriente eléctrica que fluye a través del cuerpo puede causar quemaduras profundas.

Figura 3.6 – 1 Clasificación de los riesgos eléctricos



Fuente. Ing. William Lozano ANM

Los arcos eléctricos, resultantes de un cortocircuito causado por fallas del equipo o prácticas de trabajo inseguras, pueden generar un calor intenso, la expulsión explosiva de plasma o radiación, que provoca heridas profundas y de cicatrización lenta, incluso si dura poco tiempo. La intensa radiación ultravioleta de un arco eléctrico puede causar daño a los ojos. A menudo, las personas que trabajan con o cerca de electricidad no están conscientes del riesgo de lesiones graves y daños en el equipo generador como consecuencia de la formación de arcos.

Otro peligro es aquél provocado por la vaporización de las herramientas de trabajo o equipos durante la formación de arco eléctrico. La consecuencia de esto es que el minero en shock inhala este vapor muy caliente en sus vías aéreas y pulmones, el cual provoca graves daños a estos órganos vitales.

La formación de arcos, el sobrecalentamiento y, en algunos casos, las corrientes de fuga eléctricas, pueden provocar un incendio o una explosión mediante la ignición de materiales inflamables, gases y vapores. Esto puede causar la muerte, lesiones y pérdidas económicas considerables.

La mayoría de los accidentes eléctricos se deben a que los mineros están trabajando cerca de, o con un equipo que:

- No está adecuadamente protegido (por ejemplo, cableado) del daño físico;

- Se piensa que está sin tensión, pero está energizado, o que no está bloqueado correctamente y se vuelve a energizar;
- Se sabe que está energizado pero las personas involucradas no tienen la formación o los equipos adecuados para prevenir lesiones, o no han adoptado las precauciones adecuadas.

Para que exista un riesgo de contacto directo eléctrico que afecte a un trabajador minero, debería haber la posibilidad de tocar intencional o accidentalmente partes activas de las redes y equipos. Por su parte el riesgo indirecto se presenta cuando el trabajador minero tiene la posibilidad de tocar una parte metálica o de material conductor que habitualmente no está energizada, pero que, como consecuencia de un fallo en los conductores activos o en su aislamiento, es puesta en tensión.

3.6.2 Acciones para controlar el riesgo eléctrico:

Al considerar el tipo de material eléctrico para uso en una operación de minería subterránea, es importante tener en cuenta los peligros y riesgos asociados con el medio ambiente. Esta consideración puede exigir el análisis de dos opciones:

- a) Las zonas en la que se producirán o pueden producirse gases explosivos. Estas zonas a menudo requieren que el equipo que se instale sea intrínsecamente seguro o esté instalado en carcasas a prueba de explosiones según las disposiciones del Decreto 1886 de 2015.
- b) En las zonas en donde no hay riesgo de gases explosivos (tales como vías de ingreso bien ventiladas) se puede permitir el uso de tableros de conexión tipo industrial robusto.

En cualquier caso, la evaluación de riesgo debe tener en cuenta las labores de diseño, instalación, operación y mantenimiento, de modo que el riesgo de choque eléctrico, quemaduras, electrocución y/o explosiones (encendidas a partir de una fuente eléctrica) se controlen adecuadamente. En todos los casos, el equipo debe estar provisto de sistemas de protección eléctrica que limiten el potencial de falla a

tierra o cortocircuito que conlleve al resultado descrito anteriormente.

Los equipos adecuados para el entorno de la minería subterránea, incluido el cableado, deben ser protegidos contra daños tanto mecánicos como de otro tipo. Esto incluye condiciones excesivamente húmedas, lo que aumenta el riesgo de lesiones debido a que puede reducir la eficacia del aislamiento y la eficiencia de los dispositivos utilizados para tal fin o aumentar la gravedad de una posible descarga eléctrica. Los equipos que se han corroído pueden no funcionar según lo previsto.

Antes de comenzar el trabajo en o cerca de equipos eléctricos en una mina, se debe llevar a cabo una evaluación de riesgo para proteger a los socorredores y a los mineros, y si se requiere, se puede instaurar un sistema de permiso de trabajo.

Los equipos eléctricos para uso en minas subterráneas deben ser diseñados y seleccionados con el fin de que incluyan las funciones de seguridad descritas más adelante, algunas de las cuales son obligatorias en virtud del Decreto 1886 de 2015 “.

Figura 3.6 – 2 Emergencia en Río Sucio. Cables eléctricos sin revestimiento anti-abrasión.



Fuente: Agencia Nacional de Minería

“Cuando se vayan a hacer reparaciones de máquinas o instalaciones eléctricas en las redes o cerca de

ellas, se debe desconectar la corriente en el interruptor; si hay fusibles, se deben retirar y cerrar la tapa de los mismos con candado seguro y únicamente se accionará el interruptor después de que se haya terminado completamente la reparación. Es indispensable verificar que no haya tensión eléctrica en el sitio de trabajo y colocar polos a tierra. Se deben utilizar tarjetas de control (registros de mantenimiento)” (Artículo 175 del Decreto 1886 de 2015).

También es recomendable el uso de avisos en el control eléctrico para advertirles a otros acerca de la actividad.

- Los interruptores seccionadores (desconexiones visibles) deben tener un dispositivo de bloqueo que asegure la posición de desconectado del interruptor;
- Los circuitos y equipos deben instalarse de modo que cada sección del sistema se pueda aislar independientemente según sea necesario;
- Los interruptores seccionadores deberán estar debidamente ubicados y dispuestos de manera que los circuitos y equipos se puedan aislar sin desconectar otros circuitos que deben continuar en servicio, tales como bombas y ventiladores. Las desconexiones visibles deben estar localizadas a la vista del equipo a controlar, si es posible.
- Los dispositivos utilizados para desconectar los circuitos deben estar claramente marcados para mostrar su relación con el equipo que controlan, a menos que no pueda haber ninguna duda de que esto sea evidente para cualquier persona que deba operarlos.
- Los cables de arrastre deben tener enchufes que puedan ser desconectados y bloqueados y monitoreo de fallas a tierra y deben ser sometidos a inspección regular sin empalmes temporales.

NO SE PERMITEN TRABAJOS EN TENSIÓN EN EQUIPOS A PRUEBA DE EXPLOSIONES O EN SUS ALREDEDORES. Se debe tener en cuenta que las

3.6 Causadas por Aspectos Eléctricos

pruebas se permiten si el equipo a prueba de explosiones se retira al aire fresco o si las pruebas se realizan fuera de la mina; sin embargo, este tipo de trabajo no corresponde al personal de Salvamento Minero.

Señalización

Un elemento fundamental en el control de este tipo de riesgo es la advertencia al minero sobre la presencia del riesgo.

Objetivo.

El objetivo de las señales de seguridad es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se ejecutan trabajos eléctricos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro potencial. Las señales de seguridad no eliminan por sí mismas el peligro, pero dan advertencias o directrices que permitan aplicar las medidas adecuadas para prevención de accidentes.

Las señales de seguridad según su tipo se clasifican en: De advertencia o precaución, de prohibición, de obligación, de información y de salvamento o socorro

Figura 3.6 – 3 Clasificación y colores de las señales de seguridad

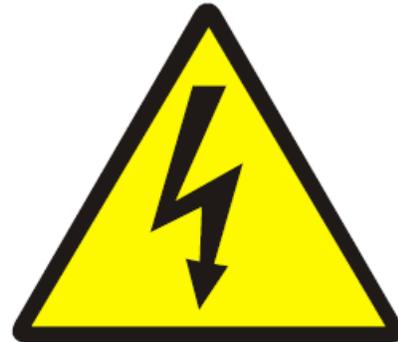
Tipo de señal de seguridad	Forma Geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia o precaución	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o Azul	-
Información contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-	-
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o verde	-

Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

Para conocer más sobre la señalética de los riesgos, no solo eléctricos sino de toda índole, el lector interesado puede consultar el artículo 6 del Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas

vigente y las normas contenidas en la NTC 1461 sobre señalización en higiene y seguridad.

Figura 3.6 – 4 Señal universal de riesgo eléctrico



Fuente: NTC 1461

3.6.2.1 Principios para el control el riesgo eléctrico

Los Administradores de la Mina deben establecer un sistema de normas y procedimientos para garantizar que cada vez que se deban realizar trabajos eléctricos, cualquier persona (incluyendo a los contratistas) tenga acceso a tales normas y procedimientos y los puedan seguir. Estas normas y procedimientos deben estar documentados y deben incluir:

- Desconexión de la fuente de energía
- Aislamiento de la energía (proporcionar cerrojos y avisos)
- Trabajar solo en equipos sin tensión
- Exigencia de pruebas y autorizaciones firmadas antes de la conexión
- Métodos de conexión a tierra

Las reglas de seguridad deben establecer los principios y prácticas generales con claridad y en un formato compacto. Las personas que estén llevando a cabo el trabajo deben llevar las reglas de seguridad en la mina con ellos y deben conocer las limitaciones de su trabajo según lo permitido por las reglas de seguridad. Los procedimientos detallados para

trabajar de forma segura en un equipo en particular, o en circunstancias particulares, deben ser abordados en documentos separados, incluyendo las evaluaciones de riesgo para tareas específicas o declaraciones de métodos, que deben ser de fácil acceso cuando sea necesario (Incluso en emergencias y fuera de la jornada normal). Estas reglas de seguridad deben diseñarse para reflejar, entre otras cosas, la relevancia de la organización, el personal, la instalación eléctrica a ser trabajada en el entorno de trabajo y los requisitos legales.

Si ocurre un imprevisto durante un procedimiento de trabajo, se debe revisar el trabajo. Incluso un minero con la formación adecuada y competente puede no ser siempre consciente de qué hacer cuando las cosas salen mal. Los mineros deben estar formados para reconocer que puede ser necesario un cambio en una evaluación de riesgo o permiso de trabajo. Normalmente será necesario que los mineros sepan cómo hacer referencia a un cambio en las circunstancias para corregir a las personas mediante la comunicación tanto hacia arriba como hacia abajo en la estructura de gestión en la organización de la mina.

Los que poseen responsabilidades de dirección o de supervisión dentro de la organización de la mina deben garantizar que todo el mundo sepa cómo trabajar de manera segura con un riesgo mínimo y aceptable para su salud y seguridad y que todos los mineros sigan las reglas de seguridad y las medidas de control identificadas en las evaluaciones de riesgo (normas y procedimientos):

- Deben participar en la planificación del trabajo y en el proceso de evaluación de riesgos, en la coordinación del trabajo cuando se trate de más de un grupo y en la discusión de las precauciones necesarias y los procedimientos de emergencia con todos los mineros involucrados.
- Los Administradores deben definir claramente las funciones y responsabilidades de los

supervisores y los mineros (incluidos los contratistas).

- Los supervisores deben tener la competencia requerida para supervisar los trabajos eléctricos, con el nivel apropiado de supervisión para el peligro y la competencia de las personas involucradas en la realización del trabajo.
- Las personas involucradas en el trabajo eléctrico deben ser competentes para hacerlo. Deben tener conocimientos y experiencia en el sistema eléctrico en el que se trabajará. Los mineros que no tengan este nivel de conocimiento requieren un mayor nivel de supervisión o deben recibir una formación específica para garantizar que posean las habilidades, el conocimiento y la conciencia de riesgo adecuados para llevar a cabo la tarea con seguridad.
- No se debe permitir que personas no capacitadas trabajen en equipos o sistemas eléctricos.

Ahora bien, desde la perspectiva técnica y dentro de la competencia directa de quienes llevan a cabo, las instalaciones, corresponde la implementación de las medidas preventivas contra contactos directos que se describen someramente a continuación.

1. Alejamiento de las partes activas de la instalación.
Se trata de alejar las partes activas de la instalación a una distancia del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen, de tal forma que sea imposible un contacto fortuito con las manos.
El volumen de seguridad y distancia de protección son 2,5m en altura y 1m en horizontal.
2. Interposición de obstáculos.
Se interpondrán obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Estas deben estar fijadas de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos a que están sometidos.
Pueden ser: Tabiques, rejas, pantallas, cajas, cubiertas aislantes, etc.
3. Recubrimiento de las partes activas de la instalación.



Se realizará por medio de un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1mA

4. Medidas complementarias.

- Se evitará el empleo de conductores desnudos.
- Cuando se utilicen, estarán eficazmente protegidos.
- Se prohíbe el uso de interruptores de cuchillas que no estén debidamente protegidos.
- Los fusibles no estarán al descubierto.

5. Contactos directos Protección

- Fase + fase - Alejamiento de las partes activas
- Fase + tierra - Interposición de obstáculos
- Inducción - Recubrimiento de las partes activas

Por otro lado, las medidas preventivas para instalaciones eléctricas en baja tensión contra contactos eléctricos indirectos están conformadas por:

1. Sistemas de protección clase A (suprimir el riesgo)

- a) Separación de circuitos
- b) Empleo de pequeñas tensiones de seguridad
- c) Separación de las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamiento de protección
- d) Conexiones equipotenciales de las masas

2. Sistemas de clase B (eliminar el riesgo)

- a) Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto
- b) Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto
- c) Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto
- d) Empleo de interruptores diferenciales

Estas estrategias de eliminación y supresión del riesgo están fuera del control de los socorredores, a quienes compete atender una situación de emergencia que seguramente habrá sido generada justamente por no aplicar los principios de prevención aquí expuestos.

3.6.2.2 Acciones o métodos de salvamento minero para controlar los riesgos eléctricos

Cómo manejar un incidente eléctrico/de emergencia

Cuando se electrocuta un minero, el paso de corriente eléctrica a través del cuerpo puede aturdirlo, haciendo que se detenga su respiración y los latidos del corazón (paro cardíaco). La corriente eléctrica también puede causar quemaduras tanto por donde entra como por donde sale del cuerpo para ir a "tierra". Una quemadura eléctrica puede parecer muy pequeña o no ser visible en la piel; sin embargo, el daño que provocan las quemaduras puede extenderse profundamente entre los tejidos.

Los factores que afectan a la gravedad de la lesión son los siguientes:

- Tensión;
- Tipo de corriente;
- Trayectoria de la corriente;
- Duración de la electrocución.

La trayectoria de la corriente puede ser mano a mano, mano a pie o pie a pie.

Figura 3.6 – 5 Cableado subterráneo típico de las minas ilegales y alguna legal



Fuente: Agencia Nacional de Minería 2.014

La mayoría de las corrientes de baja tensión y alta tensión son del tipo CA, la cual causa espasmos musculares (conocido como tetania) y el fenómeno de “bloqueo” – que consiste en que el minero se queda ‘bloqueado’ en el objeto y no logra soltarlo, de tal forma que puede permanecer cargado eléctricamente (“energizado”). En contraste, la CD tiende a producir una sola contracción muscular grande que a menudo empuja a la persona lejos de la fuente de electricidad u, otras veces les impide soltarla. La persona puede producir un gemido debido a que sus pulmones se contraen. Hay que tener en cuenta que la sacudida puede empujar a la víctima y hacer que caiga, lo que puede resultar en lesiones tales como traumatismos y fracturas de la columna.

Tabla 3.6 – 1 Límite de aproximación segura

Rango Nominal de Tensión del Sistema, Fase a Fase	Límite de Aproximación Segura			
	Circuito Móvil Expuesto	Circuito Fijo Expuesta	Límite de Aproximación Segura; Incluye Movimiento Inadvertido	Frontera de Acercamiento Prohibido
Menos de 50	No especificado	No especificado	No especificado	No especificado
50 a 300	3,05 m	1,07 m	Evitar contacto	Evitar contacto
301 a 750	3,05 m	1,07 m	304,8 mm	25,4 mm
751 a 15 kV	3,05 m	1,53 m	660,4 mm	177,8 mm
15,1 kV a 36 kV	3,05 m	1,83 m	787,4 mm	254 mm

Fuente: Texas Tech University

Precaución:

- No tocar a la víctima si está en contacto con la corriente eléctrica (ser consciente del peligro de arco);
- No utilizar ningún objeto metálico para romper el contacto eléctrico;
- No acercarse a los cables de alta tensión hasta que se apague la fuente de electricidad;
- No mover a un minero con una lesión eléctrica a menos que esté en peligro inmediato y ya no está en contacto con la fuente de electricidad;

- Si el minero no responde, y es seguro tocarlo, abrir la vía aérea y comprobar la respiración y el pulso.
- Seguir los procedimientos de primeros auxilios para estabilizar y transportar a la víctima. Llamar para recibir asistencia médica.

Corriente de alta tensión

El contacto con una corriente de alta tensión que se encuentra bajo tierra (a más de 1.000 voltios) es por lo general inmediatamente fatal. Cualquier minero que sobreviva tendrá quemaduras graves, ya que la temperatura de la electricidad puede alcanzar hasta los 5.000 grados centígrados (9.032 grados Fahrenheit).

Por otra parte, el choque produce un espasmo muscular que empuja a la víctima a cierta distancia, lo cual puede provocar lesiones adicionales.

Se debe mantener una distancia de seguridad con respecto a los conductores expuestos de alta tensión y a cualquier parte del cuerpo si no se está seguro de que estén libres de tensión.

Trabajar en o cerca del Límite de Aproximación Segura

Cuando una o más personas no calificadas están trabajado en o cerca del Límite de Aproximación



Segura, la persona a cargo del espacio de trabajo donde exista un riesgo eléctrico deberá colaborar con el responsable de la(s) persona(s) no cualificadas para garantizar que el trabajo se pueda realizar de forma segura. Esto incluye indicarle y advertirle a la(s) persona(s) que deben mantenerse fuera del Límite de Aproximación Segura.

Tal como se indica en la tabla NFPA 130.2 (C) que cumple con las prácticas de seguridad laboral de Estados Unidos OSHA, Límite de Aproximación Segura para los socorredores de la mina subterránea para tensiones de distribución es de 10 pies (3 m) para conductores móviles (cables) o 6 pies (2m) para equipos fijos.

Se debe cortar la energía antes de que alguien se acerque a la víctima. Es probable que una víctima que ha sufrido este tipo de choque no responda. Una vez que el socorredor haya sido informado que es seguro acercarse, se debe evaluar a la víctima, abrir la vía aérea y comprobar la respiración y el pulso.

Corriente de baja tensión

La corriente de baja tensión puede causar lesiones graves o incluso la muerte. Los incidentes son por lo general provocados por un equipo defectuoso. Con frecuencia la CA de 120 o 220 voltios es la más peligrosa para las personas sin protección, ya que se utiliza en tantos lugares que la complacencia y la familiaridad desincentivan las precauciones normales.

Riesgo adicional

El agua es un conductor muy eficiente de la electricidad, por lo que presenta riesgos adicionales tanto para el socorredor como para la víctima. Si el socorredor está mojado o está de pie en el agua, aumenta el riesgo de una descarga eléctrica. El uso del EPP, tales como botas aislantes de goma, puede ayudar a proteger al socorredor, pero si hay defectos o fugas en la bota, la corriente eléctrica aún puede fluir a través del agua. Se requieren guantes de alta tensión para operar las manijas de desconexión de

alta tensión. La persona debe estar de pie al lado de la caja mirando al otro lado al operar un interruptor de desconexión en caso de que haya un arco eléctrico.

Vehículos con neumáticos de goma que estén en contacto con conductores energizados pueden proteger a los ocupantes, siempre y cuando sus cuerpos no formen una trayectoria conductora para la electricidad a tierra. Para salir de un vehículo cargado, la persona debe saltar.

Cómo romper el contacto con la electricidad

- Antes de comenzar cualquier tratamiento, hay que observar antes de tocar. Si la víctima todavía está en contacto con la fuente eléctrica, estará 'energizada' y el socorredor estará expuesto al riesgo de electrocución.
- Se debe apagar y aislar el origen de la electricidad y si es posible romper el contacto entre la víctima y el suministro eléctrico.

En un caso de baja tensión (no asumir que un conductor es de baja tensión; verificar con un comprobador), se debe mover la fuente lejos de la víctima y el socorredor. Para hacerlo, hay que ponerse de pie sobre algún material aislante seco, como una caja de madera o una alfombra de plástico y se debe usar un palo de madera o algo similar para alejar las extremidades de la víctima de la fuente eléctrica o para alejar la fuente de la víctima.

- Si no es posible romper el contacto utilizando un objeto de madera, se debe amarrar un trozo de cuerda alrededor del tobillo de la víctima o debajo de los brazos, teniendo cuidado de no tocarlos, y jalar para alejarla de la fuente de la corriente eléctrica. El socorredor deberá protegerse utilizando materiales aislantes, tales como madera, goma, etc.
- Se debe tener en cuenta las posibles caídas o despedidas del accidentado al cortar la corriente, poniendo mantas, abrigos, almohadas, etc. para disminuir el efecto traumático.
- Si la ropa del accidentado ardiera, se apagaría mediante sofocación (echando encima mantas, prendas de lana, nunca acrílicas), o bien le haríamos rodar por la superficie en que se encontrase.

Figura 3.6 – 6 Cómo liberar a un atrapado por la corriente



Fuente: M^a Victoria del Barrio Arjona Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, Cataluña

- Nunca se utilizará agua.
- Una vez se verifique que se ha roto el contacto entre la víctima y la electricidad, se debe llevar a cabo una evaluación preliminar y tratar las lesiones en orden de prioridad.

Instrucciones de trabajo planificadas

Para trabajar en equipos con tensión (energizados), el diagrama de flujo y la discusión explican las prácticas aceptadas para garantizar que los trabajos se realicen de forma segura y bajo la supervisión de una persona calificada.

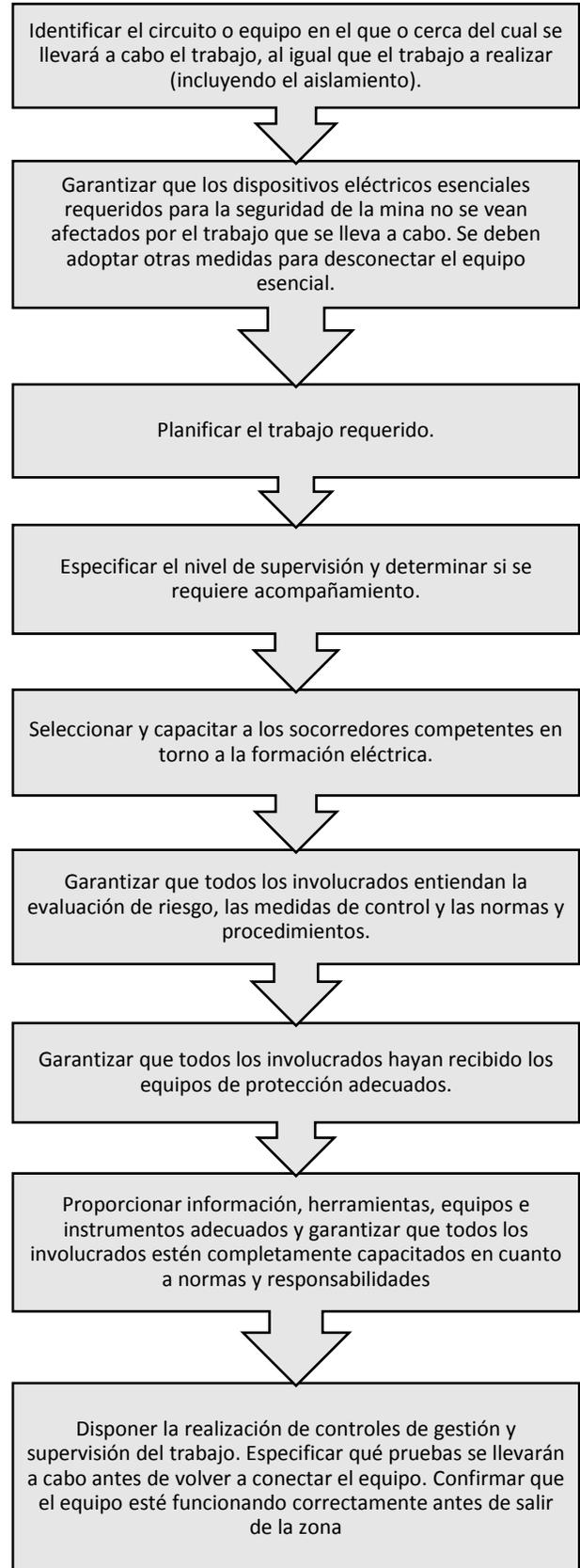
Diagrama de flujo:

Explicación del diagrama de flujo:

Identificar el circuito o equipo en el que o cerca del cual se llevará a cabo el trabajo, al igual que el trabajo a realizar (incluyendo el aislamiento).

Estas labores deben llevarse a cabo antes de comenzar el trabajo. Los factores que pueden afectar el sistema de trabajo seguro también deben tenerse en cuenta. En muchas ocasiones, será necesaria la identificación física real de los equipos o circuitos, que puede contar con la ayuda de dibujos, diagramas y otra información escrita

Figura 3.6 – 7 Diagrama de flujo de trabajos eléctricos bajo tierra



Fuente: Mines Rescue Service Ltd



Garantizar que los dispositivos eléctricos esenciales requeridos para la seguridad de la mina no se vean afectados por el trabajo que se lleva a cabo.

El buen funcionamiento y la efectividad de los equipos esenciales, tales como ventiladores y bombas, es de vital importancia para garantizar la seguridad de los mineros, el ambiente y la infraestructura de la mina. Se deben adoptar otras medidas para desconectar los equipos esenciales, tales como el suministro de equipos de sustitución o la evacuación de aquellos afectados por el trabajo.

Planificar el trabajo.

Muchos accidentes eléctricos se deben a una falta de planificación. El proceso de planificación debe incluir la gestión, supervisión, ejecución y terminación del trabajo, y debe tener como resultado un sistema formal de trabajo basado en la información en las reglas de seguridad y una evaluación de riesgo específica para la tarea. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El trabajo a realizar;
- Los peligros del sistema o de los equipos en los que se trabajará y los riesgos asociados a los trabajos, especialmente cerca de atmósferas potencialmente explosivas;
- Los socorredores que llevan a cabo el trabajo, su competencia, y el nivel de supervisión necesaria;
- Las precauciones que deben adoptarse y el sistema de trabajo a utilizar;
- La posibilidad de que la naturaleza del trabajo cambie debido a las pruebas que puedan demostrar otras fallas o cambios en el ambiente de la mina.

Se deben mantener registros en la modalidad de planos o diagramas para todas las instalaciones menos las más básicas. En el caso de instalaciones antiguas donde los registros pueden ser muy pocos,

se debe hacer lo posible por actualizar o mejorar la información disponible, por ejemplo, mediante cuestionarios, estudios, pruebas y etiquetado.

Sin embargo, al comprobar los registros antes de trabajar en una instalación, no es prudente confiar únicamente en una fuente de información, como por ejemplo una etiqueta.

Los accidentes eléctricos ocurren a menudo durante la búsqueda de fallas después de una emergencia o una avería cuando el afán por reparar el equipo se traduce rápidamente en asumir riesgos.

Para anticipar esto, se deben establecer planes para seguir los procedimientos seguros de búsqueda de fallas que se pueden implementar durante una emergencia o avería. Además, se requieren controles ambientales (metano) para garantizar que no exista un riesgo de ignición.

Especificar el nivel de supervisión y determinar si se requiere acompañamiento.

El proceso de planificación debe indicar el nivel de supervisión requerido. Un factor importante a considerar es el grado de formación y experiencia que tengan los socorredores para llevar a cabo tareas específicas: entre menos experimentados o formados sean los socorredores, incluyendo su familiaridad con el diseño de la mina y el sistema en el que se esté trabajando, mayor será la necesidad de supervisión. Las verificaciones de seguridad, tales como el monitoreo de las concentraciones de gases, deben ser responsabilidad de un miembro del grupo de salvamento minero asignado específicamente a esta tarea y no alguien que está involucrado en el trabajo eléctrico.

El supervisor debe estar capacitado para reconocer los peligros, para aislar las fuentes de energía y si es necesario, para proporcionar asistencia si se descubre una emergencia mayor.

Seleccionar y capacitar a socorredores mineros competentes

La capacitación es un aspecto fundamental del proceso de formación de una persona competente. Incluso el minero más altamente calificado y capaz puede no ser competente para llevar a cabo tareas o trabajos específicos sin una formación adecuada. Esto necesita ser reconocido. Los trabajadores competentes deben tener altos niveles de autodisciplina y saber que la conducta imprudente con la electricidad puede provocar lesiones graves y la muerte.

Los responsables de gestionar y supervisar este trabajo deben estar familiarizados con los controles necesarios para garantizar la seguridad y además deben:

- Evaluar el grado de competencia de los socorredores individuales contra el tipo específico de trabajo que debe llevarse a cabo;
- Proporcionar instrucciones claras e información y formación adecuadas a los socorredores en los siguientes temas:
 - Los riesgos que pueden enfrentar;
 - Las medidas adoptadas para controlar y minimizar los riesgos;
 -
 - Enfatizar en los sistemas de trabajo seguros;
 - Cómo seguir los procedimientos de emergencia;
- Disponer que las personas que estén siendo capacitadas estén acompañadas y supervisadas según sea necesario;

Garantizar que todos los involucrados entiendan la evaluación de riesgo, las medidas de control y las normas y procedimientos.

Los administradores y supervisores deben garantizar que los socorredores entiendan los métodos de trabajo correctos relacionados con tareas específicas. Los socorredores que lleven a cabo los trabajos deben conocer las limitaciones y las restricciones de

los mismos en cuanto a la forma en que los llevan a cabo. Esto incluye reconocer cuándo es seguro continuar con el trabajo y saber cómo hacer frente a contingencias u otras emergencias que se puedan producir.

Garantizar que todos los involucrados hayan recibido los equipos de protección adecuados.

Los administradores, supervisores y socorredores tienen la responsabilidad de proporcionar y utilizar los equipos de protección identificados en la evaluación de riesgo específica para la tarea y asegurarse de que:

- sean adecuados para el uso correspondiente;
- se mantengan en condiciones adecuadas para su uso;
- se usen adecuadamente.

Proporcionar información, herramientas, equipos e instrumentos adecuados y garantizar que todos los involucrados estén completamente capacitados en cuanto a normas y responsabilidades.

A los socorredores se les debe proporcionar y deben utilizar información correcta y apropiada, como por ejemplo esquemas, herramientas e instrumentos eléctricos.

Disponer la realización controles de gestión y supervisión del trabajo.

Los socorredores deben seguir y cumplir con las evaluaciones de riesgo, las medidas de control, las normas y los procedimientos. La administración y los supervisores deben comprobar que los socorredores estén cumpliendo con este requisito. Esto es fundamental cuando el trabajo se está llevando a cabo bajo la presión de una situación de emergencia en circunstancias desconocidas. Se deben especificar qué pruebas se llevarán a cabo antes de volver a conectar el equipo y se debe confirmar que el equipo esté funcionando correctamente o esté aislado, que todos los protectores o cubiertas están

en su lugar y no haya conductores expuestos antes de abandonar el lugar de trabajo.

3.6.3 Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar el riesgo eléctrico en la atención de emergencias mineras.

A menudo, la primera acción eléctrica realizada para prepararse para entrar en una mina subterránea es desconectar completamente la alimentación eléctrica de la zona de emergencia o de toda la mina, siempre que la acción no empeore las condiciones o las torne más peligrosas. Antes de proceder a desconectar la alimentación subterránea, el personal de salvamento de ANM tiene que plantear una serie de preguntas para definir la situación, entre las cuales se incluyen las siguientes:

1. ¿La desconexión de la alimentación subterránea causará que se detengan los ventiladores? Si es así, hay que asegurarse de que este cambio en la ventilación no ponga en peligro a los mineros, a los socorredores o provoque la acumulación de gases explosivos.
2. ¿La desconexión de la alimentación causará que se detenga el bombeo de agua? Si es así, hay que asegurarse de que la acumulación de agua en la mina no ponga en peligro a los mineros, a los socorredores o provoque un cambio en la ventilación, creando de esa forma otro peligro.
3. ¿La desconexión de la alimentación causará que se desconecten los dispositivos de comunicaciones o los equipos de monitoreo atmosférico que los socorredores necesitan?
4. ¿Existen otros riesgos asociados a la presencia o ausencia de energía eléctrica en la mina que deban ser mitigados?

Una vez se conozca esta información, se debe realizar un análisis de riesgo para el ingreso a la mina y se debe crear un plan de mitigación para proteger a los socorredores. Si es necesario un trabajo eléctrico adicional, se deben seguir los siguientes procedimientos:

Identificación

Se debe suministrar Información adecuada para identificar los equipos correctamente. Para la mayoría de los circuitos y equipos, el etiquetado adecuado es importante, pero nunca se debe suponer que el etiquetado es correcto y que el trabajo pueda comenzar sin primero demostrar que el equipo o el circuito no tiene tensión. Las instrucciones proporcionadas deben dar detalles acerca de cómo se debe completar la verificación (prueba) para determinar si un equipo o circuito está "sin tensión" y qué medidas se deben adoptar si no se aprueba la verificación.

Desconexión

Figura 3.6 – 8 Detector de tensión 6 – 1000 AC/DC



Fuente: Texas Tech University

Se deben desconectar los equipos de todas las fuentes de energía eléctrica antes de permitir que los socorredores trabajen en o cerca de cualquier parte que haya estado energizada o que sea posible que esté energizada. En equipos que puedan almacenar carga, tales como condensadores y cables de alta tensión, se debe comprobar que cualquier carga almacenada se haya descargado con seguridad. Si las baterías son parte de los equipos, es posible que se tengan que desconectar. Al igual que en el punto anterior, las instrucciones proporcionadas deben dar detalles acerca de cómo se debe completar la

verificación (prueba) y qué medidas se deben adoptar si no se aprueba.

Aislamiento seguro

Para un aislamiento adecuado, el dispositivo que se desconecta debe tener un aislamiento suficiente para los niveles de tensión presentes o que puedan producirse. Los diferentes interruptores tendrán diferentes formas de aislamiento, que incluyen:

- (i) Los dispositivos de conexión que alimenten equipos de planta y equipos aislados a menudo tiene un contactor. El aislamiento eléctrico no se logra al apagar la máquina. El contactor debe ponerse claramente en posición de apagado y sujetarse en tal posición mediante un dispositivo de bloqueo y un candado personal. Donde exista el riesgo de que la red que alimenta el dispositivo aislado pueda ser conectada a otra fuente de alimentación, debe identificarse claramente esa alimentación opcional y debe también desconectarse y bloquearse.
- (ii) Cuando se utilicen interruptores automáticos como parte de un sistema de distribución de alta tensión, el aislamiento se puede lograr aislando el interruptor automático. Es habitual que este tipo de equipo venga provisto de un aislador que permita el corte del suministro de salida de la alimentación eléctrica, y para una mayor seguridad, que permita que el suministro de salida se conecte a tierra. Al completar el aislamiento, se debe fijar el aislador en la posición “apagado” o “a tierra” antes de que se lleven a cabo los trabajos.
- (iii) Los circuitos de menor tensión a menudo vienen provistos de interruptores automáticos o fusibles como medio de aislamiento eléctrico. Cuando se utilicen fusibles o interruptores automáticos, se debe contar con una forma de proteger la caja (tablero de distribución) para evitar el acceso a ella y que los circuitos se vuelvan a conectar de forma accidental.

- (iv) En los equipos móviles que se alimentan a través de cables de arrastre se debe desconectar el cable (caja de transformador e interruptor automático), ya sea mediante la desconexión y bloqueo del enchufe en el cual se conecta el cable al circuito de alimentación o mediante la desconexión del cable en el punto en que se conecta al equipo mismo si ello está provisto. En ambos casos el circuito de alimentación al equipo debe también desconectarse y aislarse como se ha indicado. Dado que la desconexión normalmente se encuentra fuera del sitio de trabajo de los mineros, se debe colocar una etiqueta de advertencia con el nombre de la persona y la fecha en el dispositivo bloqueado para informar a otros del trabajo.

Dondequiera que se haya realizado un proceso de aislamiento eléctrico, se debe instalar un cierre de seguridad (un candado con una clave única). Este procedimiento de seguridad es a menudo denominado "bloquear, etiquetar" o "LOTO" por sus siglas en inglés. Todas las llaves se deben guardar en un lugar seguro hasta que se verifique la finalización de los trabajos. Cuando más de una persona pueda verse afectada por el aislamiento, cada una de ellas debe ya sea adaptar su propio candado o usar una llave de seguridad especialmente diseñada, lo que impide que se restablezca la alimentación hasta que todo el personal haya verificado la finalización del trabajo.

Avisos

Se debe colocar un aviso o etiqueta en el punto de desconexión para garantizar que todo el mundo sepa que se está llevando a cabo un trabajo en el circuito o equipo. Por ejemplo, se puede utilizar un aviso de 'precaución' para indicar que alguien está trabajando en el dispositivo y puede resultar lesionado si se vuelve a energizar, mientras que los avisos de "peligro" colocados en equipos energizados adyacente al lugar de trabajo indican que el dispositivo todavía está conectado.



Figura 3.6 – 9 Sistema LOTO bloqueado y etiquetado - caja de circuitos



Fuente: EPP Seguridad, Coahuila, México

Los avisos o etiquetas deben ser fáciles de entender por cualquier persona en la zona. Se deben retirar los avisos y etiquetas cuando ya no apliquen, de manera que los mineros comprendan que estas etiquetas se deben utilizar solo cuando se llevan a cabo las reparaciones. A menudo es útil que los avisos de “precaución” y “peligro” tengan un espacio para incluir el nombre de la persona responsable del trabajo y la fecha.

Verificación de falta de tensión (circuito eléctrico desconectado)

Después de haber aislado el circuito o equipo y antes de comenzar a trabajar en él, se debe verificar que piezas en las que o cerca de las cuales se va a trabajar realmente estén sin tensión, incluso si el aislamiento se ha realizado de forma automática a través de un sistema de interruptores. Si se trata de un sistema de tres fases o equipos con más de un suministro, se debe demostrar que todos los conductores de alimentación estén sin tensión.

El instrumento requerido se debe construir adecuadamente para proteger contra descargas eléctricas y debe estar diseñado para evitar cortocircuitos durante el uso.

- En tensiones bajas (menos de 1.000 voltios), se pueden utilizar detectores de tensión propios como detectores de tensión de dos polos, lámparas de prueba o voltímetros con sondas aisladas y cables con fusibles.
- Para tensiones elevadas (más de 1.000 voltios) existen verificadores de tensión específicos (corriente alterna de 150 voltios o más). Para los propósitos de salvamento minero, existen indicadores LED simples en los que una luz LED parpadea dos veces por segundo para indicar que el verificador está cargado y no está detectando tensión activa. Las luces LED se prenden de forma continua tras la detección de una tensión directa.
- El uso de multímetros, que se pueden ajustar a la función incorrecta, no se recomienda para verificar la falta de tensión en redes de baja tensión, así como tampoco el uso de dispositivos sin contacto, como dispositivos ‘volt stick’.
- Es necesario probar el instrumento antes y después de su uso. Esto puede hacerse por medio de una unidad de verificación con una potencia de salida baja. Si se utilizan circuitos energizados para probar los instrumentos, se deben tomar las precauciones adecuadas contra descargas eléctricas y cortocircuitos. La formación en el uso correcto de los detectores de tensión es fundamental para evitar riesgos en caso de un uso inesperado en un conductor energizado. Todos los instrumentos utilizados para la verificación de circuitos deben ser mantenidos e inspeccionados con frecuencia. Para los propósitos de Salvamento Minero, el equipo de prueba de baja tensión debe ser revisado diariamente antes de ser llevado bajo tierra.
- Mientras que la realización de pruebas es el medio más definitivo para probar que un circuito

está sin tensión, hay otros medios que pueden ser utilizados como un paso intermedio antes de exponer los conductores:

- (i) Usar una “ventana” que permita verificar la posición del aislador. Esto permite realizar un control físico sobre el funcionamiento del aislador.
- (ii) La mejor práctica es contar con tablero de contactores con indicación de tensión (“LED”) que muestre que un circuito está sin tensión cuando se apaga o voltímetros que indiquen la tensión en cero cuando estén sin tensión. Los circuitos de tres fases deben tener estos indicadores en las tres fases.
- (iii) Tratar de energizar la pieza o equipo de planta conectado al circuito. Esto solo es útil si el equipo estaba energizado antes de desconectar la alimentación, ya que se desconoce si hay otros problemas que impidan que funcione con la energía conectada

Puesta a tierra

Si las precauciones indicadas anteriormente fallan, el riesgo para los trabajadores mineros y los socorredores se puede minimizar mediante la puesta a tierra de forma segura de todos los conductores, utilizando dispositivos de puesta a tierra o cables de puesta a tierra con el diseño adecuado que por lo general se aplican a todos los puntos en los que el circuito o equipo está aislado del suministro. También se requerirán puesta a tierra adicionales en el punto de trabajo (véase el artículo 175 del Decreto 1886) si es remoto con respecto al punto de aislamiento, pero se deben aplicar únicamente después de verificar que los equipos estén sin tensión en el lugar de trabajo. Este procedimiento es esencial para dispositivos de alta tensión y equipos de energía almacenada (por ejemplo, condensadores). Los conductores de puesta a tierra y sus conexiones deben ser adecuados para la energía que puede fluir en caso de que no funcionen las precauciones anteriores.

Los equipos de puesta a tierra de baja tensión se prefieren si existe un riesgo de reconexión, por ejemplo, a partir de un generador bajo el control de otra persona. En otros equipos de baja tensión, sin embargo, puede ser poco práctico aplicar puestas a tierra, o el riesgo de cortocircuito por introducir una puesta a tierra cerca de partes energizadas adyacentes puede ser mayor que el beneficio de estar trabajado con un dispositivo de puesta a tierra.

En un equipo móvil con cables de arrastre desconectados y encerrados en un acoplamiento por cable, la conexión a tierra no es posible ya que también estarán desconectados los conductores a tierra.

Partes adyacentes

Cuando el circuito o equipo en el que se trabajará se haya desconectado o cuando el trabajo no sea eléctrico, se debe proporcionar protección contra el riesgo de contacto involuntario con otras partes energizadas cercanas. Esto debería hacerse preferiblemente mediante la construcción de barreras físicas no conductoras y/o el uso de aislamiento temporal y avisos de “peligro”. Los requisitos relativos a los espacios de trabajo adecuados, acceso e iluminación también se deben evaluar y cumplir.

Procedimientos adicionales

En sistemas de alta tensión (y a menudo en sistemas de alta energía) se debe expedir un permiso de trabajo solo después de que todas las acciones descritas anteriormente se hayan llevado a cabo. No constituye una práctica común expedir permisos de trabajo para trabajar en sistemas de baja tensión; sin embargo, en las minas de carbón, se deben considerar en todas las ocasiones ya que su uso contribuirá a la seguridad en sus circunstancias particulares, especialmente en incidentes de salvamento minero (hay que tener en cuenta la situación en la que los niveles de gas están cambiando).

Procedimientos adicionales para trabajos de alta tensión y con altas probabilidades de falla

Estos procedimientos se deben aplicar en todas las circunstancias en las minas de carbón. **El personal de Salvamento Minero debe conocer los procedimientos de seguridad que deben ser utilizados para desconectar la energía de alta tensión y bloquearla, pero no se espera que el personal de ANM trabaje en el equipo. Si esto es necesario, se debe contratar a un electricista cualificado.**

Los equipos de alta tensión deben ser diseñados e instalados de modo que no sea necesario llevar a cabo trabajos en las partes energizadas expuestas. Sin embargo, con frecuencia se requiere llevar a cabo controles de tensión o pruebas y realizar observaciones desde una distancia segura, como en la realización de pruebas de rotación de fase.

Debido al hecho de que las tensiones altas pueden producir arcos a través de un espacio de aire, las personas pueden sufrir un choque o quemarse sin tocar piezas de alta tensión energizadas. Por consiguiente, se debe seguir el procedimiento de funcionamiento del circuito sin tensión. El aislamiento debe ser por medio de un dispositivo que tenga un aislamiento seguro entre las partes energizadas y las que se han desconectado para realizar el trabajo. Los conductores a tierra en el punto donde se ha cortado la alimentación son esenciales, mientras que se pueden requerir puestas a tierra adicionales en el lugar de trabajo.

El sistema de bloqueo de apagado antes de comenzar el trabajo y mientras se esté realizando, debe utilizar cierres de seguridad con llaves únicas para que los dispositivos no se vuelvan a cargar de forma inadvertida. Las llaves se deben guardar en un lugar seguro al que pueda acceder únicamente la persona a cargo de la actividad. Las precauciones se deben respaldar con un sistema de documentación disciplinado; el permiso de trabajo eléctrico es un sistema establecido que ha demostrado funcionar bien en la práctica. Se adjunta al presente un ejemplo de un permiso de trabajo simple.

Será necesario ejecutar procedimientos adicionales para cubrir adecuadamente los cambios de turno o el trabajo que se extiende durante largos períodos.

También puede ser necesario tener reglas o procedimientos para equipos particulares y para determinadas prácticas de trabajo tales como la realización de pruebas (por ejemplo, puede ser necesario retirar puestas a tierra para facilitar la inspección de acuerdo con un procedimiento de realización de pruebas claramente definido).

Se deben tomar precauciones para evitar que las personas se acerquen a los conductores de alta tensión no aislados. Esto significa en términos generales que cualquier trabajo en equipos de alta tensión se lleve a cabo solo después de que todas las precauciones establecidas previamente se hayan adoptado.

Permisos de trabajo eléctrico

El Apéndice 1 contiene un ejemplo típico de un permiso de trabajo. Los permisos de trabajo eléctrico son en términos generales un comunicado que indica que es seguro trabajar en un circuito o equipo que ha sido aislado y según el caso, conectados a tierra. Un permiso de trabajo eléctrico no debe ser expedido para el trabajo en un circuito o equipo que aún está energizado. La información que contiene debe indicar el tipo de equipo que se ha hecho seguro, los pasos mediante los cuales se ha logrado y se mantiene esta seguridad y una descripción precisa del trabajo que debe ser llevado a cabo.

Un permiso de trabajo eléctrico se diferencia de los sistemas más generales de permisos de trabajo utilizados en otras industrias de alto riesgo. Estos sistemas más generales de permiso de trabajo son una parte integral del sistema de gestión de seguridad y cubren una amplia gama de actividades y peligros. Es común que los requisitos para un permiso de trabajo eléctrico sean identificados mediante la aplicación de un sistema general de permisos de trabajo.

No se le debe permitir a ningún minero trabajar en equipos que no estén especificados como seguros en el permiso de trabajo eléctrico. Esta restricción debe ser entendida y cumplida por todos los involucrados.

Si se debe cambiar un programa de trabajo, se deberán cancelar los permisos de trabajo eléctricos existentes y expedir nuevos, antes de la realización de cualquier variación. La única persona que tiene la autoridad para aceptar el cambio en el programa y expedir el nuevo permiso de trabajo es o bien la persona que haya expedido el permiso original o la persona designada por la administración para hacerse cargo de la responsabilidad, por ejemplo, al final de un turno o durante una ausencia o incapacidad.

Un permiso de trabajo eléctrico debe ser expedido solamente por una persona competente designada que haya sido evaluada como tal gracias a sus conocimientos técnicos y/o experiencia y que esté familiarizada con el sistema y el equipo. Antes de expedir el permiso, se deben establecer en detalle y por escrito cuáles son los distintos pasos para desconectar, aislar, demostrar la falta de tensión, bloqueo de apagado, conectar los equipos a tierra, publicar avisos de advertencia e identificar el equipo en el que se trabajará y los equipos adyacentes que seguirán estando energizados.

El permiso de trabajo eléctrico debe indicar claramente:

- La persona a la que se dirige permiso, es decir, el líder del grupo, trabajador o equipo de salvamento minero que estará presente durante la realización del trabajo;
- Una descripción precisa del equipo que se desconectará y su localización;
- Los puntos de aislamiento;
- La ubicación de la puesta a tierra de los conductores;
- El lugar de publicación de los avisos de advertencia y donde se coloquen los candados de seguridad especiales;
- La naturaleza del trabajo a realizar;
- La presencia de cualquier otra fuente de peligro, con referencia cruzada a otros permisos pertinentes;
- Otras precauciones que deben adoptarse durante el transcurso del trabajo.

- En la mayoría de los casos, es preferible incluir un diagrama en o adjunto al permiso para confirmar la información anterior y que muestre la zona de trabajo.
- Se recomienda encarecidamente que el permiso de trabajo eléctrico se emita en el lugar donde el trabajo se esté llevando a cabo. La persona competente designada para la expedición del permiso debe explicar el trabajo y acordar la exactitud e integridad de los datos con la persona a cargo de realizar el trabajo antes de que ambos firmen el documento. La persona que expide el permiso debe estar segura de haber adoptado todas las acciones necesarias para garantizar la seguridad del equipo. Como regla general, se debe realizar una inspección personal (cuando sea posible). Sin embargo, es claro que en trabajos de Salvamento Minero esto puede resultar difícil si no imposible de lograr.
- En los casos en que puede dividirse la responsabilidad, las funciones deben ser definidas para garantizar que no haya confusión sobre las responsabilidades respectivas, por ejemplo:
 - Entre un equipo de salvamento enviado a trabajar en un sitio sellado que va a alterar la ventilación de la mina y un equipo de salvamento a cargo de la instalación y la alimentación de una bomba para extraer el agua que a su vez va a alterar la ventilación de la mina.
 - Al momento en que la persona a cargo de la operación inmediata acepte el permiso, se convierte en el responsable de garantizar que se cumplan todas las precauciones de seguridad, incluyendo la ventilación y los cambios ambientales y que:
 - Solo se realice el trabajo permitido;
 - El trabajo se limite a la zona definida en el permiso;

Si el permiso se le expide al líder de un equipo de salvamento, el líder debe aceptar su responsabilidad sobre los miembros del equipo y debe explicarles – antes de que el trabajo comience – el alcance y los medios por los cuales se ha logrado la seguridad.



Si la persona que expide el permiso de trabajo eléctrico también estará involucrada en el trabajo, se recomienda encarecidamente que otra persona (una persona competente) verifique de forma independiente las precauciones adoptadas. La persona que realiza el trabajo debe entonces expedirse un permiso. Esta rutina ayuda a garantizar la aplicación del procedimiento de seguridad en su totalidad y que la responsabilidad esté claramente definida y comprendida.

El destinatario de un permiso de trabajo eléctrico deberá conservarlo con fines de referencia mientras que el trabajo está en curso y para evitar la cancelación involuntaria y la reconexión del equipo.

Cuando el trabajo haya finalizado, la persona a la que se le haya expedido el permiso debe firmar para declarar que las puestas a tierra las y herramientas adicionales se han retirado y que los mineros en el grupo o equipo han sido retirados con instrucciones de no acercarse al equipo de nuevo. La persona a cargo de autorizar el permiso también debe indicar si el equipo es apto para el propósito. Luego se le devuelve el permiso preferiblemente a la persona competente designada a cargo de expedirlo originalmente para su cancelación antes de la reconexión del equipo. Es posible que se requiera energía eléctrica para verificar que el trabajo se ha realizado y que todo esté funcionando correctamente.

Para reducir los malentendidos durante cualquier suspensión de los trabajos, es mejor cancelar el permiso original y expedir uno nuevo cuando sea necesario. Generalmente no se recomienda la suspensión de los permisos de trabajo eléctrico. Cuando sea necesario, es indispensable contar con procedimientos escritos para asegurar el retiro de las herramientas y los polos a tierra locales adicionales y que todo el mundo sepa que el permiso ha sido suspendido.

Cualquier sistema de permiso de trabajo eléctrico debe contar con un procedimiento de control (auditoría) para garantizar el seguimiento de las reglas de seguridad y el diligenciamiento preciso de los documentos. La supervisión debe llevarse a cabo

preferiblemente por alguien con responsabilidades de gestión, que no esté involucrado en la expedición habitual de los permisos y debe ser aleatoria y continua de modo que los malos hábitos e imprecisiones pueden ser identificados y eliminados rápidamente.

3.6.4 Equipos usados en acciones de salvamento minero durante emergencias provocadas por problemas eléctricos

Las especificaciones detalladas de los equipos, el manual de instrucciones, las indicaciones de mantenimiento preventivo y los accesorios se incluyen en el Capítulo 4 de este documento.

Los siguientes equipos son adicionales al kit estándar que los socorredores llevan con ellos o tienen a su disposición.

1. Uno de los siguientes probadores de baja tensión: detectores de tensión de dos polos, lámparas de prueba o voltímetros con sondas aisladas y cables con fusibles;
2. Para tensiones elevadas (más de 1.000 voltios): verificadores de tensión específicos (corriente alterna de 150 voltios o más). Indicadores LED simples en los que una luz LED parpadea dos veces por segundo para indicar que el verificador está cargado y no está detectando tensión activa. Las luces LED se prenden de forma continua tras la detección de una tensión directa;
3. Barreras físicas no conductoras si es necesario para el aislamiento;
4. Avisos de peligro y bloqueo y etiquetado;
5. Guantes de alta tensión;
6. Pértiga no conductora.

La tabla que se encuentra a continuación denominada Requerimientos Mínimos de Equipos para El Sistema de Salvamento Minero Colombiano ofrece el listado de equipos mínimos recomendados y opcionales para atender las emergencias generadas por problemas eléctricos según lo descrito anteriormente.

Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Electricas Cap 3.6
Proteccion Respiratoria			
1	Aparato de Respiración de presión positiva de autocontenido regenerativo		0
2	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos		0
3	Autorescatador Tipo Savox		0
4	Autorescatador de Oxígeno Químico 90 Minutos		0
5	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos SSR 30		0
Monitoreo Ambiental			
6	Monitor Multigas de 6 gases		0
7	Retractor para Monitor Multigas		0
8	Anemómetro		0
9	Anemómetro y termómetro		0
10	Higrómetro giratorio y tabla		0
11	Bombas y Tubos de Muestreo		0
12	Bomba y fuelle y Tubos detectores		0
Incendios y Explosiones			
13	Tuberías		0
14	Mangueras contra incendios		0
15	Acoples y accesorios para manguera		0
16	Tubos bifurcados		0
17	Boquillas		0
18	Recámaras de división		0
19	Adaptador de espuma		0
20	Pica contra incendios		0
21	Extintor de Incendios		✓
22	Baldes para Incendios		0
23	Hidrantes contra incendios		0
24	Hidrantes Mineros		0
25	Maquina de Colocamiento		0
26	Cámara de Imagen Térmica		0
Corte y Expansion			
27	Expansor Hidraulico		0
28	Cortador		0
29	Herramienta de Combinacion		0

30	Cilindro hidraulico	0
31	Bomba hidraulica de mano	0
32	Manqueras hidraulicas	0
33	Acoples hidraulicos	0
34	Cadena	0
Bolsas de Aire		
35	Cojin neumático (elevador)	0
Caída de Alturas		
36	Dispositivos de control de descenso automático y manual	0
37	Trípode tipo Airshore	0
38	Descensores manuales	0
39	Cabos o cuerdas de anclaje	0
40	Eslinga de Sujecion	0
41	Absorbedor de energía	0
42	Eslinga con absorbedor de energia	0
43	Línea de vida retractil	0
44	Trípode	0
45	Winch o Tomo	0
46	Pescante Davit	0
47	Arnés de Cuerpo Completo	0
48	Trípode flexible y adaptable con marco tipo A y sistema de soporte	0
49	Correas	0
Primeros Auxilios y Recuperacion		
50	Sistema de Rescate (Camilla Sked)	✓
51	Camilla de canasta	0
52	Camilla rígida	✓
53	Cobijas	✓
54	Collarín	✓
55	Cobijas de arrastre	✓
56	Resucitador (Tipo Mars)	✓
57	Férulas	✓
58	Bolsas para cuerpos	0
Trauma Primeros Auxilios		
59	1x tarjeta guía	✓
60	Vendajes surtidos	✓
61	20 x vendajes triangulares	✓
62	3 x venda estéril para ojos	✓



3.6 Causadas por Aspectos Eléctricos

63	2 x rollos pequeños de cinta autoadhesiva	✓
64	1 x Tijeras grandes	✓
65	2 x Tijeras pequeñas	✓
66	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
67	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
68	4 x Resusci aids	✓
69	2 x 500 ml enjuague ocular	✓
70	3 x vendajes superabsorbentes	✓
71	3 x vendajes para sangrado profuso	✓
72	20 x vendajes para heridas grandes	✓
73	6 x vendajes adaptables	✓
74	1 x pulsómetro	✓
75	1 x Torniquete (vendaje triangular alternativa)	✓
76	5 x gazas hemostáticas (coagulante)	✓
Primeros Auxilios Personales		
77	1x tarjeta guía	✓
78	Vendajes surtidos	✓
79	6 x vendajes para heridas grandes	✓
80	2 x venda estéril para ojos	✓
81	6 x vendas triangulares	✓
82	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
83	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
84	4 x Resusci aids	✓
Caída de Rocas		
85	Puntales	○
86	Palancas de fricción	○
87	Palancas hidráulicas	○

Herramientas Generales		
88	Caja de herramientas	✓
89	Cortador de pernos	✓
90	Llave de expansión	✓
91	Llave de tubos	✓
92	Segueta y hojas de segueta	✓
93	Martillos	✓
94	Formones	✓
95	Alicates	✓
96	Destornillador plano	✓
97	Destornillador de estrella	✓
98	Cortado/cuchillo stanley	✓
99	Maseta y picas de minero	✓
Proteccion Personal		
100	Protección ocular y anteojos de seguridad	✓
101	Cascos	✓
102	Relojes	✓
103	Tabla de calor y humedad	✓
104	Lámpara Minera	✓
105	Cuerda para línea de vida	✓
106	Botellas de agua	✓

107	Línea de vida personal	✓
108	Piezas livianas de madera	✓
109	Caja de tiza	✓
Comunicaciones		
110	Sistema de comunicación emergencias mineras	✓
Libros, turnos etc		
111	Libro de registro de la base de aire fresco	O
112	Libro de registro del comandante de incidente	✓
113	Libro de registro de superficie	✓
114	Planillas de turnos de cuadrillas	✓
115	Planillas varias	✓
116	Hojas de tiempo	✓
117	Libreta de apuntes	✓
118	Rótulos	✓
119	Señalización para base de aire fresco	O
Otro Equipo y Repuestos		
120	Electrobombas	O
121	Ventilador Axial	O
122	Bomba de trasiego de oxígeno	O
123	Testor 2100	✓
124	Test-it 6100	✓
125	Termómetro	✓
126	Gases para calibración de multidetectores	✓
127	Agua destilada	O
128	Desinfectante para los equipos	✓
129	Secador	O
130	Tablas, tubos y agua	✓
131	Baterías para los bodyguard	✓
132	Tabla para mapas, regla, plumas y lápices	✓
133	Tablas clip	O
134	Registros médico y de entrenamiento socorredores	✓
135	Planillas de chequeo de BG4	✓

✓	Requerido
O	Opcional pero sugerido
A	Detalles proporcionados



2 Recibo

Acepto la responsabilidad de llevar a cabo el trabajo en el dispositivo que se detalla en este permiso de trabajo y ni yo ni otras personas a mi cargo trabajarán en ningún otro dispositivo ni en ninguna otra zona.

Firmado.....
..... Hora Fecha
.....

Nota: Después de firmar el recibo, este permiso de trabajo deberá ser conservado por la persona a cargo, en el lugar donde se lleva a cabo el trabajo, hasta su finalización y la firma de la sección de autorización.

3 Autorización

El trabajo para el que se expidió este permiso de trabajo se ha suspendido* y/o ha finalizado * y todas las personas a mi cargo ha sido retiradas y se les ha advertido de que ya no es seguro trabajar en el dispositivo que se detalla en este permiso de trabajo.

Se ha retirado todo el equipo de trabajo, herramientas, instrumentos de prueba, etc.

Se han retirado los polos a tierra adicionales.

**Eliminar las palabras no aplicables e indicar, según corresponda:*

El trabajo está completo*/incompleto*:

Firmado.....
..... Hora Fecha
.....

4 Cancelación

Este permiso de trabajo ha sido cancelado.

Firmado.....
..... Hora Fecha
.....

Permiso de trabajo (dorso)





3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.



3.7

Causadas por
aspectos mecánicos.

3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.

3.7. Causadas por aspectos mecánicos.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
3.7 Aspectos Mecánicos	551
Diagrama de Flujo de Salvamento Minero.....	552
Revisión Posterior a un Incidente	556
Evaluación de Incidentes	557
3.7.1 Riesgos mecánicos en labores mineras subterráneas	559
3.7.2 Acciones para controlar el riesgo mecánico .	560
3.7.2.1 Principios para controlar el riesgo mecánico.....	560
3.7.2.2 Acciones o métodos de salvamento para controlar el riesgo mecánico	564
3.7.3 Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar el riesgo mecánico en la atención de las emergencias mineras	565
3.7.4 Equipos utilizados en acciones de rescate en emergencias en minas causadas problemas mecánicos	568
3.7.5 Referencias	571

	<u>Página</u>
<u>Figuras</u>	
Diagrama de Flujo de Salvamento.....	552
Diagrama de Flujo Evaluación de Incidentes ..	557
3.7 – 1 Diagrama de flujo Cómo reducir el riesgo mecánico	558
3.7 – 2 Selección de resguardos	561
3.7 – 3 Zona roja y amarilla alrededor de un minero continuo	562
3.7 – 4 Clasificación y colores de las señales de seguridad	563
3.7 – 5 Señal común de riesgo de atrapamiento	563
3.7 – 6 Algunas señales de seguridad	564
3.7 – 7 Flujograma Manejo de incidentes	565
3.7 – 8 Minero atrapado en un dispositivo	566
3.7 – 9 Coagulante para grandes heridas.....	567
3.7 – 10 Heridas por inyección en la mano.....	567
3.7 – 11 Socorredores preparando a una víctima para transporte en una camilla SKED	567
3.7 – 12 Personal médico entrenando en rescate vertical	567
3.7 – 13 Sistema SKED	568
3.7 – 14 Collar cervical de extricación	568

Lista de tablas

3.7 – 1	Requerimientos de equipos	568
---------	---------------------------------	-----



3.7 Aspectos Mecánicos

La séptima sección del Capítulo 3 define el conocimiento requerido y los métodos utilizados para reconocer y hacer frente a los riesgos o accidentes de seguridad mecánica durante la respuesta a una emergencia en la mina. Las lesiones o aprisionamiento por equipo mecánico pueden afectar a varios individuos, pero por lo general involucra solo una persona. Es importante que los operarios de la mina instalen los equipos mecánicos debidamente y que los mantengan según las recomendaciones del fabricante o los requisitos de las regulaciones. Es importante que los administradores y operarios de la mina inspeccionen los equipos usando una lista de verificación para asegurarse que funcionan adecuadamente y que los resguardos de los equipos (para evitar accidentes de las personas) estén en su lugar, antes de entrar en servicio. Cuando el personal de ANM llegue a la mina con los socorredores, las víctimas habrán estado heridas durante algún tiempo; el tiempo no es el mejor aliado.

Esta sección aborda los problemas mecánicos del entorno subterráneo. Describe los métodos para reducir el peligro y minimizar el riesgo de problemas mecánicos a un nivel admisible.

Es aceptado que los peligros mecánicos relacionados con máquinas no pueden eliminarse por completo en un entorno subterráneo confinado. Sin embargo, pueden controlarse y reducirse a niveles aceptables mediante controles que incluyen la actitud, los comportamientos, el uso de resguardos de seguridad, el mantenimiento y el diseño.

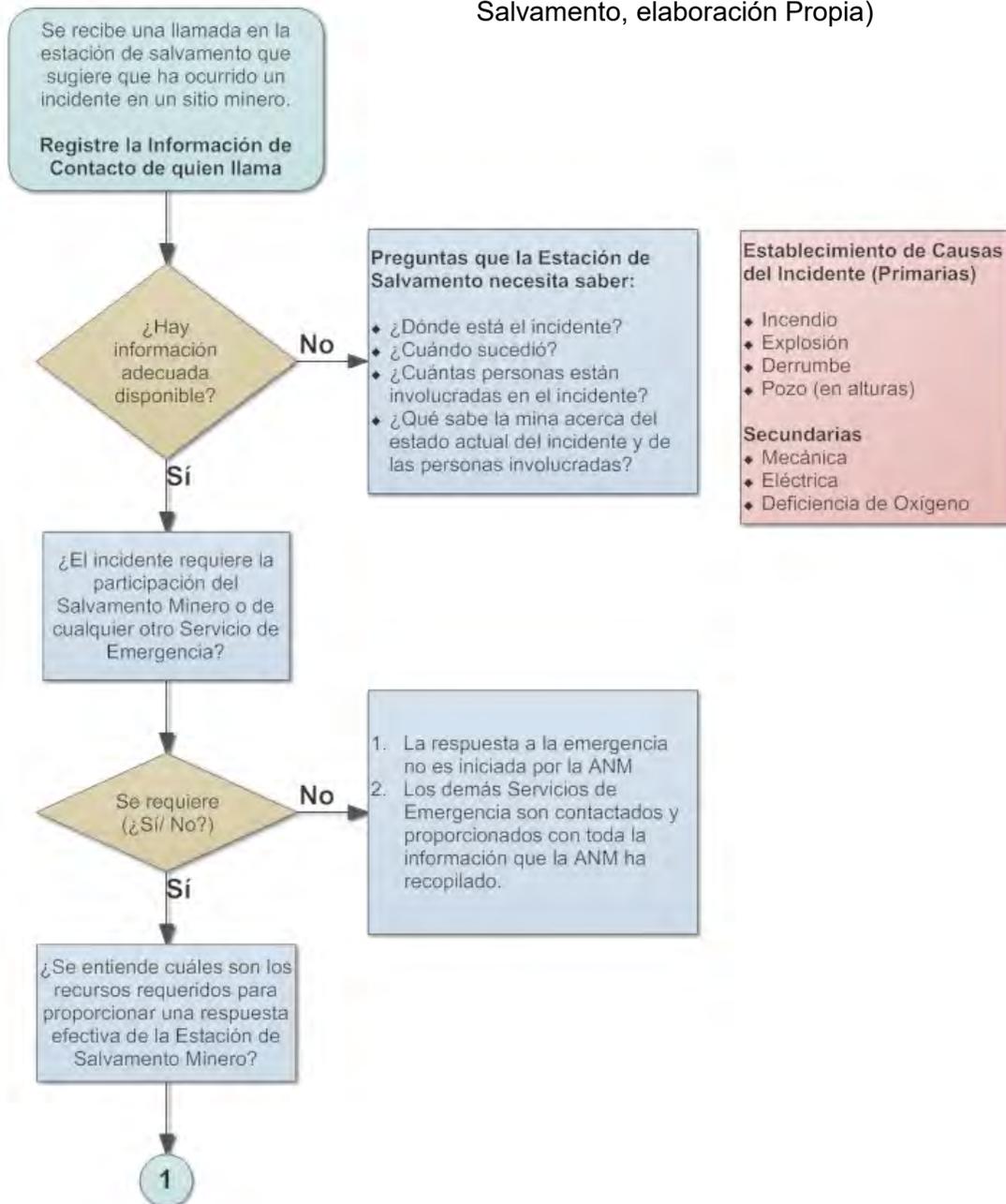
Diagrama de Flujo de Salvamento Minero

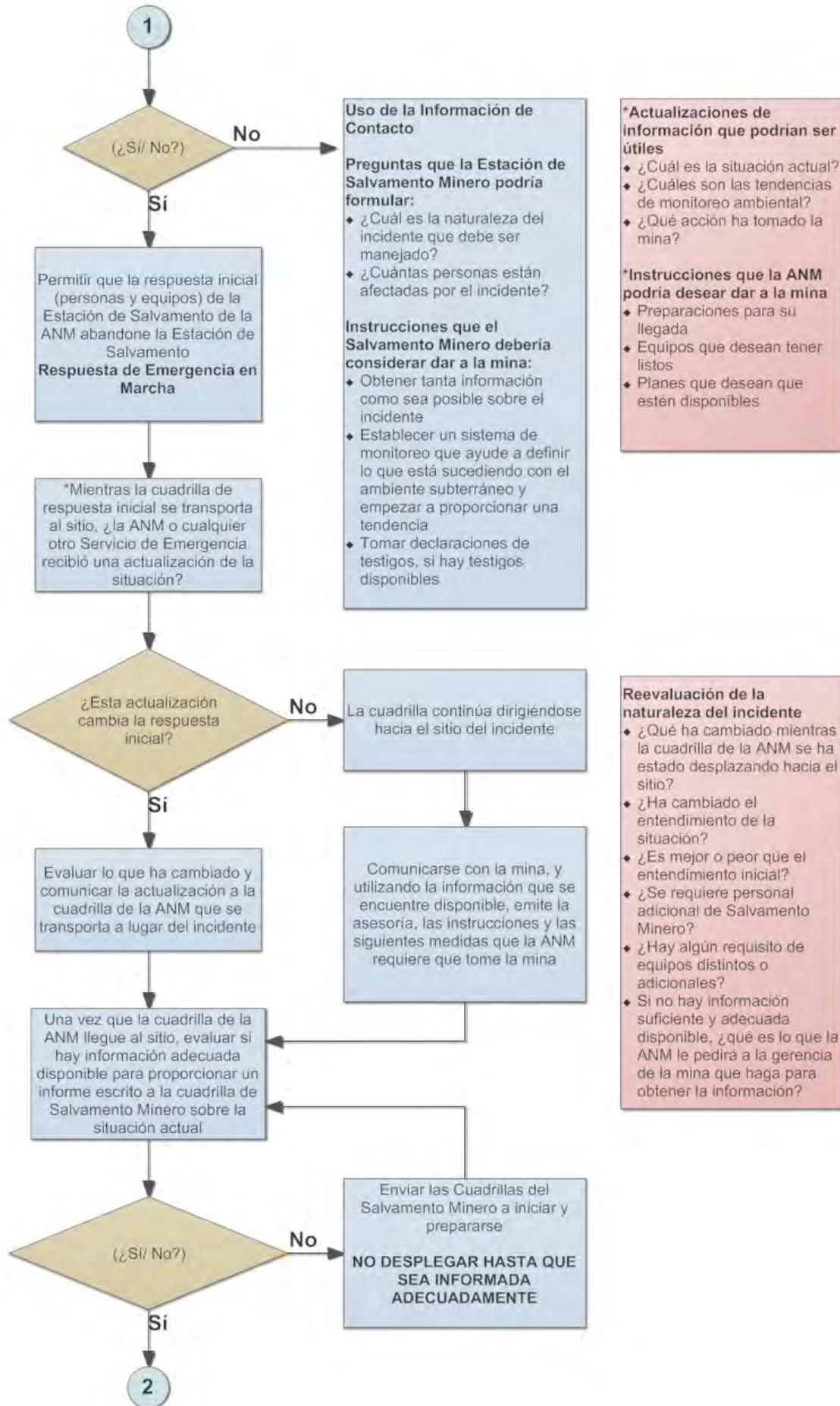
Esta sección proporciona un diagrama de flujo que fue diseñado para ayudar en la toma de decisiones en fases críticas del salvamento, a saber:

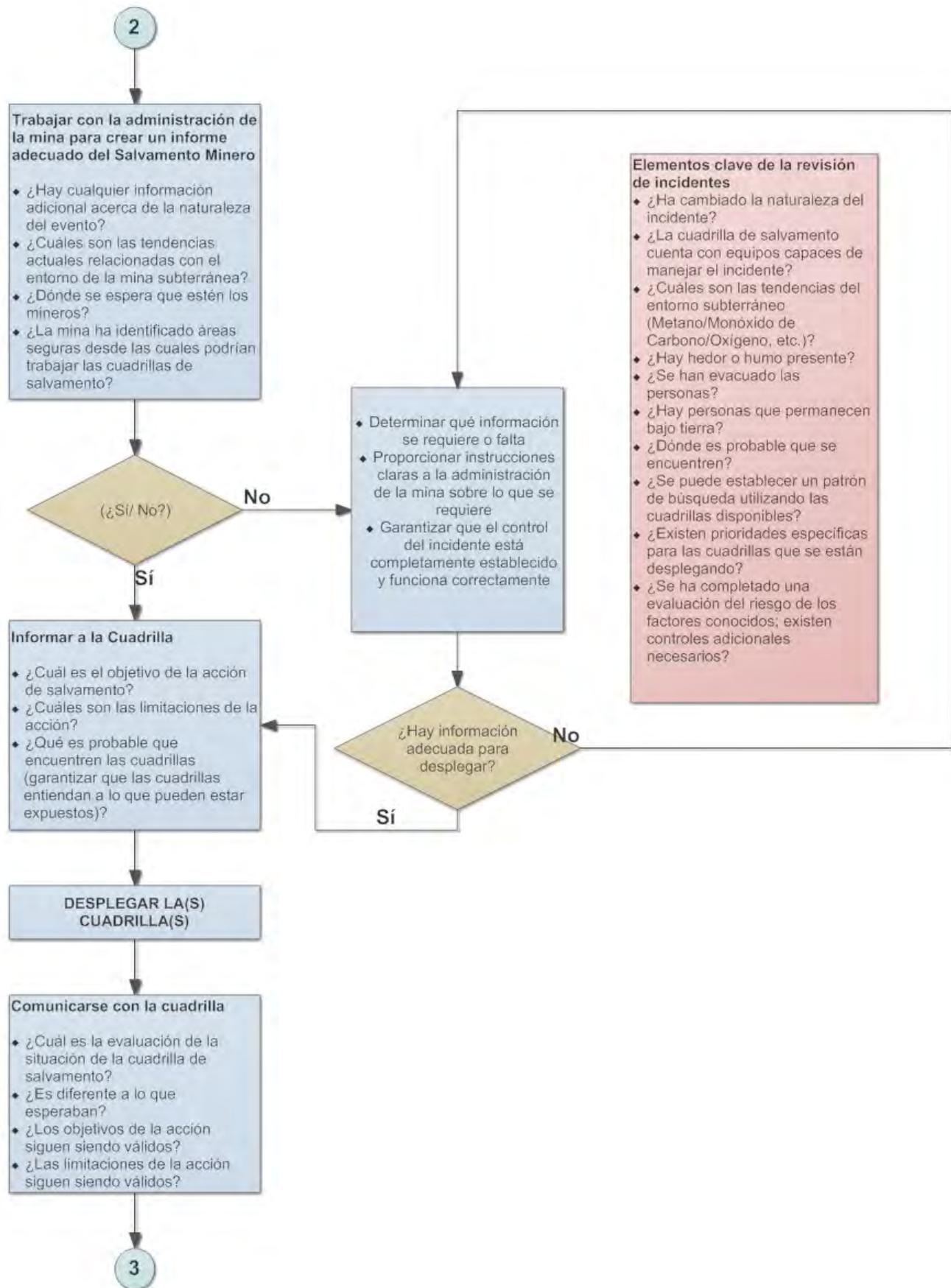
1. En el momento en que se recibe la llamada inicial, y;
2. Antes del despliegue

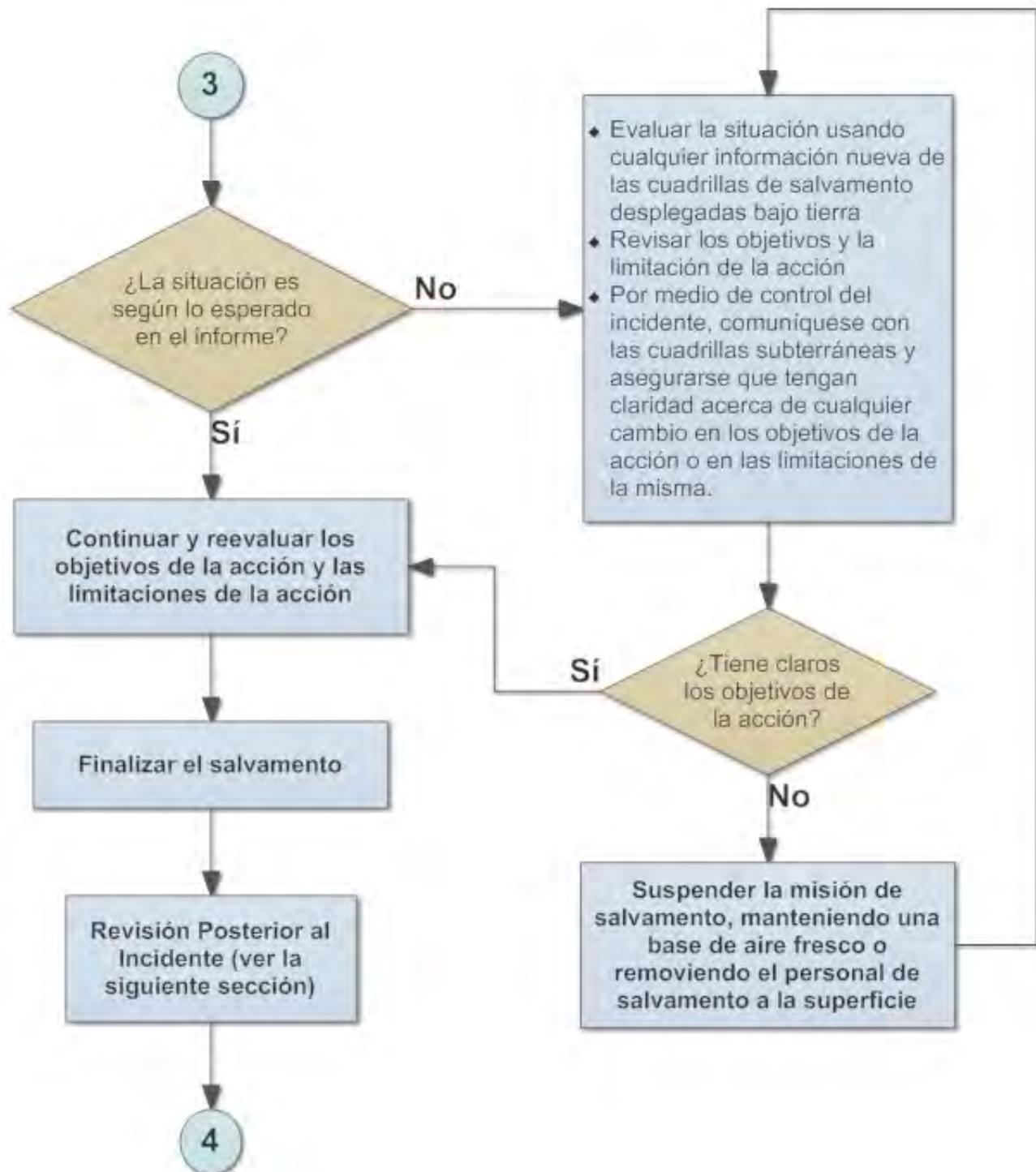
El diagrama de flujo también plantea una ruta para ofrecer informes efectivos después del despliegue de una cuadrilla de salvamento minero, con el fin de garantizar que:

1. Se identifique y se maneje de forma efectiva cualquier problema que potencialmente pueda afectar la capacidad de un socorredor minero para actuar adecuadamente (por ejemplo, el Estrés Posttraumático).
2. Se identifique cualquier problema que haya afectado la efectividad y la eficiencia del esfuerzo de salvamento minero y, según corresponda, se revise la eventual necesidad de introducir ajustes a las directrices, normas y planes de lecciones previstos para el entrenamiento. (Diagrama de Flujo de Salvamento, elaboración Propia)









Revisión Posterior a un Incidente

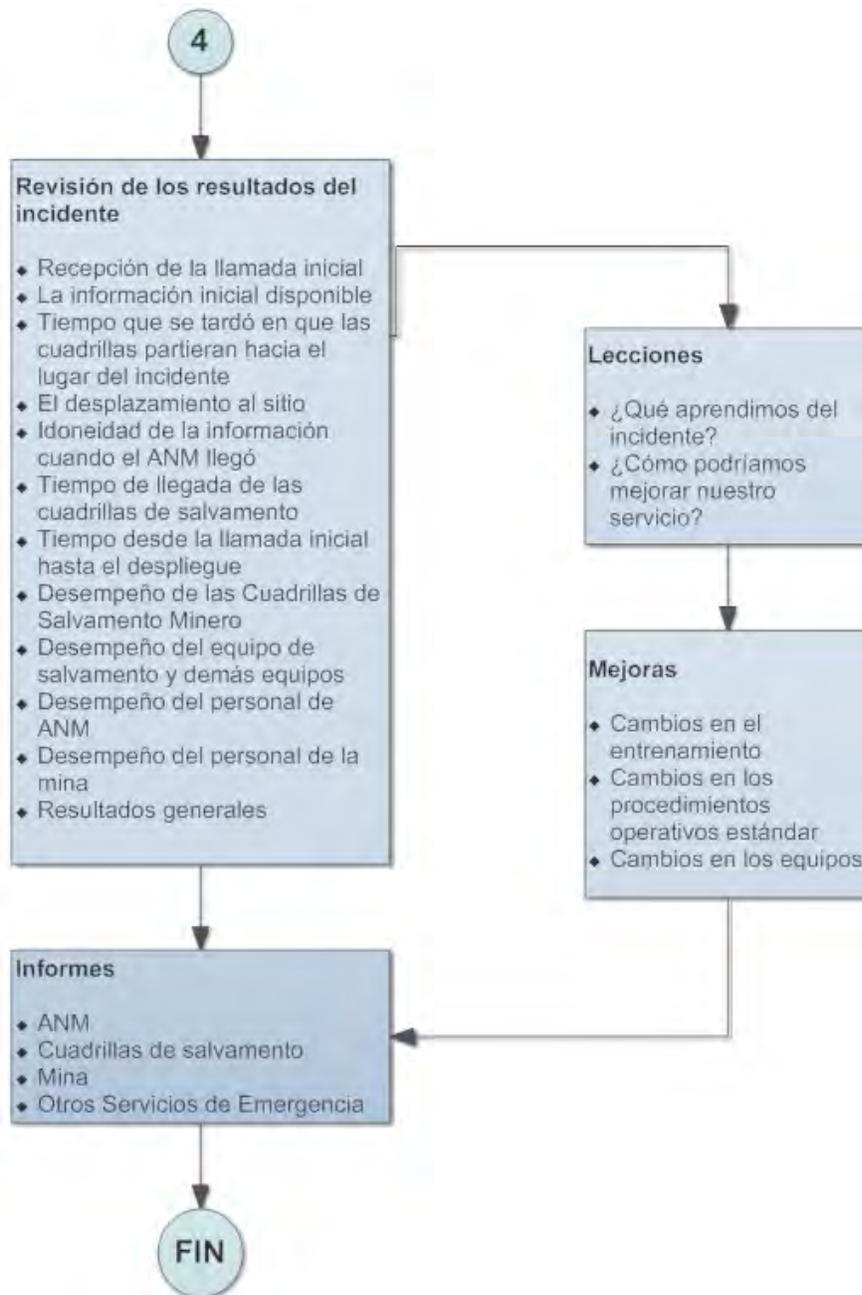
Una vez se haya completado el salvamento o incidente, se deberá realizar una revisión de las acciones ejecutadas y los resultados obtenidos tan pronto como sea posible. La revisión posterior al incidente se realizará con los objetivos clave de:

1. Tratar de establecer el motivo por el cual ocurrió el incidente (esto no hace parte de la mejora en la respuesta de salvamento, pero es importante para que la administración local de la mina y los operadores de la mina puedan tomar mayores medidas preventivas en el sector)

[si se hace alguna referencia a la investigación de incidentes, se puede hacer aquí]

2. Establecer la efectividad de la respuesta de salvamento

3. Documentar cualquier resultado clave del salvamento de manera que los lineamientos, estándares y entrenamiento se puedan mejorar continuamente



Evaluación de Incidentes

La naturaleza de una situación de emergencia puede significar que cada una es levemente diferente, y por lo tanto es casi imposible desarrollar un enfoque estándar para manejar una emergencia. Sin embargo, es posible desarrollar un enfoque común para el desarrollo de la comprensión inicial y la reacción inicial frente a la mayoría de los principales peligros mineros.

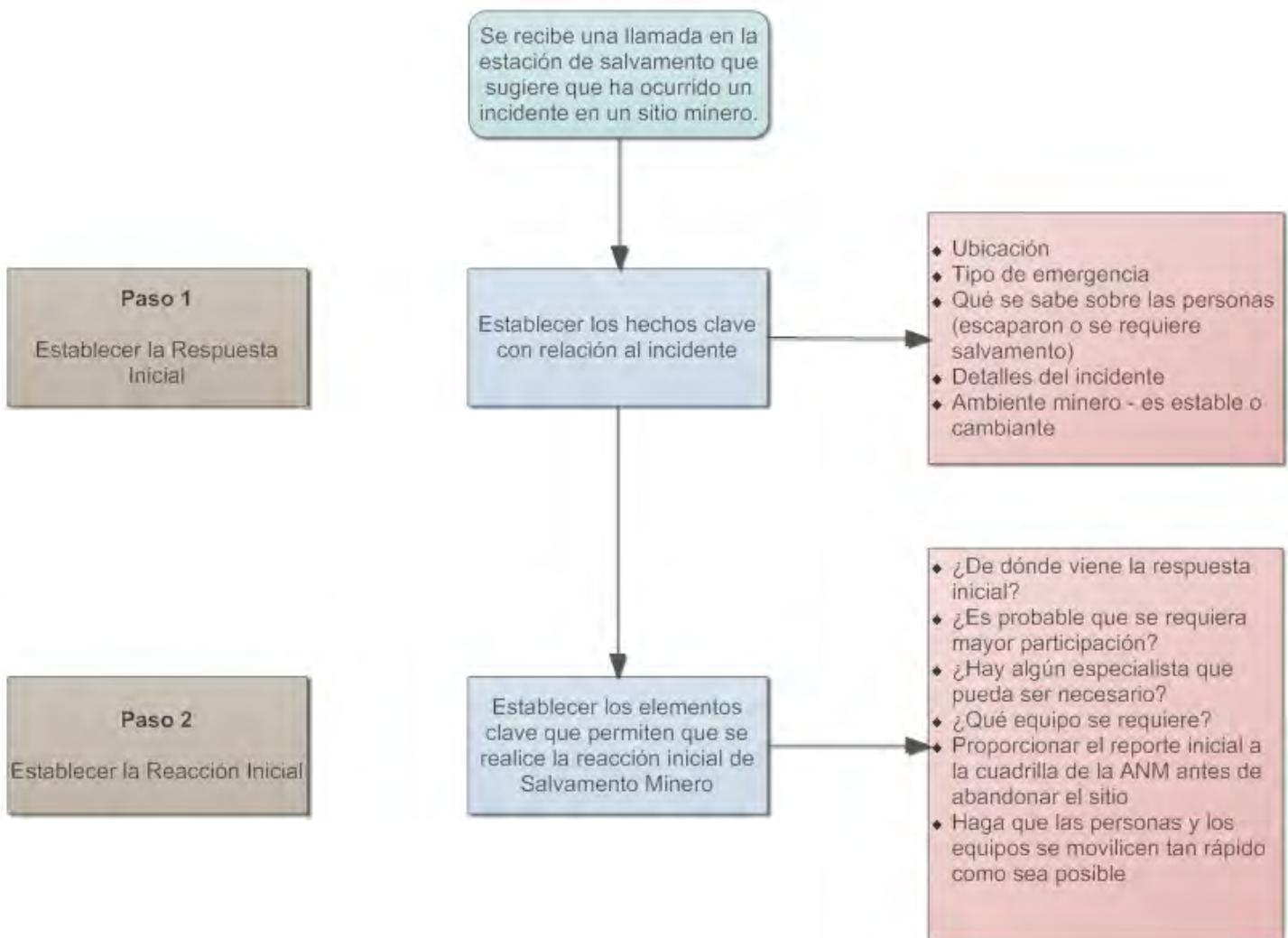
Esta sección considera que los principales peligros mineros son:

- Incendios subterráneos
- Explosiones subterráneas
- Control de suelo/deslizamiento
- Derrumbes
- Caídas de altura

Esta sección no tiene en cuenta los elementos que contribuyen a las principales amenazas mineras (especialmente incendios y explosiones subterráneas). Las áreas, por lo tanto, no cubiertas incluyen:

- Problemas mecánicos
- Problemas eléctricos

Diagrama de Flujo Evaluación de Incidentes, (Elaboración propia)

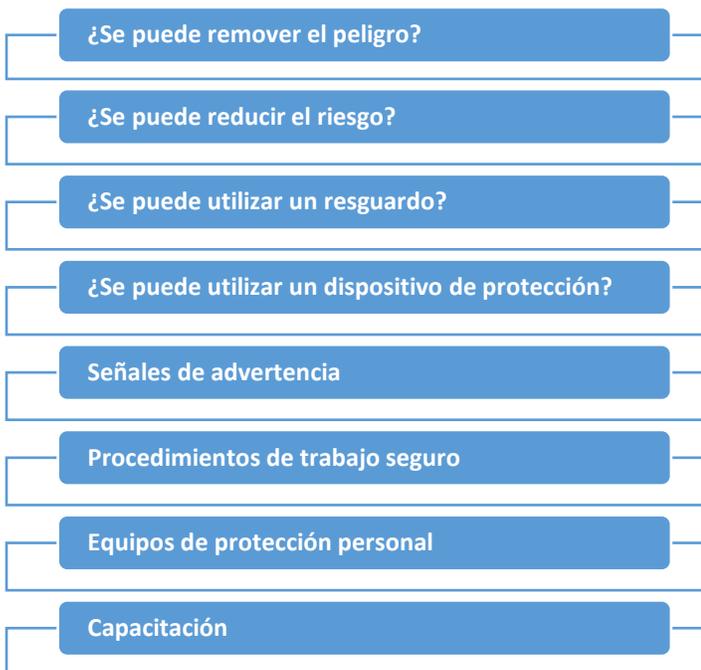


Emergencias causadas por Aspectos mecánicos

Si no se pueden reducir los riesgos relacionados con peligros mecánicos a través del diseño, entonces estos peligros deben ser aislados de los mineros mediante la introducción de zonas que garanticen que se mantenga una distancia razonable entre estos y la maquinaria móvil o en operación, o mediante la introducción de resguardos que mantengan una distancia segura entre la zona de peligro y los mineros, reduciendo así el acceso a la zona de peligro. Para que los resguardos sean efectivos, deben diseñarse y ajustarse para garantizar que ninguna parte del cuerpo del minero pueda acceder a la zona de peligro y se mantenga fuera. Hay sistemas detectores de proximidad disponibles que pueden utilizarse en equipos móviles y que apagarán las funciones de desplazamiento y de vaivén de la máquina si una persona que porta un señalador de proximidad se acerca a la zona “roja” o de peligro.

Para reducir los riesgos a un nivel aceptable, se debe seguir el siguiente diagrama de flujo:

Figura 3.7 – 1 Diagrama de flujo cómo reducir el riesgo mecánico



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Definiciones:

Dispositivo de protección:	Medio de protección diferente a un resguardo
Confiabilidad (de maquinaria):	El grado con el que las máquinas están disponibles para operar según lo esperado, sin contar los requisitos de tiempo de mantenimiento planeado. Cualquier reactivación de equipos mecánicos.
Inicio inesperado o involuntario:	Cualquier reactivación de equipos mecánicos.
Resguardo de seguridad:	Mecanismo o dispositivo de seguridad.
Medidas de diseño inherentemente seguro:	Dispositivos de protección incorporados a un dispositivo mecánico.
Resguardo:	Barrera física entre el minero y el dispositivo mecánico (puede ser permanente o temporal).
Resguardo móvil:	Resguardos que se pueden abrir sin herramientas.
Resguardo interconectado:	Resguardo que desactiva la máquina cuando es retirado.
Zona de peligro (o roja):	Cualquier espacio, al interior o alrededor del dispositivo mecánico, en el que un minero está expuesto a un peligro.
Energía Cinética:	Energía de movimiento contenida en un dispositivo mecánico (un carro de mina en movimiento).
Energía potencial:	Energía contenida en un dispositivo mecánico (un carro de mina en la parte alta de un inclinado), incluyendo presión, resortes comprimidos, gravedad, energía química, energía térmica, etc.

3.7.1 Riesgos mecánicos en labores mineras subterráneas.

Los peligros de equipos mecánicos que pueden representar un riesgo bajo tierra son:

- Elementos móviles (máquinas o partes mecánicas).
- Componentes eléctricos (ver sección eléctrica).
- Calor.
- Fricción.
- Incendio (como grasas o aceites hidráulicos).
- Ruido.
- Vibración.
- Alineación (especialmente respecto a bandas transportadoras).

Los peligros mecánicos se clasifican según el tipo de energía que involucran, de la siguiente manera:

- Energía cinética por masa y velocidad (dispositivos mecánicos en movimiento bajo control o fuera de control).
- Energía potencial, acumulaciones de energía contenida en los dispositivos mecánicos, producida por:
 - Componentes elásticos (resortes).
 - Gases y líquidos a presión (hidráulica, neumáticos, etc.).
 - Efecto de la presión de vacío.
 - Gravedad.
 - Química y térmica.

Peligros relacionados con componentes y herramientas:

- Componentes o herramientas móviles.
- Ubicación relativa de los componentes y herramientas móviles respecto a los mineros.
- Contacto durante la operación (herramientas, maquinaria, bandas transportadoras, presión del aire, etc.).
- Diseño, reparaciones, modificaciones o mantenimiento deficientes, creando un riesgo de rotura.
- Forma peligrosa (cortante, puntiaguda, acabado irregular).

Peligros relacionados con la gravedad (energía potencial)

- Masa y estabilidad – mineros cayendo de alturas (abordadas en la Sección Caídas, 3.8). Un carro de mina en una pendiente, o bloqueando indebidamente una máquina a ser reparada.

Peligros por el uso de electricidad – Ver detalles en la Sección Eléctrica, 3.6.

Peligros Térmicos

- Extremos de temperatura en maquinaria (tanto caliente como fría).
- Riesgo de ignición debido a la presencia de gases.
- Obras en caliente durante reparaciones – soldadura, cortado.

Ruido – controlado por un diseño atenuante, cerramientos u orejeras o tapones de protección personal.

Vibración

- Efecto directo sobre el cuerpo humano tanto para impactos crónicos a la salud en el largo plazo y lesiones agudas de corto plazo.
- Lleva a fallos en las máquinas y a la explosión de partes.

Peligros relacionados con materiales, productos y contaminantes utilizados por los dispositivos mecánicos.

- Dañinos, tóxicos, corrosivos, reactivos, húmedos, teratogénicos, cancerígenos, mutagénicos o irritantes (por ejemplo, químicos de procesamiento de minerales, solventes, aceites y desechos de aceites).
- Materiales infecciosos (son muy limitados en minas, excepto por los procedimientos de Aislamiento de Sustancias Corporales necesarios durante las acciones de Primeros Auxilios).
- Material combustible.
- Material inflamable.
- Material oxidante o explosivo.
- Gases o fluidos presurizados, etc.
- Partículas o esquirlas proyectadas.

Peligros de naturaleza ergonómica

- Postura, repetición de fuerzas, manejo manual.
- Iluminación deficiente o inadecuada.
- Visibilidad del operador inadecuada.
- Control de acceso deficiente.
- Naturaleza confinada de la zona de trabajo.
- Falta de reconocimiento de peligros.
- No utilizar los EPP o no utilizarlos correctamente.

Los daños mecánicos a los mineros pueden ser:

- Lesiones por aplastamiento (tratamiento especial debido a la potencial ubicación remota y dificultades de transporte).
- Atrapamiento en un dispositivo mecánico.
- Lesiones por inyección a presión.
- Lesiones oculares.
- Lesiones de postura (especialmente en la columna).
- Heridas o abrasiones o quemaduras.
- Pérdida de extremidades.
- Muerte.

La gran mayoría de estas deberían eliminarse mediante el diseño. Las acciones mencionadas a continuación deberían reducir el riesgo de los peligros a un nivel aceptable.

3.7.2 Acciones para controlar el riesgo mecánico.

Los dispositivos mecánicos deben estar diseñados para ser utilizados con seguridad en un entorno subterráneo. Todos los dispositivos mecánicos deben pasar por una evaluación de riesgos antes de ser instalados y operados en un entorno minero. A continuación, se mencionan algunos de los procedimientos normales de mitigación de peligros para máquinas fijas, móviles y a presión que se deben considerar:

3.7.2.1 Principios para controlar el riesgo mecánico

Resguardos

Los resguardos deben diseñarse y fabricarse teniendo en cuenta los siguientes principios:

- No debe introducir peligros adicionales como riesgo de cortes, atrapamiento o aplastamiento.
- No debe dificultar la operación de la máquina por el operario.
- Los resguardos removibles, previstos para procedimientos de mantenimiento, deben tener dimensiones, peso y manejabilidad adecuados para este propósito.
- En tanto sea posible, los resguardos deberían tener interconexión con el suministro de potencia a la máquina, para que no sea posible operarla cuando el resguardo no está instalado y lo está inapropiadamente.
- Deben tener en consideración los efectos ambientales a que pueden verse sometidos tales como humedad, polvo, impacto de materiales, etc.
- Debe operar adecuadamente aun cuando el equipo sea operado de forma incorrecta o en un propósito diferente al previsto.
- Deben permitir la visibilidad adecuada para la correcta operación del equipo.
- Deben permitir la inspección del equipo para mantenimientos preventivos.
- No deben obstruir la detección de las fallas eventuales que puedan presentarse.
- Debe ser tan transparente como sea posible, elaborado en malla o material perforado.
- Su color debe corresponder con el código de color adoptado por la mina para resguardos (si tal código está establecido)
- El color debe mejorar el contraste para ver a través de él; debería ser de color más oscuro que el equipo.

Los equipos móviles deben contar con un resguardo que permita asegurarlo para evitar su desplazamiento involuntario por accionamiento accidental de los

controles o por efectos de la fuerza de gravedad en una pendiente.

Hay dos tipos de resguardos:

Resguardos fijos: para cerrar, crear una distancia entre los mineros y los dispositivos mecánicos y para evitar el contacto.

Resguardos móviles: interconectados, con energía eléctrica, automáticos.

Un resguardo fijo (protector permanente) solo puede removerse con la asistencia de una herramienta o no puede removerse. Un resguardo fijo de cerramiento protege el acceso a la zona de peligro desde todas las direcciones. Un resguardo fijo a distancia no encierra el dispositivo mecánico, pero evita acceder al mismo debido a sus dimensiones y a la distancia de la zona de peligro. Un resguardo de contacto se coloca cerca de un punto de contacto móvil para evitar el acceso a la parte móvil (como los rodillos de una banda transportadora) y la zona de peligro.

Los resguardos móviles se deben instalar donde su remoción o movimiento temporal sea esencial para la operación del dispositivo mecánico o para la operación de la mina.

Algunos ejemplos de este tipo de resguardos son:

- Se requiere acceder al dispositivo mecánico para un mantenimiento programado. El dispositivo mecánico debe ser aislado eléctricamente y bloqueado (ver la sección eléctrica) antes de remover el resguardo. Idealmente, estos estarían diseñados de tal manera que un dispositivo mecánico no puede recibir energía hasta que se reinstale el resguardo.
- Un dispositivo mecánico de cambio de carril tiene que ser retirado o movido para permitir que los carros de la mina descendan por un inclinado (puede ser manual o eléctrico y/o automático).

Es posible instalar una combinación de resguardos, especialmente donde hay un alto nivel de riesgo. Por ejemplo, una máquina que tenga un resguardo de contacto instalado para proteger a los mineros de una parte móvil. También puede tener un resguardo de

distancia para evitar el acceso. El resguardo de distancia puede tener una interconexión para remover la energía eléctrica del dispositivo mecánico. Algunas máquinas tienen interruptores de hombre muerto que evitan que el operario ocupe ubicaciones peligrosas cuando la máquina está en funcionamiento. Se utilizan palancas o botones de parada de emergencia para detener una máquina de forma inmediata.

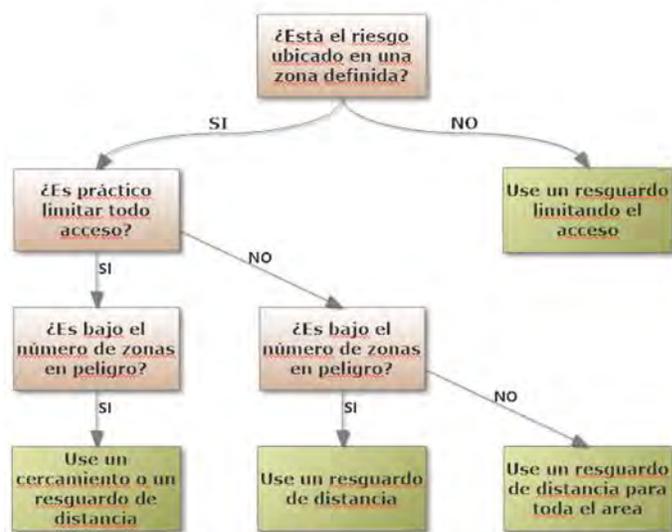
Otros principios

Todos los dispositivos mecánicos deben recibir mantenimiento según lo requerido por el fabricante para controlar el riesgo de calor, ruido y vibración.

Todos los dispositivos mecánicos (incluyendo bandas transportadoras) deben ser inspeccionados regularmente para eliminar el riesgo de fricción e incendio. Todos los derrames de materiales (sólidos o líquidos) deben ser eliminados tan pronto como sea posible y es imperativo ubicar su causa y realizar las reparaciones necesarias para eliminarlo.

Figura 3.7 – 2 Selección de resguardos

Selección de Resguardos



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

La alineación de las bandas transportadoras debe revisarse regularmente y se deben diseñar e instalar puntos de transferencia que eliminen derrames. Un cruce por arriba o por debajo debe tener un resguardo

para evitar que los mineros queden atrapados en los rodillos o los bordes desgastados de la cinta de las bandas. Si los cruces de la banda no tienen resguardos, se debe detener la banda para cruzarla. Los “cordones” de parada de emergencia ubicados en el costado de la estructura de la banda, son usados para detener la banda cuando sea necesario. Las vías por las que se instala una banda transportadora deben ser lo suficientemente anchas como para llevar o arrastrar una camilla y debe haber un mínimo de 24” entre las bandas. Se necesitan precauciones especiales si los mineros utilizan las bandas como medio de transporte para entrar o salir de la mina.

La mejor manera de eliminar los peligros y riesgos de los problemas mecánicos es asegurando la implementación de altos estándares y un buen mantenimiento por parte de los operarios y mineros.

Si se toman las acciones anteriores de forma sostenida, el riesgo de aprisionamiento en el dispositivo mecánico debería reducirse a un nivel aceptable.

Dispositivos mecánicos móviles

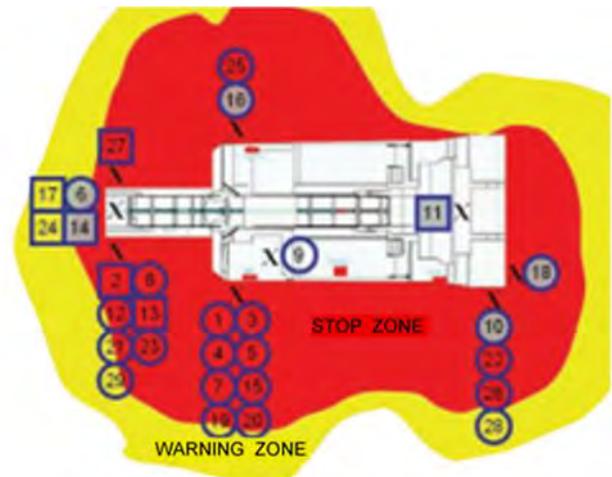
Siempre que un dispositivo mecánico esté diseñado para moverse, tal como un vehículo de producción o transporte, se debe controlar la interacción entre el dispositivo, el operario y otros mineros.

El operador de la mina debe realizar una evaluación de los riesgos y describir las medidas de control requeridas para minimizar el riesgo para los mineros. En todo momento, el operario de un dispositivo mecánico debe saber la posición de todos los mineros en la zona “roja” de peligro, y debe tener conocimiento de la ubicación de todos los mineros en la zona alrededor del dispositivo mecánico. Los mineros en la zona de peligro deben ser conscientes de su posición y asegurarse de que el operario del dispositivo mecánico conoce y reconoce su posición. Bajo circunstancias normales, nadie debería estar en la zona ROJA o de peligro mientras que la máquina se está desplazando o haya un brazo mecánico oscilando. Dado que muchas máquinas móviles de minería se controlan remotamente y han ocurrido múltiples accidentes mortales cerca de máquinas móviles, la zona ROJA se utiliza para alertar a los

operarios y ayudantes sobre la necesidad de mantenerse alejados según lo menciona Zeiler en la Figura 3.7 – 3 [Zeiler 2006]. Nótese que cada uno de los 29 números en la figura representa un accidente fatal.

La clave para controlar el riesgo anterior es la actitud y el comportamiento. Cualquier minero con una actitud errada frente al riesgo, por ejemplo, alguien que toma riesgos inaceptables, no debe trabajar cerca de la maquinaria. Similarmente, un minero con comportamientos inadecuados, como su posicionamiento alrededor de la maquinaria, no debe trabajar cerca de la misma.

Figura 3.7 – 3 Zona Roja (detención) y amarilla (de advertencia) alrededor de un minero continuo mostrando donde han ocurrido accidentes mortales



Fuente: Zeiler, 2006

Dispositivos de presión (aire comprimido, hidráulicos con aceite o agua)

Las medidas de control para minimizar el riesgo de aire comprimido se basan en el aislamiento, incluyendo el bloqueo de la red en el sitio, para garantizar que la energía almacenada (presión) se disipe antes de comenzar cualquier intervención en la red misma o en los equipos conectados. Los equipos de la mina pueden utilizar presiones muy altas (de hasta 300 bar) en sistemas hidráulicos de los equipos mecánicos. Si hay una fuga en un sistema de alta presión, el chorro o fluido puede cortar la piel u otros materiales. Es importante confirmar, mediante una

válvula abierta o puerto de acceso, que toda la presión se ha liberado antes de remover cualquier junta o hacer cualquier cambio.

En el caso de líneas de aire comprimido, el principal método de control es el aislamiento mediante el cierre de válvulas y la verificación de que el aislamiento es efectivo. Los mineros deben asegurarse de que toda la energía almacenada, como la que se encuentra en las tuberías, se disipe antes de iniciar los trabajos. Una mina puede tener una gran red de tubería de aire comprimido, por lo que despresurizarla por completo sería poco práctico. Por lo tanto, se cierran las válvulas de aislamiento de manera que solo se despresurice la parte en la que se trabajará.

Todas las líneas de aire comprimido deben tener protección anti-látigo, tal como líneas de seguridad adecuadamente fijadas para minimizar el riesgo de que un minero sea golpeado si un conector llegará a soltarse. Esto se puede evitar colocando cables a través de la conexión en agujeros suministrados para cables de seguridad. Se debe tener precaución para minimizar la liberación de partículas de polvo y metal en el entorno de la mina. Todas las líneas de aire comprimido deben estar conectadas a tierra para minimizar el riesgo asociado con electricidad estática cuando se separen moléculas disímiles, tales como el aire a presión que pasa por una tubería metálica.

Señalización

Un elemento fundamental en el control del riesgo mecánico es la advertencia al minero sobre la presencia del riesgo.

Objetivo.

El objetivo de las señales de seguridad es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se presenten riesgos mecánicos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro potencial. Las señales de seguridad no eliminan por sí mismas el peligro, pero dan advertencias o directrices que permitan aplicar las medidas adecuadas para prevención de accidentes.

Las señales de seguridad según su tipo se clasifican en:

- De advertencia o precaución
- De prohibición
- De obligación
- De información y
- De salvamento o socorro

Figura 3.7 – 4 Clasificación y colores de las señales de seguridad

Tipo de señal de seguridad	Forma Geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia o precaución	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o Azul	-
Información contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-	-
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o verde	-

Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

Figura 3.7 – 5 Señal común de riesgo de atrapamiento



Fuente: NTC 1461

Para conocer más sobre la señalética de los riesgos, no solo de riesgo mecánico sino de toda índole, el lector interesado puede consultar el artículo 6 del Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas vigente y las normas contenidas en la NTC 1461 sobre señalización en higiene y seguridad.

Figura 3.7 – 6 Algunas señales de seguridad



Fuente: Universidad Cayetano Heredia – Prevención de riesgos laborales

3.7.2.2 Acciones o métodos de salvamento para controlar el riesgo mecánico

El operador de la mina debe mantener un esquema escrito y actualizado para la inspección, mantenimiento y prueba sistemática de toda la maquinaria y los equipos mecánicos de la mina, con el objetivo de garantizar la salud y seguridad de los mineros (y otras personas) que trabajan en la mina. Deben garantizar que, cuando sea apropiado, se elaboren informes escritos sobre las inspecciones y que cada informe registre los defectos significativos y los pasos a tomarse para corregirlos. Deben garantizar que los pasos propuestos contenidos en dicho informe se tomen tan pronto como sea posible y que los pasos tomados sean apropiados y efectivos.

Deben garantizar que cualquier dispositivo mecánico que sea defectuoso, en la medida en que operarlo o usarlo aumente el riesgo de los mineros a un nivel inaceptable, sea aislado con el fin de evitar su uso (planeado o no) hasta que se realicen las reparaciones correspondientes.

El esquema escrito de la evaluación de riesgos para los dispositivos mecánicos debe tener en cuenta:

- Posibles modos de fallo.
- Consecuencias potenciales para la salud y la seguridad en caso de fallo.
- Registro de fallos.
- Recomendaciones del fabricante.
- Deberes – Operación planeada.
- Entorno de trabajo seguro.
- Estándares de la industria.
- Cualquier requisito legal específico.
- Cualquier requisito de capacitación.
- Competencia para operar de forma segura y productiva.

El esquema del operador de la mina debe incluir los procedimientos a efectuar para la introducción de equipo en la mina, especificando el registro del mantenimiento efectuado al equipo y su inspección y prueba. Los registros de las inspecciones y los resultados de cualquier prueba realizada bajo el esquema deben almacenarse de tal manera que estén disponibles en cualquier momento. Los

informes de puesta en marcha de equipos principales, especialmente que involucren el transporte de mineros, deben mantenerse durante la vida del sistema.

Una cámara de imágenes térmicas puede ser útil para encontrar los equipos energizados, las víctimas después de explosiones, puntos calientes en incendios o fuentes de gases más fríos o más calientes. Por lo general se utilizan para ubicar cojinetes calientes, empalmes de cables de cortocircuito, rodillos de bandas transportadoras, aislantes o calor de fricción por parte del departamento de mantenimiento.

Los trabajadores de salvamento en la mina deben cumplir con los requisitos de este capítulo respecto a los controles de los equipos mecánicos en todo lo relacionado con la salud y la seguridad. No se tiene previsto que el salvamento minero esté involucrado con problemas de producción respecto a problemas mecánicos. Dicho esto, habrá momentos en los que será necesario aislar los equipos mecánicos, remover los resguardos para obtener un mejor acceso a las víctimas y, en ocasiones, puede ser necesario mover o utilizar la maquinaria para acceder a las víctimas.

La remoción de resguardos se debe lograr siguiendo las reglas y las buenas prácticas respecto al aislamiento y garantizando que la remoción de los resguardos no aumente el riesgo para los trabajadores de salvamento. Cuando se requiera una máquina para el rescate, es importante garantizar la competencia del operario que moverá el dispositivo mecánico.

Las competencias adicionales necesarias para el manejo efectivo de problemas mecánicos después de un incidente incluyen:

- Bolsas neumáticas: de diferentes tamaños y presiones.
- Kit de “mandíbulas de vida”: para tirar, levantar, extender y cortar (mecánico).
- Manejo del dolor:
- Kit de amputación.

Nota: Las bolsas neumáticas y los equipos mecánicos para tirar, levantar, extender y cortar estarán sujetos

a todos los requisitos mencionados en la sección de descripción de equipos y capacitación.

3.7.3 Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar el riesgo mecánico en la atención de emergencias mineras

El manejo de incidentes es un proceso que se puede aprender y practicar. La figura 3.7 - 7 muestra la secuencia de pasos que un socorridor debe seguir para prestar ayuda a un minero herido. Una vez se entienda la situación, el socorridor puede necesitar consultar con expertos externos, tales como profesionales médicos, para determinar cuáles son las acciones ideales. La ubicación se debe tornar segura para proteger a los socorridores y a la víctima.

Figura 3.7 – 7 Flujoograma Manejo de Incidentes



Fuente: Mines Rescue Service

Las lesiones se deben estabilizar durante el transporte y en caso de que haya varias víctimas, el cuadrillero debe decidir qué persona será trasladada primero. Se pueden necesitar equipos adicionales. La víctima es puesta sobre una camilla o un dispositivo SKED, para protegerla de lesiones adicionales innecesarias durante el transporte. La camilla es evacuada a una ubicación segura, donde se pueda prestar asistencia apropiada y la persona se entrega a la entidad médica presente. Después de que se

resuelva el incidente, se debe elaborar un informe para documentar las acciones tomadas. Este informe es necesario para usos administrativos y puede ayudar a analizar la causa de la lesión para que la misma pueda prevenirse en el futuro.

Existen incidentes mineros que requieren habilidades, actitudes y comportamientos especiales por parte de los socorredores. A saber:

- Aplastamiento (minero atrapado– dispositivo mecánico).
- Inyección de alta presión.
- Alivio del dolor.
- Kit de amputación.
- Transporte.

Las lesiones por aplastamiento son causadas dispositivos mecánicos que tienen la posibilidad de atrapar a una persona o de golpearla y aplastarla como resultado de su movimiento.

Figura 3.7 – 8 Minero atrapado en un dispositivo



Fuente: Agencia Nacional de Minería

Acciones para heridas por aplastamiento

Liberar al minero tan pronto como sea posible. Si esto no se puede lograr dentro de una hora, debido a la

¹El Equipo de Respuesta Médica Especial de Pensilvania: En caso de un incidente de rescate minero, el SMRT tiene un equipo de proveedores de servicios médicos avanzados (médico, enfermera y paramédico) que cuentan con el apoyo de especialistas en logística con la capacitación para complementar a los equipos de salvamento minero de la Oficina de Seguridad en Minas Profundas del Departamento de Protección Ambiental de Pensilvania (DEP). Estas personas han tomado la nueva capacitación en minas y el entrenamiento especializado que los miembros de los equipos de rescate en minas de la industria

acumulación de toxinas detrás del punto de aplastamiento o aprisionamiento del cuerpo, entonces:

- Si es posible, llevar un médico clínico entrenado a lugar donde está la víctima.
- Si es posible, canalizar e introducir un goteo intravenoso.
- Utilizar un torniquete para hemorragia catastrófica (utilizar un agente hemostático para detener el sangrado)
- Utilizar un analgésico (Entonox) para tratar el dolor.
- Materiales coagulantes (agente de control de sangrados fuertes).

Nota: En casos extremos, puede que para salvar la vida del minero sea necesario remover extremidades para liberar al minero. Se debe garantizar que el kit de amputación se mantenga tan estéril como sea posible y que sea utilizado por un médico clínico siempre que sea posible. En condiciones muy extremas, como cuando se realiza un rescate utilizando respiradores, la amputación debe ser realizada por el socorredor. Esto solo debe realizarse por un socorredor que tenga la actitud y el comportamiento apropiados para esta tarea (garantizar que se proporcione seguimiento psicológico requerido para el socorredor y el equipo). En algunas jurisdicciones se capacita a los doctores y enfermeras en el uso de respiradores, de manera que puedan ser desplegados si ocurre una emergencia médica grave. El Equipo de Respuesta Especial a Emergencias de Pensilvania¹ entrena con equipos de salvamento minero para practicar “Buena Medicina en Lugares Difíciles”.

Acciones para lesiones por inyección a alta presión

deben tomar. Este entrenamiento se enfoca en el uso de respiradores Draeger BG4 de circuito cerrado, tácticas de rescate y técnicas de preparación y remoción del paciente. Además de los miembros que han tomado el entrenamiento especializado, los otros individuos utilizan su experiencia para brindar atención médica avanzada junto al personal de rescate en minas, otros asistentes y otras personas involucradas directa o indirectamente con el incidente en la mina. <http://www.smrteam.com/index.html>

- Hacer que el área inmediata sea segura y garantizar el aislamiento de la causa de la lesión por alta presión.
- Coordinar el transporte inmediato del minero herido.
- Limpiar, inmovilizar y elevar la extremidad afectada.
- No se deben dar alimentos ni líquidos a la víctima.
- Transportar tan pronto como sea posible, con la extremidad afectada elevada, si es posible.
- Determinar cuál fue el fluido exacto involucrado en el incidente.
- Tomar una muestra del fluido.

La víctima no debe permanecer sola en ningún momento.

Figura 3.7 – 9 Coagulante para grandes heridas



Fuente: Mines Rescue Service

El entorno subterráneo puede dificultar la ayuda al minero herido. El rescatista de la mina debe cumplir con la siguiente regla:

“Eliminar el riesgo de la víctima o remover a la víctima del riesgo”

Siempre es preferible eliminar el riesgo que amenaza al minero herido, ya que esto protegerá a los rescatistas. Esto no siempre es posible en minería, debido al entorno de la mina, especialmente durante un incidente de emergencia. Por lo tanto, la única opción disponible para el rescatista es transportar a la víctima tan pronto como sea posible, hacia un lugar en donde recibirá ayuda adicional por parte de especialistas.

Figura 3.7 – 10 Heridas por inyección en la mano



Fuente: Mines Rescue Service

Figura 3.7 – 11 Socorredores preparando una víctima para transporte en una camilla SKED



Fuente: Mines Rescue Service

Figura 3.7 – 12 Personal médico entrenando en rescate vertical



Fuente: Mines Rescue Service

Uno de los mejores métodos para lograr esto es el sistema de rescate SKED, el cual tiene las siguientes ventajas:

- Facilidad de transporte al lugar del incidente.
- Rescate vertical.
- Rescate horizontal.
- Capacidad para espacios confinados (se puede arrastrar).
- Puede ser utilizado junto con el collarín de extricación, férula dorsal, férulas, equipos de resucitación y Entonox.

Figura 3.7 – 13 Sistema SKED



Fuente: Mines Rescue Service Ltd

Figura 3.7 – 14 Collarín cervical de extricación



Fuente: Mines Rescue Service

El equipo SKED, bolsa de transporte y collarín de extricación se utilizan para transportar víctimas y garantizar la protección del cuello.

3.7.4 Equipos utilizados en la atención de emergencias mineras causadas por aspectos mecánicos

Las especificaciones detalladas de los equipos, su uso, las indicaciones de mantenimiento preventivo y los accesorios se incluyen en el Capítulo 4 EQUIPOS.

La matriz que se encuentra a continuación (Tabla 3.7 - 1) denominada Requerimientos Mínimos de Equipos para El Sistema de Salvamento Minero Colombiano ofrece el listado de equipos mínimos recomendados y opcionales para atender las emergencias generadas por aspectos mecánicos según lo descrito anteriormente.

Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Mecanicas Cap 3.7
Protección Respiratoria			
1	Aparato de Respiración de presión positiva de autocontenido regenerativo		0
2	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos		0
3	Autorescatador Tipo Savox		0
4	Autorescatador de Oxígeno Químico 90 Minutos		0
5	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos SSR 30		0
Monitoreo Ambiental			
6	Monitor Multigas de 6 gases		0
7	Retractor para Monitor Multigas		0
8	Anemómetro		0
9	Anemómetro y termómetro		0
10	Higrómetro giratorio y tabla		0
11	Bombas y Tubos de Muestreo		0
12	Bomba y fuelle y Tubos detectores		0
Incendios y Explosiones			
13	Tuberías		0
14	Mangueras contra incendios		0
15	Acoples y accesorios para manguera		0

16	Tubos bifurcados	0
17	Boquillas	0
18	Recámaras de división	0
19	Adaptador de espuma	0
20	Pica contra incendios	0
21	Extintor de Incendios	✓
22	Baldes para Incendios	0
23	Hidrantes contra incendios	0
24	Hidrantes Mineros	0
25	Maquina de Colocamiento	0
26	Cámara de Imagen Térmica	0
Corte y Expansion		
27	Expansor Hidraulico	✓
28	Cortador	✓
29	Herramiento de Combinacion	✓
30	Cilindro hidraulico	✓
31	Bomba hidraulica de mano	✓
32	Manqueras hidraulicas	✓
33	Acoples hidraulicos	✓
34	Cadena	✓
Bolsas de Aire		
35	Cojin neumático (elevador)	✓
Caída de Alturas		
36	Dispositivos de control de descenso automático y manual	0
37	Trípode tipo Airshore	0
38	Descensores manuales	0
39	Cabos o cuerdas de anclaje	0
40	Eslinga de Sujecion	0
41	Absorbedor de energía	0
42	Eslinga con absorbedor de energia	0
43	Línea de vida retráctil	0
44	Trípode	0
45	Winch o Tomo	0
46	Pescante Davit	0
47	Arnés de Cuerpo Completo	0

48	Trípode flexible y adaptable con marco tipo A y sistema de soporte	0
49	Correas	0
Primeros Auxilios y Recuperacion		
50	Sistema de Rescate (Camilla Sked)	✓
51	Camilla de canasta	0
52	Camilla rígida	✓
53	Cobijas	✓
54	Collarín	✓
55	Cobijas de arrastre	✓
56	Resucitador (Tipo Mars)	✓
57	Férulas	✓
58	Bolsas para cuerpos	0
Trauma Primeros Auxilios		
59	1x tarjeta guía	✓
60	Vendajes surtidos	✓
61	20 x vendajes triangulares	✓
62	3 x venda estéril para ojos	✓
63	2 x rollos pequeños de cinta autoadhesiva	✓
64	1 x Tijeras grandes	✓
65	2 x Tijeras pequeñas	✓
66	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
67	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓
68	4 x Resusci aids	✓
69	2 x 500 ml enjuague ocular	✓
70	3 x vendajes superabsorbentes	✓
71	3 x vendajes para sangrado profuso	✓
72	20 x vendajes para heridas grandes	✓
73	6 x vendajes adaptables	✓
74	1 x pulsómetro	✓
75	1 x Torniquete (vendaje triangular alternativa)	✓
76	5 x gazas hemostáticas (coagulante)	✓
Primeros Auxilios Personales		
77	1x tarjeta guía	✓
78	Vendajes surtidos	✓
79	6 x vendajes para heridas grandes	✓
80	2 x venda estéril para ojos	✓
81	6 x vendas triangulares	✓
82	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)	✓
83	8 x pares de guantes quirúrgicos	✓

3.7 Causadas por Aspectos Mecánicos

84	4 x Resusci aids	✓
Caida de Rocas		
85	Puntales	O
86	Palancas de fricción	O
87	Palancas hidráulicas	O
Herramientas Generales		
88	Caja de herramientas	✓
89	Cortador de pernos	✓
90	Llave de expansión	✓
91	Llave de tubos	✓
92	Segueta y hojas de segueta	✓
93	Martillos	✓
94	Formones	✓
95	Alicates	✓
96	Destornillador plano	✓
97	Destornillador de estrella	✓
98	Cortado/cuchillo stanley	✓
99	Maseta y picas de minero	✓
Proteccion Personal		
100	Protección ocular y anteojos de seguridad	✓
101	Cascos	✓
102	Relojes	✓
103	Tabla de calor y humedad	✓
104	Lámpara Minera	✓
105	Cuerda para línea de vida	✓
106	Botellas de agua	✓
107	Línea de vida personal	✓
108	Piezas livianas de madera	✓
109	Caja de tiza	✓

Comunicaciones		
110	Sistema de comunicación emergencias mineras	✓
Libros, turnos etc		
111	Libro de registro de la base de aire fresco	O
112	Libro de registro del comandante de incidente	✓
113	Libro de registro de superficie	✓
114	Planillas de turnos de cuadrillas	✓
115	Planillas varias	✓
116	Hojas de tiempo	✓
117	Libreta de apuntes	✓
118	Rótulos	✓
119	Señalización para base de aire fresco	O
Otro Equipo y Repuestos		
120	Electrobombas	O
121	Ventilador Axial	O
122	Bomba de trasiego de oxígeno	O
123	Testor 2100	✓
124	Test-it 6100	✓
125	Termómetro	✓
126	Gases para calibración de multidetectores	✓
127	Agua destilada	O
128	Desinfectante para los equipos	✓
129	Secador	O
130	Tablas, tubos y agua	✓
131	Baterías para los bodyguard	✓
132	Tabla para mapas, regla, plumas y lápices	✓
133	Tablas clip	O
134	Registros médico y de entrenamiento socorredores	✓
135	Planillas de chequeo de BG4	✓

✓	Requerido
O	Opcional pero sugerido
A	Detalles proporcionados

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5 Referencias

Equipo de Respuesta Médica de Pensilvania,
<http://www.smrteam.com/index.html>.

Zeiler, Linda [2006] Sistemas de Detección de Proximidad- Seguridad al Interior de la Zona Roja, Edición de octubre/noviembre Coal People Magazine, www.coalpeople.com, consultada el 10/6/16, <http://arlweb.msha.gov/Media/Publications/IntheRedZone.pdf>.





3. Acciones de rescate para la atención de emergencias mineras.



3.8

Causadas por
por caídas a diferente nivel.



Equipos y elementos generales
utilizados en la atención de
emergencias en labores mineras
subterráneas.



4. Equipos y elementos generales utilizados en la atención de emergencias en labores mineras subterráneas.

Introducción - Equipos y Elementos

La selección, uso, mantenimiento y disposición del equipamiento adecuado hace parte esencial de cualquier acción de rescate minero. Contar con los equipos apropiados, conocer sus limitantes y garantizar que se encuentren en óptimo estado de funcionamiento reducirá los riesgos a los que se enfrenta una cuadrilla de salvamento y dará mayores oportunidades de realizar rescates exitosos de personal y activos físicos.

No es el objetivo de esta consultoría listar la totalidad de los equipos requeridos para una acción de salvamento minero ni mucho menos recomendar el uso de marcas específicas. La intención es recomendar equipamiento mínimo requerido y tipos de equipos que apoyarán a la ANM en las acciones de Salvamento Minero.

Con este principio en mente a continuación se encontrará un listado de equipos de protección personal necesarios para realizar acciones de rescate minero, así como equipos de primeros auxilios y una Matriz de Equipamiento mínimo para cada tipo de emergencia minera descrita en las secciones de los lineamientos. Se listarán los equipos recomendados para el momento de despliegue de una emergencia minera que son usados en diferentes países describiendo su nombre, características, principios de funcionamiento, uso y mantenimiento (Cuando estén disponibles). Adicionalmente cuando sea posible se incluirán referencias para que la ANM pueda acceder a los manuales de uso y mantenimiento detallados. El listado de los equipos no pretende remplazar de ninguna manera los manuales de uso y mantenimiento de ningún equipo y la ANM siempre debe recibir de los productores de equipos catálogos en español, exigir entrenamiento teórico y práctico y garantizar que se cumplan las recomendaciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

4.1 Elementos de Protección de Personal necesarios para realizar acciones de Rescate Minero

Equipamiento mínimo de la cuadrilla de salvamento
Equipamiento de protección personal para cuadrilla de salvamento:

- Botas de seguridad
- Trajes resistentes al fuego (Sugerido)
- Pantalones y chaleco resistentes al fuego (para uso en condiciones calientes y húmedas)
- Espinilleras
- Rodilleras
- Cinturón
- Lámpara de casco (intrínsecamente segura)
- Guantes resistentes al fuego
- Protección para los ojos (cuando no se lleve el BG4)
- Tapabocas (cuando no se lleve el BG4)
- BG4 (Puede ser necesarios dependiendo de la emergencia)
- Casco de seguridad (compatible con BG4)
- Protección para los oídos
- Monitor ambiental (por lo menos dos por cuadrilla) Atex clase 1
- Separador – adjunto al MX6 para prevenir la pérdida
- Kit de primeros auxilios (personal)
- Línea de vida
- Higrómetro - para calor y humedad
- Higrómetro giratorio y tabla (sugerido)
- Bomba y tubos para muestras de aire para análisis de laboratorio
- Resucitador tipo Mars
- Comunicaciones (ResCom)

4.2 Equipos de Primeros Auxilios

La cuadrilla de Salvamento Minero debe estar capacitada en primeros auxilios, incluyendo resucitación, manejo del dolor y transporte.



4. Equipos y Elementos Generales Utilizados en la Atención de Emergencias en Labores Mineras Subterráneas

Equipos de recuperación de víctimas (si un miembro del equipo resulta herido):

- Sistema de rescate Sked (camilla) o equivalente para rescate horizontal y vertical.
- Resucitador con cilindro de oxígeno de repuesto.
- Respirador de oxígeno químico (cantidad suficiente para cada minero atrapado)
- Entonox (Su uso se ha recomendado para la ANM aunque actualmente esté en autorización su aplicación en Salvamento Minero)
- Camilla tabla espinal
- Collarín

La base de aire fresco debe estar ubicada tan cerca como sea posible a la zona del incidente, manteniendo la seguridad de la cuadrilla. Los grupos de socorredores de salvamento minero deben ser desplegados desde la base de aire fresco. La base de aire fresco debe contar con una experimentada a cargo, un paramédico con competencia en primeros auxilios, una cuadrilla completamente equipada y un kit de primeros auxilios de trauma deben estar disponibles (esta cuadrilla de reserva será la siguiente en ser desplegada para labores de extinción de incendios). La base de aire fresco debe estar en comunicación constante con la superficie de la mina, donde se debe establecer el control de la emergencia. La base de aire fresco debe estar en comunicación constante con la cuadrilla de salvamento desplegada para extinguir el incendio.

El contenido recomendado del kit de primeros auxilios de trauma se encuentra a continuación:

1	1 x tarjeta de Guía.
2	20 x vendajes triangulares.
3	Curas surtidas y gasas
4	3 x parches oculares estériles.
5	2 x rollos pequeños de cinta.
6	1 x tijeras Grandes 2 x tijeras pequeñas.
7	1 x paquete de impermeables o alfileres de seguridad.
8	8 x pares de guantes.
9	4 x ayudas de resucitación.
10	2 x 500ml de lavajos.

11	3 x apósitos absorbentes maxi-flex surtidos.
12	3 x vendajes Traumafix para grandes sangrados.
13	20 x apósitos para grandes heridas.
14	6 x rollos de vendas (varios 100mm - 50mm).
15	1 x pulsímetro.
16	1 torniquete (alternativamente se pueden usar los vendajes triangulares)
17	5 x gasas hemostáticas (coagulación de la sangre).

A continuación se listan los contenidos del kit personal de primeros auxilios (solo es necesario si un socorredor tiene permitido operar cuando está separado de su equipo).

1	1 x tarjeta de Guía.
2	Curas surtidas.
3	6 x apósitos para grandes heridas.
4	2 x parches oculares estériles.
5	6 x vendajes triangulares.
6	1 x paquete de impermeables o alfileres de seguridad.
7	8 x pares de guantes.
8	4 x ayudas de resucitación.

4.3 Clases de señales aplicadas a las acciones de salvamento minero

Gracias a las mejoras en el diseño de las máscaras y en los aparatos de respiración de presión positiva, es posible para los socorredores comunicarse entre ellos claramente tanto cara a cara como mediante equipos de comunicación. Esto es un gran beneficio para las operaciones de salvamento minero. La dificultad se presenta cuando la comunicación se está intentando en un área con mucho sonido de fondo como un ventilador u otra maquinaria.

Es esencial que las señales entre socorredores se entiendan claramente.

Es entonces beneficioso tener un código de señales que permita que códigos simples sean entendidos y se pueda reaccionar a ellos.

Estas señales son reconocidas para su uso entre miembros de una cuadrilla. Ellas pueden transmitirse por cualquier medio, por ejemplo, hacienda intermitente la luz de la lámpara, golpeando la roca, golpeando una pieza de metal, o mediante un pito sonoro o una corneta, etc.

Para asegurar claridad, el número de señales se mantiene en el mínimo

Comandos del equipo

1. Ayuda

Esta es la señal más importante en salvamento minero. Si se transmite una señal de UNO, es porque alguien está necesitando ayuda inmediata y todos los recursos de la cuadrilla de salvamento deben destinarse a dar esa ayuda.

2. Alto

Esta es la señal que el jefe de la cuadrilla da a su grupo, bien porque han llegado a un sitio determinado o por que el jefe de cuadrilla ha descubierto algo que requiere atención. Esta señal debe ser repetida por la persona al final de la línea que forma la cuadrilla para asegurarse que todos la han entendido.

3. Retirada

Esta señal se da cuando el jefe de cuadrilla ha notado algo que requiere atención, por ejemplo, un incremento rápido de los niveles de metano y considera que la cuadrilla debe regresar a un sitio seguro inmediatamente. El jefe de cuadrilla estará ahora al final de la línea de la cuadrilla hasta que se llegue a un punto seguro. El socorredor al final de la línea cuando se da la señal deberá repetirla para asegurarse de que todo el equipo la ha recibido, será el quien lidere el grupo hasta un sitio seguro.

4. Avance

Cuando todas las revisiones se hayan efectuado y la cuadrilla esté en condiciones de entrar en acción el jefe de cuadrilla dará señal de cuatro. Esta señal deberá ser repetida por la persona al final al final de la línea para asegurarse que ha sido recibida por todos. La cuadrilla deberá avanzar.

5. Llamar la atención

Esta señal puede ser dada por cualquier miembro de la cuadrilla si nota algo que debe ser atendido por el jefe de la cuadrilla u otro miembro.

Las siguientes señales son usadas en conjunto con equipos de comunicación que permitan las señales electrónicas para realizar comunicación. Ellas son usadas normalmente cuando maquinaria, como bombas o máquinas de colocación de grouting están en operación y el sonido de fondo dificulta la comunicación normal.

Comandos electrónicos

6. Detenga la máquina – Pare la máquina inmediatamente.

7. Inicie la máquina – Inicie la máquina inmediatamente.

Si cuando se estén usando máquinas de grouting o bombas de lodos, por ejemplo cuando se está relleno un tabique a prueba de explosión, es útil poder controlar la mezcla. El sonido de fondo en este caso será la máquina de grouting.

8. Lave la máquina – El trabajo se complete limpie la máquina y las mangueras y tubos

9. Espese la mezcla – Espese el material de la mezcla está muy claro

10. Adelgace la mezcla - Adelgace la mezcla está muy espesa.

Mineros atrapados.

Si hay mineros atrapados ellos necesitan dar señales a los socorredores para mostrar que están vivos y

4. Equipos y Elementos Generales Utilizados en la Atención de Emergencias en Labores Mineras Subterráneas

alguna indicación sobre en qué lugar de la mina se encuentran.

Esto se consigue mediante lo siguiente:

Golpeando las tuberías o cualquier línea continua de metal.

Golpear una tubería es efectivo para distancias cortas y da genera tranquilidad en los mineros porque pueden oír claramente la señal. Este método no es efectivo en distancias largas. La señal dada por un minero atrapado debe ser un UNO regular, para asegurarse que los socorredores lo pueden diferenciar de otros ruidos.

Nota: Es mejor golpear tubería que por ejemplo rieles, ya que mientras la tubería es continua, los rieles pueden estar separados en algún punto.

La técnica más efectiva para el minero atrapado es golpear un estrato sólido como roca, por ejemplo. Esto no parecerá muy Bueno para el atrapado, pero es más efectivo en distancias largas para el socorredor. De Nuevo, la señal dad por el atrapado debe ser regular, cadenciosa, para asegurarse de que el socorredor la diferencia de otros ruidos.

Geófono:

Un dispositivo muy útil para los socorredores mineros para tener acceso a ayudar en la localización de mineros atrapados (asegurarse de que están vivos) es un geófono. Este es un dispositivo que convierte el movimiento de las capas geológicas (velocidad) en voltaje, que puede ser grabado en una estación destinada a ello. ANM debería tener acceso a un geófono. Los geólogos los usan. Si hay mineros atrapados bajo tierra hacienda señales como se indicó antes a través de los estratos rocosos, entonces el geófono los detectará mucho antes que el oído humano.

4.4 Equipos mínimos requeridos por tipo de emergencia minera.

La tabla siguiente resume los requerimientos mínimos de equipos recomendados para el Sistema de Seguridad y Salvamento Minero de Colombia, de acuerdo con cada uno de los tipos de emergencias y una detallada explicación adicional para todos aquellos equipos resaltados en rojo

Nota: Requerimientos mínimos de equipo para una llamada de emergencia a la ANM:

Llamada Mínima Inicial: (suficiente para desplegar dos Cuadrillas de Salvamento Minero)

En el vehículo grande de salida. (Circulación mínima de vehículos con gran distancia entre ejes o similares)

12	BG4
14	lámparas mineras
1	Rescom
2	Resucitadores
12	autorescatadores de oxígeno químico
4	monitores ambientales con retractor
2	bombas de muestreo y 10 tubos
2	Anemómetros
2	higrómetros giratorios con tablas
4	extintores de incendios de polvo seco
1	cámara de imagen térmica
1	herramienta de combinación (palanca hidráulica (mandíbulas de la vida))
2	bolsas levadizas y equipos relacionados
2	sistemas de rescate (Camilla sked)
2	kits primeros auxilios para traumas
14	kits personales de primeros auxilios
1	bomba
1	ventilador
4	arneses de cuerpo completo
2	trípodes
2	winches o tornos
1	kit de salvamento de caídas de alturas y accesorios relacionados
1	línea de vida retráctil y accesorios relacionados
2	relojes
2	camillas rígidas
2	collarines y soportes para la cabeza
12	guantes
12	Gafas de seguridad
1	caja de herramientas

Equipo mínimo de respaldo después de la evaluación de emergencia inicial:

El equipo puede provenir de diferentes Estaciones Puntos de Apoyo de la ANM.

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Nota: ANM deberá tener equipos suficientes para atender un mínimo de dos llamadas de emergencia graves al mismo tiempo.

Al menos dos conexiones de circulación o similares por estación y una conexión de circulación en cada punto de apoyo

80	BG4
8	potenciadores de recarga de oxígeno
86	lámparas mineras
8	Rescom o alternativa
16	resucitadores
48	autorescatador de oxígeno químico
24	monitores ambientales
80	bombas de muestreo y 80 tubos
16	Anemómetros
16	higrómetros giratorios con tablas
14	extintores de incendios de polvo seco
8	cámara de imagen térmica
8	kits completos de equipos para corte y expansión (palanca hidráulica)
16	sistemas de rescate (Camilla sked)
16	kits primeros auxilios para traumas
88	kits personales de primeros auxilios
16	bombas
16	ventiladores
48	arneses de cuerpo completo
8	kits de salvamento de caídas de alturas y accesorios relacionados
8	línea de vida retráctil y accesorios relacionados
16	relojes
16	camillas rígidas
16	collarines y soportes para la cabeza
96	guantes
96	gafas de seguridad
8	cajas de herramientas
80	mangueras contra incendios
8	tubos bifurcados
8	boquillas
8	recámaras de recolección
8	recámaras de división
8	adaptadores de espuma
8	picas contra incendios

8	baldes para incendios
8	hidrantes mineros
8	máquinas de colocamiento
8	trípodes
8	pescantes Davit
8	winches o tornos
8	cuerda de seguridad retráctil
8	sets completos de airshore (trípode con marco tipo A y sistema de soporte)
8	cámaras de imagen térmica
8	bombas de muestreo Drager e indicador variado
16	bolsas para cuerpos
8	kits de cajas de herramientas
24	sets completos de libros de mensajes e informe
	Repuestos suficientes para cumplir los requerimientos de mantenimiento planeados más una contingencia del 10%



4. Equipos y Elementos Generales Utilizados en la Atención de Emergencias en Labores Mineras Subterráneas

Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Incendios Cap 3.1	Derrumbes Cap 3.2	Inundaciones Cap 3.3	Atmosferas Irrespirables Cap 3.4	Explosiones Cap 3.5	Electricas Cap 3.6	Mecanicas Cap 3.7	Caidas Diferente Nivel Cap 3.8
Proteccion Respiratoria										
1	Aparato de Respiración de presión positiva de autocontenido regenerativo		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
2	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
3	Autorescatador Tipo Savox		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
4	Autorescatador de Oxígeno Químico 90 Minutos		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
5	Autorescatador de Oxígeno Químico de 30 minutos SSR 30		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
Monitoreo Ambiental										
6	Monitor Multigas de 6 gases		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
7	Retractor para Monitor Multigas		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
8	Anemómetro		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
9	Anemómetro y termómetro		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
10	Higrómetro giratorio y tabla		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
11	Bombas y Tubos de Muestreo		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
12	Bomba y fuelle y Tubos detectores		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
Incendios y Explosiones										
13	Tuberías		✓	0	0	0	✓	0	0	0
14	Mangueras contra incendios		✓	0	0	0	✓	0	0	0
15	Acoples y accesorios para manguera		✓	0	0	0	✓	0	0	0
16	Tubos bifurcados		✓	0	0	0	✓	0	0	0
17	Boquillas		✓	0	0	0	✓	0	0	0
18	Recámaras de división		✓	0	0	0	✓	0	0	0
19	Adaptador de espuma		✓	0	0	0	✓	0	0	0
20	Pica contra incendios		✓	0	0	0	✓	0	0	0
21	Extintor de Incendios		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22	Baldes para Incendios		✓	0	0	0	✓	0	0	0
23	Hidrantes contra incendios		✓	0	0	0	✓	0	0	0
24	Hidrantes Mineros		✓	0	0	0	✓	0	0	0
25	Maquina de Colocamiento		✓	0	0	0	✓	0	0	0
26	Cámara de Imagen Térmica		✓	0	0	0	✓	0	0	

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Incendios Cap 3.1	Derrumbes Cap 3.2	Inundaciones Cap 3.3	Atmosferas Irrespirables Cap 3.4	Explosiones Cap 3.5	Electricas Cap 3.6	Mecanicas Cap 3.7	Caidas Diferente Nivel Cap 3.8
Corte y Expansion										
27	Expansor Hidraulico		✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0
28	Cortador		✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0
29	Herramiento de Combinacion		✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0
30	Cilindro hidraulico		✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0
31	Bomba hidraulica de mano		✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0
32	Manqueras hidraulicas		✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0
33	Acoples hidraulicos		✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0
34	Cadena		✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0
Bolsas de Aire										
35	Cojin neumático (elevador)		✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0
Caida de Alturas										
36	Dispositivos de control de descenso automático y manual		0	0	0	0	0	0	0	✓
37	Trípode tipo Airshore		0	0	0	0	0	0	0	✓
38	Descensores manuales		0	0	0	0	0	0	0	✓
39	Cabos o cuerdas de anclaje		0	0	0	0	0	0	0	✓
40	Eslinga de Sujecion		0	0	0	0	0	0	0	✓
41	Absorbedor de energia		0	0	0	0	0	0	0	✓
42	Eslinga con absorbedor de energia		0	0	0	0	0	0	0	✓
43	Línea de vida retráctil		0	0	0	0	0	0	0	✓
44	Trípode		0	0	0	0	0	0	0	✓
45	Winch o Torno		0	0	0	0	0	0	0	✓
46	Pescante Davit		0	0	0	0	0	0	0	✓
47	Arnés de Cuerpo Completo		0	0	0	0	0	0	0	✓
48	Trípode flexible y adaptable con marco tipo A y sistema de soporte		0	0	0	0	0	0	0	✓
49	Correas		0	0	0	0	0	0	0	✓
Primeros Auxilios y Recuperacion										
50	Sistema de Rescate (Camilla Sked)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
51	Camilla de canasta		0	0	0	0	0	0	0	0



4. Equipos y Elementos Generales Utilizados en la Atención de Emergencias en Labores Mineras Subterráneas

Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Incendios Cap 3.1	Derrumbes Cap 3.2	Inundaciones Cap 3.3	Atmosferas Irrespirables Cap 3.4	Explosiones Cap 3.5	Electricas Cap 3.6	Mecanicas Cap 3.7	Caidas Diferente Nivel Cap 3.8
Primeros Auxilios y Recuperacion										
52	Camilla rígida		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
53	Cobijas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
54	Collarín		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
55	Cobijas de arrastre		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
56	Resucitador (Tipo Mars)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
57	Férulas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
58	Bolsas para cuerpos		0	0	0	0	0	0	0	0
Trauma Primeros Auxilios										
59	1x tarjeta guía		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60	Vendajes surtidos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
61	20 x vendajes triangulares		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
62	3 x venda estéril para ojos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
63	2 x rollos pequeños de cinta autoadhesiva		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
64	1 x Tijeras grandes		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
65	2 x Tijeras pequeñas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
66	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
67	8 x pares de guantes quirúrgicos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
68	4 x Resucitadores		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
69	2 x 500 ml enjuague ocular		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
70	3 x vendajes superabsorbentes		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
71	3 x vendajes para sangrado profuso		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
72	20 x vendajes para heridas grandes		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
73	6 x vendajes adaptables		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
74	1 x pulsómetro		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
75	1 x Torniquete (vendaje triangular alternativa)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
76	5 x gasas hemostáticas (coagulante)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Primeros Auxilios Personales										
77	1x tarjeta guía		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
78	Vendajes surtidos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
79	6 x vendajes para heridas grandes		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Incendios Cap 3.1	Derrumbes Cap 3.2	Inundaciones Cap 3.3	Atmosferas Irrespirables Cap 3.4	Explosiones Cap 3.5	Electricas Cap 3.6	Mecanicas Cap 3.7	Caidas Diferente Nivel Cap 3.8
Primeros Auxilios Personales										
80	2 x venda estéril para ojos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
81	6 x vendas triangulares		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
82	1 x paquete de ganchos imperdibles (de seguridad)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
83	8 x pares de guantes quirúrgicos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
84	4 x Resusci aids		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Caida de Rocas										
85	Puntales		✓	✓	✓	0	✓	0	0	✓
86	Palancas de fricción		✓	✓	✓	0	✓	0	0	0
87	Palancas hidráulicas		✓	✓	✓	0	✓	0	0	0
Herramientas Generales										
88	Caja de herramientas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
89	Cortador de pernos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
90	Llave de expansión		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
91	Llave de tubos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
92	Segueta y hojas de segueta		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
93	Martillos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
94	Formones		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
95	Alicates		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
96	Destornillador plano		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
97	Destornillador de estrella		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
98	Cortado/cuchillo stanley		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
99	Masetas y picas de minero		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Proteccion Personal										
100	Protección ocular y anteojos de seguridad		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
101	Cascos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
102	Relojes		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



4. Equipos y Elementos Generales Utilizados en la Atención de Emergencias en Labores Mineras Subterráneas

Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Incendios Cap 3.1	Derrumbes Cap 3.2	Inundaciones Cap 3.3	Atmosferas Irrespirables Cap 3.4	Explosiones Cap 3.5	Electricas Cap 3.6	Mecanicas Cap 3.7	Caidas Diferente Nivel Cap 3.8
Proteccion Personal										
103	Tabla de calor y humedad		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
104	Lámpara Minera		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
105	Cuerda para linea de vida		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
106	Botellas de agua		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
107	Línea de vida personal		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
108	Piezas livianas de madera		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
109	Caja de tiza		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Comunicaciones										
110	Sistema de comunicación emergencias mineras		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Libros, turnos etc										
111	Libro de registro de la base de aire fresco		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
112	Libro de registro del comandante de incidente		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
113	Libro de registro de superficie		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
114	Planillas de turnos de cuadrillas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
115	Planillas varias		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
116	Hojas de tiempo		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
117	Libreta de apuntes		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
118	Rótulos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
119	Señalización para base de aire fresco		✓	0	✓	✓	✓	0	0	0
Otro Equipo y Repuestos										
120	Electrobombas		✓	0	✓	0	✓	0	0	0
121	Ventilador Axial		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
122	Bomba de trasiego de oxígeno		✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0
123	Testor 2100		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
124	Test-it 6100		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
125	Termómetro		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
126	Gases para calibración de multidetectores		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
127	Agua destilada		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

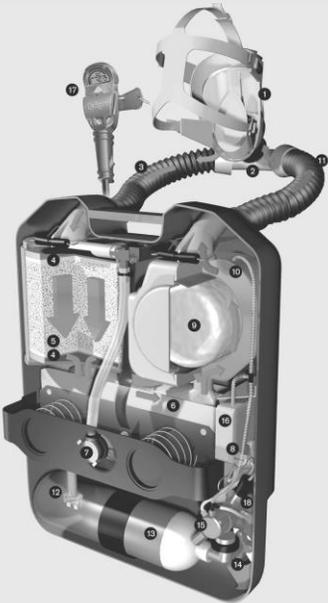
4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

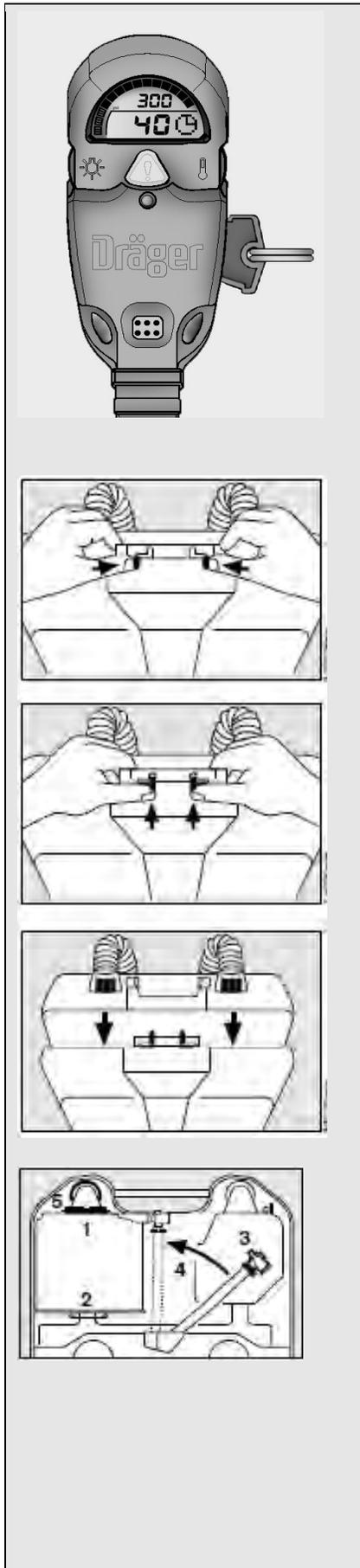
Matriz de Equipos Minimos Requeridos por tipo de Emergencia - Sistema de Salvamento Minero de Colombia

Numero del Equipo	Nombre del Equipo	Tipo de Emergencias	Incendios Cap 3.1	Derrumbes Cap 3.2	Inundaciones Cap 3.3	Atmosferas Irrespirables Cap 3.4	Explosiones Cap 3.5	Electricas Cap 3.6	Mecanicas Cap 3.7	Caidas Diferente Nivel Cap 3.8
Otro Equipo y Repuestos										
128	Desinfectante para los equipos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
129	Secador		✓	O	✓	✓	✓	O	O	O
130	Tablas, tubos y agua		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
131	Baterias para los bodyguard		✓	O	✓	✓	✓	O	O	O
132	Tabla para mapas, regla, plumas y lápices		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
133	Tablas clip		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
134	Registros médico y de entrenamiento socorredores		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
135	Planillas de chequeo de BG4		✓	O	✓	✓	✓	O	O	O

✓	Requerido
O	Opcional pero sugerido
A	Detalles proporcionados

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 1

Nombre del equipo	PSS BG-4 PLUS
Fabricante	Drager
Breve descripción	Aparato de respiración de circuito cerrado de respiración para ser usado en atmósferas irrespirables.
Función 	Básicamente, el 'BG4' es un equipo de respiración autónomo, regenerador, de circuito cerrado, de oxígeno comprimido. La unidad es ligera, de diseño modular, cómoda para llevar y fácil de mantener, por lo tanto, reduciendo al mínimo el tiempo de respuesta. Es un concepto de diseño ampliamente comprobado, con un tiempo de uso extendido de hasta 4 horas. El equipo respiratorio se comercializa en varios países para el salvamento minero y los servicios de bomberos.
Cómo usar/ manejar el equipo 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Máscara de cara completa 2 Conector de respiración 3 Manguera de exhalación 4. Filtro de polvo 5 Absorbente de CO₂ 6 Bolsa de respiración 7 Válvula de descarga 8 Válvula Mínima 9 Refrigerador de aire 10 Administración constante 11 Manguera de inhalación 12 Válvula de drenaje 13 Cilindros de oxígeno 14 Válvula de cilindro 15. Reductor de presión 16 Caja de interruptores 17 Centinela 18 Sensor <ol style="list-style-type: none"> 1 Pantalla digital, presión del oxígeno en psi/bar 2 Tiempo para emitir un pito hasta advertencia de presión residual de 700 psi/55 bar, en minutos 3 Ícono de minutos 4 Botón de pánico amarillo – Unidad Manual de Señal de Socorro (DSU) 5 Botón RH 6 LED verde 7 'Registro' – Unidad Manual de Señal de Socorro (DSU)



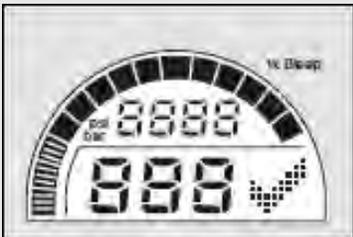
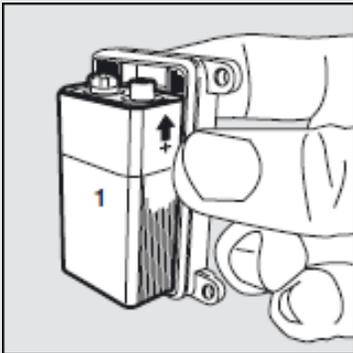
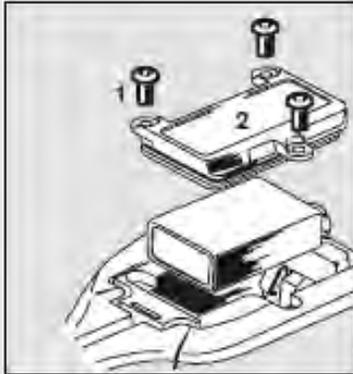
- 8 LEDs rojo
- 9 Botón LH
- 10 Pantalla análoga de oxígeno

Preparación para la Operación
Quitar la Carcasa Protectora

- Con los pulgares, presione los dos cerrojos deslizantes hacia el centro.
- Luego incline hacia arriba hasta que enganchen.
- Abra la carcasa protectora hasta que el seguro y los dos tapones en la parte inferior se desenganchen.
- Desenganche los tapones y retire la carcasa protectora
- Abra la carcasa protectora hasta que los seguros y los dos tapones en la parte inferior se desenganchen
- Desenganche los tapones y retire la carcasa protectora.

Colocar el absorbente de CO₂.

- Inserte la carga absorbente de CO₂ en la lengüeta metálica y asegúrelo con abrazadera.
- Coloque la manga del bolso de respiración con accesorios sobre el conector en la carga absorbente de CO₂.
- Examine el anillo circular del conector angular. Debe estar limpio y en buenas condiciones, de lo contrario debe ser reemplazado. Frotar con Molykote® 111.
- Deslice el conector angular en el absorbedor de CO₂ y asegure con un clip.



- Conecte y asegure la manguera de respiración: Deslice el anillo de bayoneta sobre el mango protector y el puerto, después gire en el sentido de las manecillas del reloj hasta que enganche.
- Inserte la tapa de sellado R 33 5881 en el acoplamiento insertable.

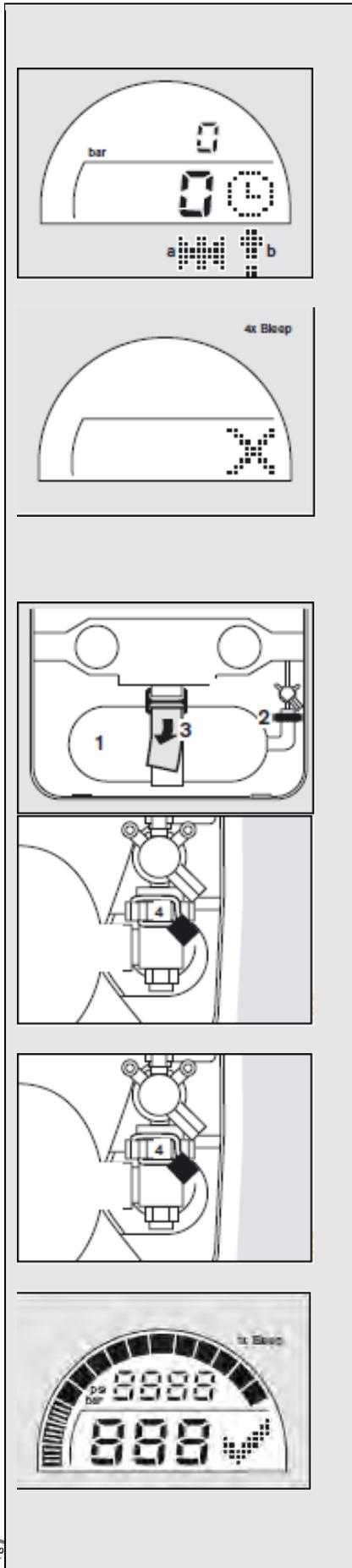
Instalación / cambio de la batería del Bodyguard

- Usando una llave hexagonal de 2 mm, retire los tres tornillos de la carcasa de la batería.
- Retire cuidadosamente la carcasa.

- Inserte la batería en la cavidad de la carcasa con el terminal (+) ubicado como se indica.
- Verifique que la junta de cierre está ubicada de manera correcta y no se encuentra dañada.
- Levante el centinela hasta que esté en posición vertical. Alinee la batería y la tapa y luego al presionar esto se insertará la batería en el compartimiento para la batería.
- Mientras mantiene esta tapa en su lugar, reemplace los tres tornillos utilizando una llave hexagonal de 2mm. No ajuste excesivamente.
- Durante el montaje y en el momento de conectar la batería, el Centinela comenzará la secuencia de auto-diagnóstico. Un único pito será emitido a medida que la pantalla cambia.

- La prueba para la batería corresponde al ícono indicado para la duración de la batería. El ícono permanece en la pantalla durante aproximadamente 4 segundos, tiempo durante el cual el gráfico de barras hace un conteo regresivo (de izquierda a derecha).
- La versión de software también aparece durante este período. El número de versión de software es 900 para: PSS BG 4 CP.

- Al final de la secuencia se emite una única alarma audible de 'barrido' y la pantalla momentáneamente



muestra el icono 'a' (el icono 'b' – Equipada para Contador).

- La pantalla cambia- regresa a 'modo de operativo'. El LED verde parpadea continuamente.
- Presione simultáneamente los botones derecho e izquierdo hasta que escuche un único sonido “Bip” fuerte.
- Suelte los botones.
- El Centinela se desconecta.

NOTA

Un icono de X que muestra 'Código de error' indica un 'auto-diagnóstico fallido'. Envíe el Centinela a Dräger Safety.

Instalación del cilindro de oxígeno

- Sujete la parte inferior del cilindro de oxígeno y colóquelo en el compartimiento.
- Atornille la conexión manual. ¡Con la mano solamente!
- Tire de la correa por la hebilla y asegure el cierre de Velcro.
- Tensione el dispositivo mecánico anti-vibración y engánchelo a la conexión manual.

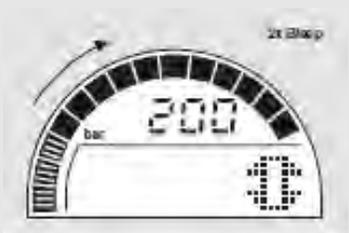
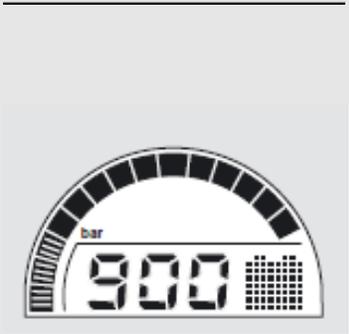
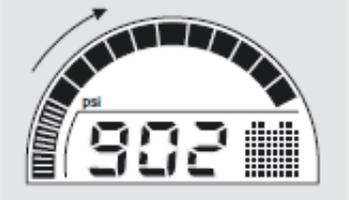
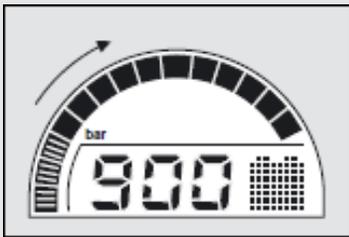
Compruebe que funciona adecuadamente

Prueba de la Batería y Prueba de Fuga de Alta Presión

- Abra la válvula del cilindro.
- El Centinela se enciende cuando la presión del cilindro es superior a 145 psi/10 bar.
- El Centinela comienza automáticamente la "secuencia de auto-diagnóstico".
- El Centinela monitorea todas las entradas y muestra todos los íconos.
- La pantalla que aquí se indica aparece si no se encuentran fallas.

Prueba automática de batería

- La prueba para la batería corresponde al ícono indicado para la duración de la batería.



- El ícono permanece en la pantalla durante aproximadamente 4 segundos, tiempo durante el cual el gráfico de barras hace un conteo regresivo (de izquierda a derecha).
- La versión de software también aparece durante este período.
- El número de versión de software es 900 para: PSS BG 4 CP.
- El número de versión de software es 902 para: PSS BG 4 CP.

Comprobar la Capacidad de la Batería

- En el momento de la activación y desactivación, el Centinela automáticamente comprueba y muestra la capacidad de la batería. Hay tres íconos para representar la capacidad remanente en la batería:

Símbolo: Batería OK

- La batería no necesita reemplazarse.

Símbolo: Advertencia de Batería 1

- Al prenderlo, sonará un pito prolongado (alarma acústica) sonará y la pantalla mostrará el icono "Advertencia de Batería 1". Cuando aparezca este icono, es aceptable usar el PSS BG 4 de forma segura hasta por 4 horas (el inicio de funciones especiales tales como la iluminación de fondo, reducirán la capacidad de la batería).

NOTA

Cuando se alcance el primer límite, reemplace la batería inmediatamente.

Símbolo: Advertencia de Batería 2

- En este caso los LEDs rojos parpadean constantemente. Al encenderlo, sonarán 5 pitos cortos y la pantalla mostrará el icono "Advertencia de Batería 2". El Centinela automáticamente se apaga y bloquea cualquier otra operación.

¡PRECAUCIÓN!

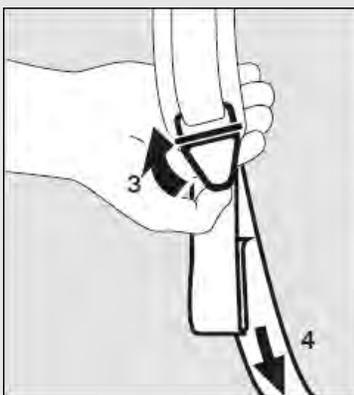
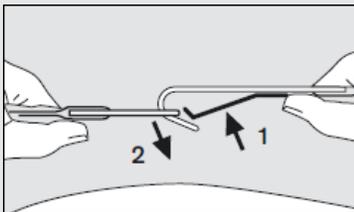
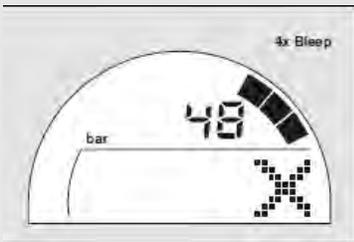
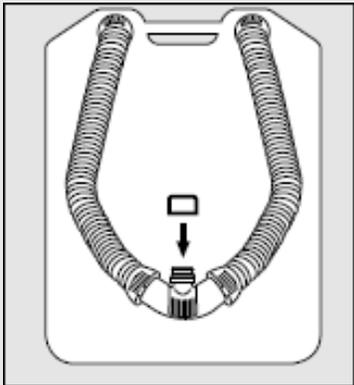
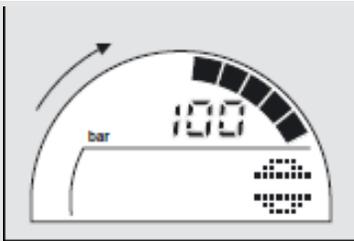
Si aparece la advertencia de batería 2, la batería debe reemplazarse antes de cualquier otra operación. El hacer caso omiso a esta advertencia podrían conllevar a lesiones graves o a la muerte.

Prueba de Fuga de Alta Presión

Condiciones previas:

El cilindro de oxígeno debe cargarse al menos a 2600 psi/165 bar, o de lo contrario el Centinela no llevará a cabo la prueba.

- Abra la válvula del cilindro.



- En la pantalla aparece el icono "Cierre la válvula del cilindro", la luz de fondo está prendida y suena una alarma doble cuando la presión supera 2600 psi/165 bar.
- Cierre la válvula del cilindro.

Después de 15 segundos, cuando PSS BG 4 esté OK:

- En la pantalla aparece el icono de "Abra la válvula del cilindro", la luz de fondo está encendida y continúa el proceso de cuenta regresiva del gráfico de barra.

Ha superado con éxito la Prueba de Fuga de Alta Presión.

- Mantenga la válvula del cilindro cerrada.
- Retire la tapa de sellado R 33 588. Espere hasta que el Centinela indique una presión de bar 0 psi/0.
- Vuelva a colocar la tapa de sellado R 33 588 en el acoplamiento insertable.

Apagar el centinela

- Presione simultáneamente el botón de la derecha y el de la izquierda hasta que suene un solo sonido "Bip".
- Suelte los botones.
- Durante 3 segundos, el Centinela indica el estado de la batería.

El Centinela se apaga.

Si se detecta un error de sistema durante la prueba de fuga de alta presión prueba de:

- Aparece el icono X en la pantalla.
- La alarma suena cuatro veces.

NOTA

¡El PSS BG 4 no debe utilizarse si se detecta una falla! Un icono de X que muestra 'Código de error' indica un 'auto-diagnóstico fallido'. Envíe el Centinela a Dräger Safety.

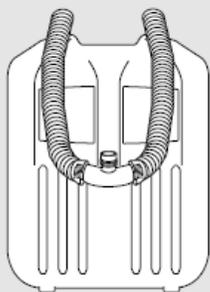
Colocación del PSS BG 4

Abra el cinturón:

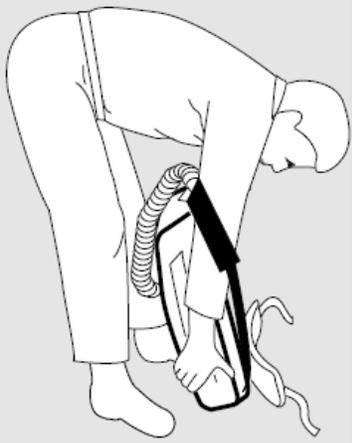
- Presione los cierres y desenganche.

Abra ambas correas para los hombros:

- Presione la abrazadera metálica hacia arriba con el pulgar y al mismo tiempo tire del extremo largo con su otra mano.



Coloque el PSS BG 4 en posición vertical y cuelgue las mangueras de respiración sobre la carcasa protectora.



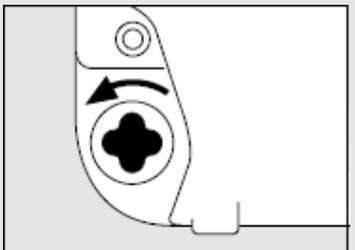
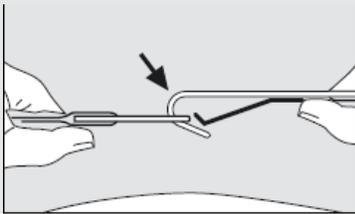
Desplace sus manos a través de las correas de los hombros con ambos brazos y levante el PSS BG 4.



Levante el PSS BG 4 encima de la cabeza, manteniendo su cabeza entre las mangueras de respiración y permita que el PSS BG 4 se deslice por su espalda, hasta que las correas de los hombros descansen sobre sus hombros.



Apriete de manera uniforme las correas de los hombros para que el acolchado del cinturón descansa sobre su cadera.



Cierre y ajuste firmemente la correa de la cintura

Tire de los extremos de la correa hasta que el PSS BG 4 descansa firmemente sobre las caderas. Inserte los extremos de la correa en los bucles en los lados derecho e izquierdo. Posteriormente, afloje ligeramente las correas.

Puesta en marcha

- Remueva la tapa de sellado del acoplamiento insertable, respire profundamente y contenga la respiración.
- Presione el acoplamiento en el conector de la máscara hasta que encaje.
- Tan pronto como se active el acoplamiento insertable, abra la válvula del cilindro completamente o por lo menos dos vueltas y respire en el PSS BG 4.

El Centinela se enciende automáticamente y realiza las siguientes pruebas:

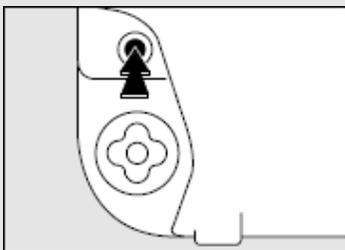
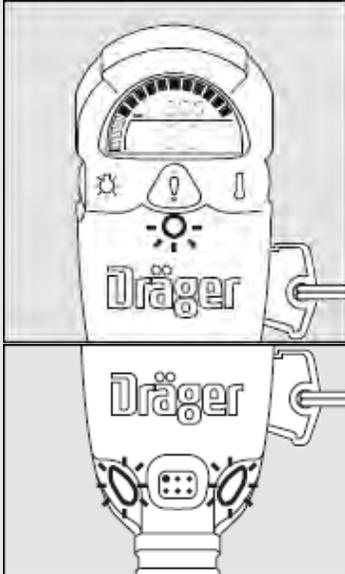
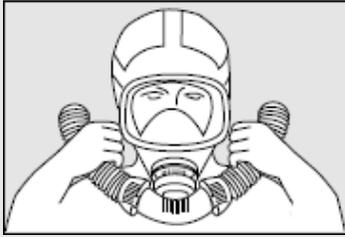
- secuencias internas de pruebas de auto-diagnóstico
- prueba de batería
- prueba de fugas de alta presión

Si no se realiza la prueba de fuga de alta presión, el Centinela funcionará normalmente.

¡PELIGRO!

Si suena la señal de advertencia de baja presión, la válvula del cilindro está cerrada o el cilindro de oxígeno está vacío. El PSS BG 4 no debe utilizarse si la señal de advertencia suena nuevamente después de abrir la válvula del cilindro de oxígeno lleno. Hacer caso omiso de esta advertencia podrían conllevar a lesiones graves o a la muerte.

Comprobar si está listo para ser usado



- Presione con firmeza ambas mangueras de respiración y respire hasta que se produzca un vacío. Contenga la respiración por un instante: se debe mantener el vacío, de lo contrario deben apretarse las correas de la máscara.
- Observe la Centinela.
- Presione el botón izquierdo brevemente para encender la iluminación de la escala (se apaga nuevamente de forma automática después de un corto tiempo). Presione el botón durante más de 3 segundos, la pantalla mostrará el período de uso en minutos, desde el inicio del uso.

Quando el PSS BG 4 está OK:

- El LED verde parpadea.
- Pantalla: todos los segmentos y por lo menos 2600 psi/180 bar.
- Empiece a trabajar.

En caso de falla:

- Los LEDs rojos parpadean.
- La alarma emite un pito.

¡ADVERTENCIA!

¡Nunca use una máscara que tenga fugas! Las fugas reducen el período de uso. Hacer caso omiso de esta advertencia podrían conllevar a lesiones graves o a la muerte.

¡ADVERTENCIA!

El PSS BG 4 no debe utilizarse si se detecta una falla! Hacer caso omiso de esta advertencia podrían conllevar a lesiones graves o a la muerte.

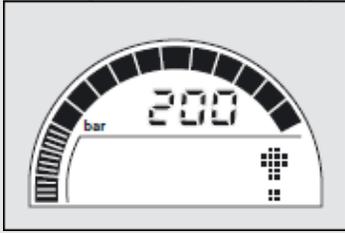
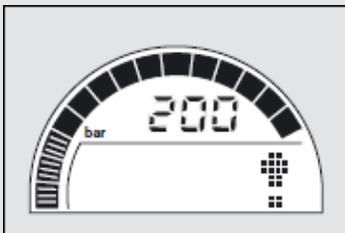
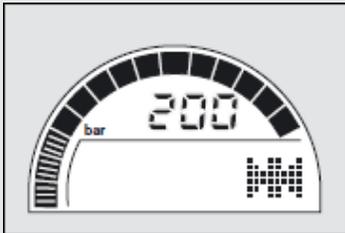
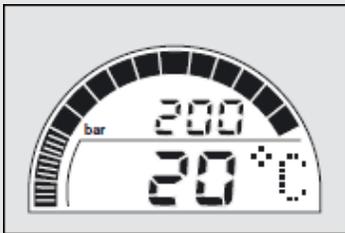
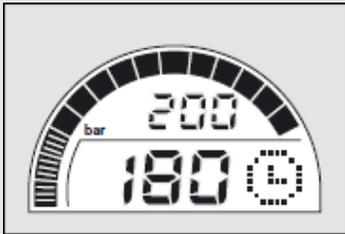
Uso práctico

El PSS BG 4 opera automáticamente. La absorción del CO₂ genera calor que se puede sentir, especialmente cuando se trabaja bajo condiciones agravadas con respiración intensa. Esto es perfectamente normal e indica que el PSS BG 4 funciona correctamente. El período de servicio y retiro debe planificarse independientemente de las advertencias de baja presión. La misión siempre debe haber terminado cuando la última advertencia de baja presión esté en aproximadamente 145 psi/10 bar.

En caso de emergencia

Si el suministro de oxígeno no es lo suficientemente alto para su ritmo de trabajo o si ocurren fallas en el funcionamiento:

- Presione ligeramente la válvula de derivación. Se suministra oxígeno adicional al circuito de respiración.



NOTA

Siempre se deben conformar grupos de al menos dos personas que estén usando PSS BG 4.

¡PELIGRO!

Retírese inmediatamente si ocurre una falla de funcionamiento. Hacer caso omiso de esta advertencia podrían conllevar a lesiones graves o a la muerte.

Centinela en operación

- El modo de visualización contiene información que se muestra durante la operación.
- La presión del sistema es monitoreada constantemente y se muestra digitalmente (como un valor numérico) y en forma análoga (como un gráfico de barras).
- El LED verde parpadea para indicar que el Centinela está funcionando normalmente.
- Revise con frecuencia el suministro de oxígeno en intervalos de 15 minutos usando el Centinela.
- El menor valor numérico indica el periodo restante de uso en minutos hasta que se genera la advertencia de presión residual de 700 psi/55.
- Pulse el botón izquierdo. La iluminación de fondo se enciende durante 5 segundos.
- Pulse brevemente el botón de la derecha. Ahora se muestra la temperatura (en °C) en lugar del tiempo para el silbido.

Automáticamente volverá al estado anterior.

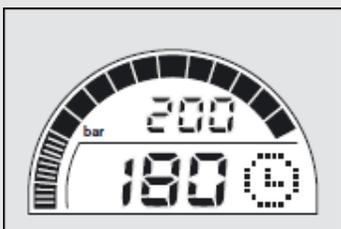
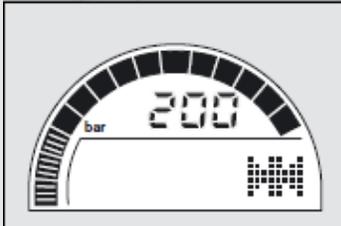
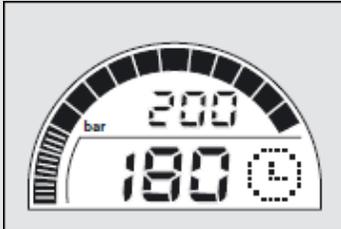
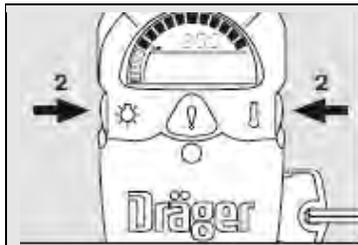
Cuando se elimina el Contador, el "sensor de movimiento se activa".

- Se muestra el icono de movimiento.
- Si se sustituye el Contador, se desactiva el sensor de movimiento.
- Se muestra el icono de alarma.

Botón de pánico amarillo

Si el usuario requiere asistencia, pulsando el botón de pánico amarillo se activa la Alarma Audible Principal– Unidad de Señal de Socorro (ESD).

- Para encender la 'alarma principal' – pulse el botón amarillo de pánico en el centro del Centinela.
- La alarma parpadea los LEDs rojo.
- Se muestra el icono de alarma.



- Para 'Apagar' la 'alarma principal', presione simultáneamente y sostenga los botones RH y LH hasta que la alarma se detenga.
- Luego suelte los botones.

- La pantalla cambia- volver a 'modo operativo'.

Sensor de movimiento

Funciona como una Unidad Automática de Señal de Socorro (ADSU).

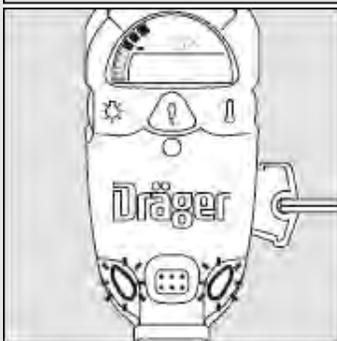
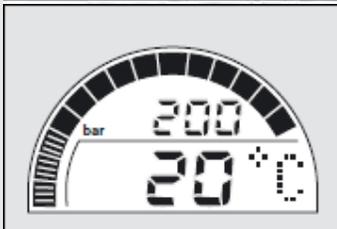
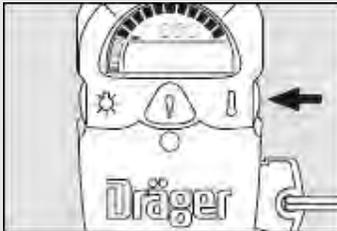
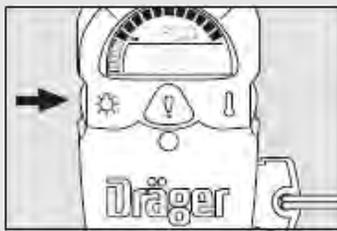
- Remueva el 'Contador' para activar el Sensor de movimiento.
- Si se detecta algún movimiento, suena una 'alarma previa' después de 25 segundos; si se detecta cualquier movimiento dentro de los siguientes 10 segundos de la alarma previa, la alarma se cancelará.

- Para 'Apagar' la 'alarma principal' presione simultáneamente los botones RH y LH y manténgalos presionados hasta que la alarma se detenga.
- Luego suelte los botones.

- La pantalla cambia, vuelve al 'modo operativo'.

Luz de fondo

- Para iluminar la pantalla pulse y suelte botón de LH.
- La pantalla se ilumina durante un período de aproximadamente 5 segundos.



NOTA

Si el Centinela funciona como un instrumento de la versión de 'Contador' y el 'Contador' sigue siendo equipado en 'modo operativo', el Sensor de movimiento (ADSU) no estará activo.

NOTA

No intente utilizar los botones para 'apagar' la alarma previa.

Temperatura

- Pulse brevemente el botón de la derecha.
- Ahora se muestra la temperatura (en °C) en lugar del tiempo para el silbido.
- Automáticamente volverá al estado anterior.

Advertencias de presión residual

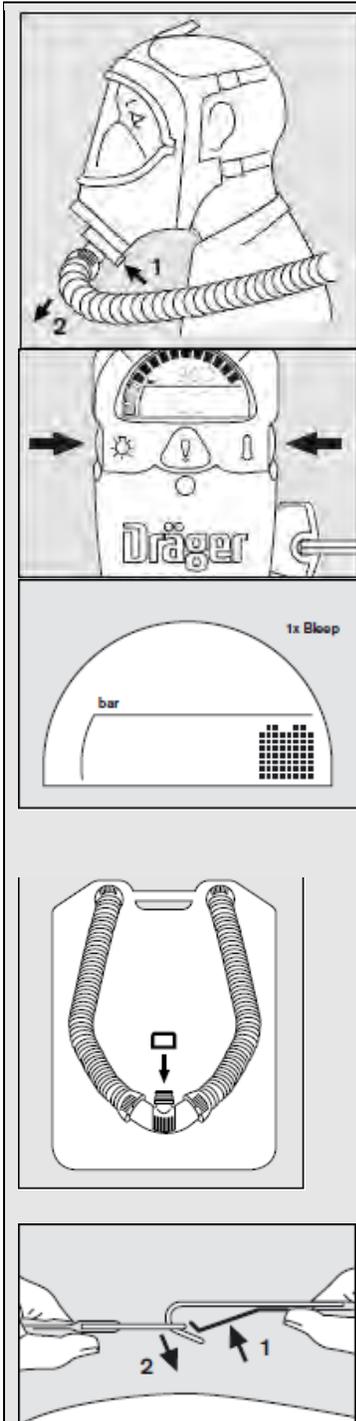
- El **primer aviso de la presión residual** se genera cuando la presión cae por debajo de 700 bar/psi/55. **Alarma:** Pitido intermitente de 30 segundos. **LEDs rojos:** Flash constantemente. Aprox. 75% del oxígeno en el cilindro ya se han consumido.
- La última advertencia de la presión residual se genera cuando la presión alcanza aprox. 145 psi/10 bar. **Alarma:** Pitido intermitente. **LED rojo:** Parpadeo constante. Ya se ha consumido aproximadamente el 75% del oxígeno en el cilindro

¡ADVERTENCIA!

La misión debe ser terminada y se debe retirar el PSS BG 4 cuando la presión alcance 145 psi/10 bar. Hacer caso omiso de esta advertencia podrían conllevar a lesiones graves o a la muerte.

Después de su uso

- Desconecte el acoplamiento de la máscara.
- Presione el botón y al mismo tiempo saque el acoplamiento insertable
- Inmediatamente después de sacar el acoplamiento insertable cierre la válvula del cilindro.
- El aire sale de forma automática del circuito de respiración.



Apagar el Centinela

- Presione simultáneamente el botón derecho y el botón izquierdo hasta que haya un único sonido agudo "Blip".
- Suelte los botones.

- Durante 3 segundos el Centinela muestra el estado de la batería.

Montaje de la tapa de sellado

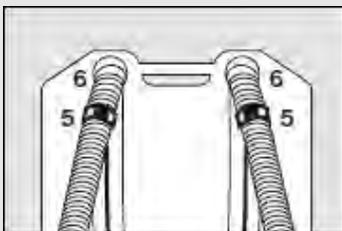
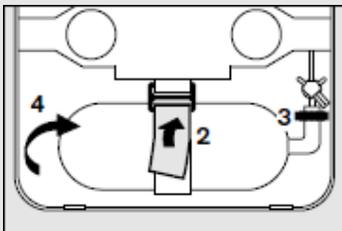
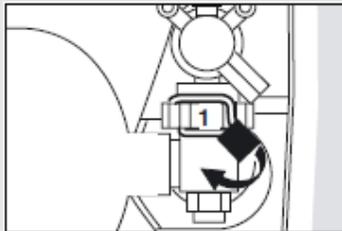
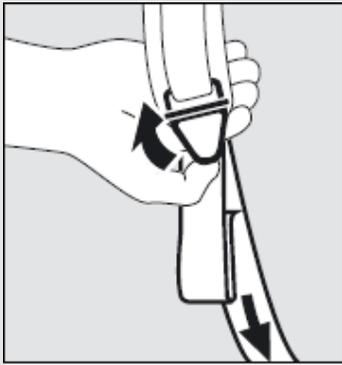
- Vuelva a colocar la tapa de sellado R 33 588 en el acoplamiento insertable.

Remover el PSS BG 4

- Presione la palanca de bloqueo y saque el gancho.
- Saque los tubos de respiración por encima de su cabeza y ubíquelos en la carcasa protectora detrás suyo.

- Abra ambas correas de los hombros: Deslice las abrazaderas metálicas hacia arriba con el pulgar.

- Lentamente deje que el PSS BG 4 se deslice hacia abajo por su espalda y colóquelo en posición vertical sobre el terreno. ¡No lo deje caer!
- Asegúrese de que el PSS BG 4 reciba mantenimiento inmediatamente después de su uso.



¡ADVERTENCIA!

Siga estrictamente las instrucciones de uso de la máscara y, en su caso, de la BGComm. Hacer caso omiso de esta advertencia podrían conllevar a lesiones graves o a la muerte.

NOTA

Asegúrese de que el PSS BG 4 sea transportado en posición vertical para que la condensación en las mangueras de respiración puede recogerse en la bolsa de válvula de drenaje o en la bolsa de respiración.

Desmontar el PSS BG 4

- Retire la carcasa protectora, página 10.

Retire el Cilindro de Oxígeno

- Cierre la válvula del cilindro.
- Libere el dispositivo antivibraciones.
- Abra el cierre de Velcro y tire de la correa para sacarla de la hebilla.
- Desenrosque la conexión manual. **¡Sólo con la mano!**
- Sostenga el cilindro de oxígeno en la parte inferior, incline hacia arriba y sáquelo hacia fuera.

Separar las Mangueras de Respiración del Refrigerador de Aire y el Absorbente de CO₂

- Abrir los dos bucles en las correas de los hombros: Pulse la abrazadera hacia arriba y tire de la correa fuera de la abrazadera.
- Gire el anillo de la bayoneta hacia la izquierda hasta que se desenganche y retire la manguera de respiración.
- Drene el condensado que se acumuló en las mangueras de respiración durante el uso.

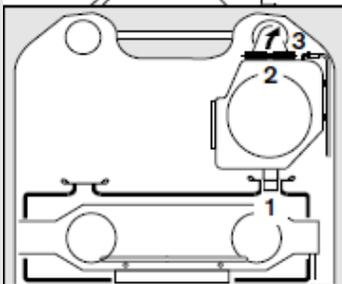
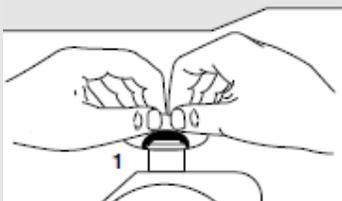
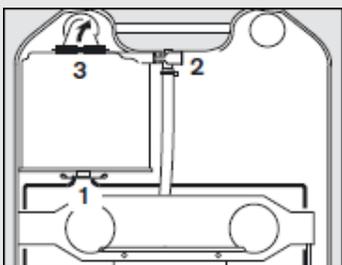
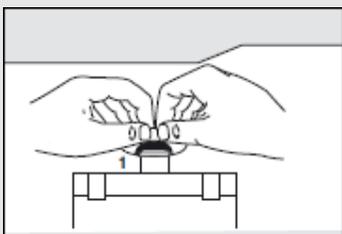
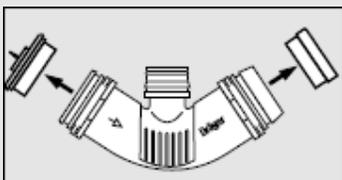
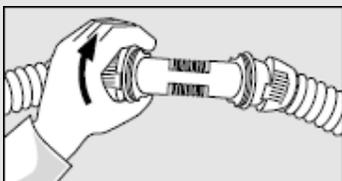
NOTA

La siguiente secuencia se debe realizar.

¡PELIGRO!

Asegúrese de que las conexiones no estén sucias con aceite o grasa. Para evitar lesiones graves o la muerte, no se debe permitir que el oxígeno a presión entre en contacto con aceite, grasa o contaminantes similares. Podría causar un incendio, una explosión o ambos.

Separar los tubos de respiración del acoplamiento insertable



- Gire el anillo de bayoneta en sentido contrario a las manecillas del reloj hasta que se suelte, luego empújelo hacia atrás y quite la manguera de respiración.

Desmontar el acoplamiento insertable

- Saque las válvulas de inhalación y exhalación de acoplamiento insertable.
- Saque los discos de la válvula de los dos asientos de válvula.

Retirar el Absorbedor de CO₂

- Quitar la bolsa de respiración: Amplíe la boquilla con la ayuda de las pestañas de la manija y tire de ella.

- Presione el mango del gancho de seguridad y tire del conector angular para sacarlo del absorbedor de CO₂.
- Levantar la barra tensora, sujete el conector y levante.
- Levante el amortiguador del CO₂ fuera del soporte de sujeción inferior y posteriormente, del marco transportador.

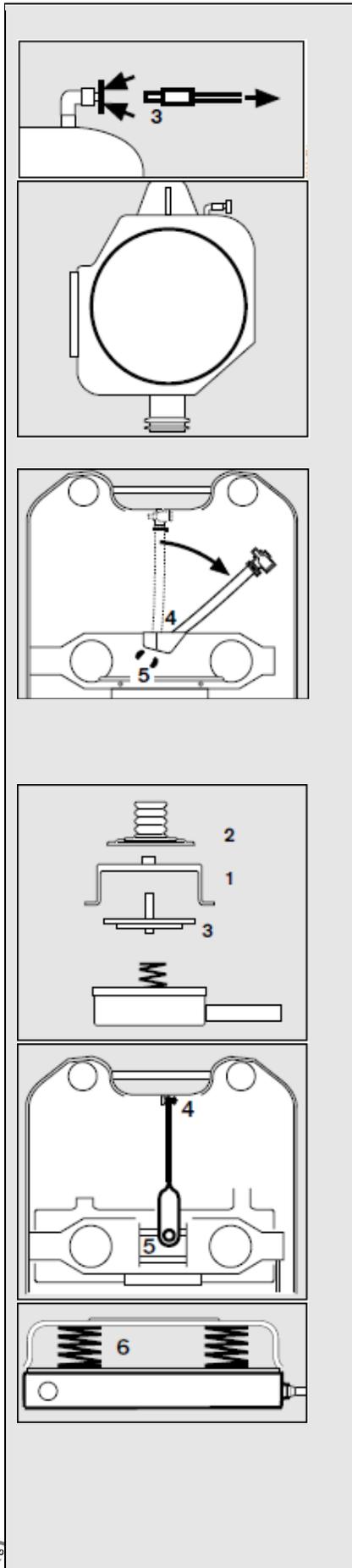
Retirar el refrigerador de aire

- Retire la bolsa de respiración: Amplíe la manga con la ayuda de las pestañas de la manija y tire de ella.

- Levante la barra de tensión.

Asegure el conector insertable. Para liberar:

- Presione el anillo de retención hacia abajo y al mismo tiempo retire el conector metálico de la manguera azul de presión media.
- Retire el refrigerador de aire, extraiga la carcasa y drene el condensado así como el hielo derretido.



Retirar la válvula de descarga

- Mantenga la válvula de descarga sosteniendo el conector de la manguera y gire aproximadamente 45° hacia la derecha.
- Junte las abrazaderas hasta que desenganchen de la barra de tensión de resorte.
- Retire la válvula de descarga.

Desmontar la válvula de descarga

- Retire la carcasa de la válvula.
- Separe el disco de la válvula escalonada de la carcasa de la válvula.
- Retire el disco de la válvula.

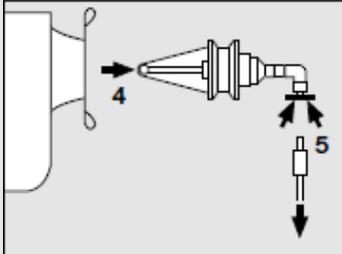
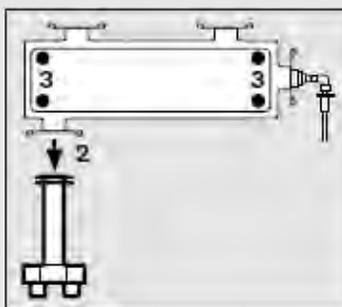
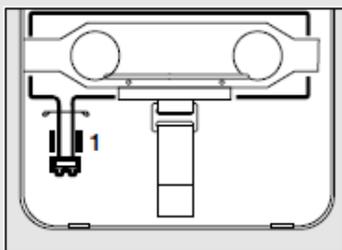
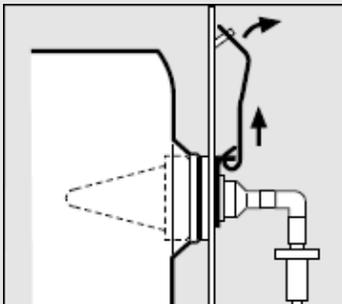
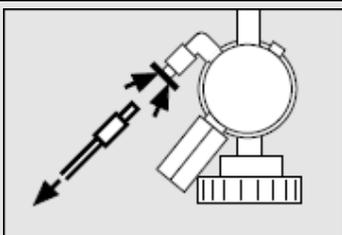
Retirar Bolsa de Respiración, la Válvula de Drenaje y la Válvula Mínima

- Levante la perilla de seguridad y tire de la palanca negra hacia la derecha.
- Levante la perilla de seguridad y tire de la palanca negra.
- Comprimir los dos resortes y tire de ellos hacia el lado.

El conector insertable está asegurado

- Desconecte la manguera amarilla de presión media del reductor de presión: Presione el anillo de retención en el puerto del reductor de presión y retire el conector de metal al mismo tiempo.
- Presione la barra fuera de la prensa y tire de la pinza de seguridad con la barra.

- Tire de la válvula de drenaje para retirarla de la pinza de sujeción.
- Saque la bolsa de respiración con la placa de presión, drene la válvula y la válvula mínima de la cubierta.



- Retire la válvula de drenaje: Amplíe la manga con la ayuda de las pestañas de la manija y tire de ella.
- Si es necesario, separe la placa de presión de la bolsa de respiración.

- Retire la válvula mínima: Amplíe la manga con la ayuda de las pestañas de la manija y tire de ella.
- El conector insertable está asegurado. Para desconectar: Presione el anillo de retención hacia abajo y al mismo tiempo tire del conector metálico de la manguera amarilla de presión media . Ajuste el tapón R 33 7901) en la conexión de la manguera para sellarlo.

Desmontar la válvula de drenaje

- Desenrosque la tapa y retire el disco de la válvula.

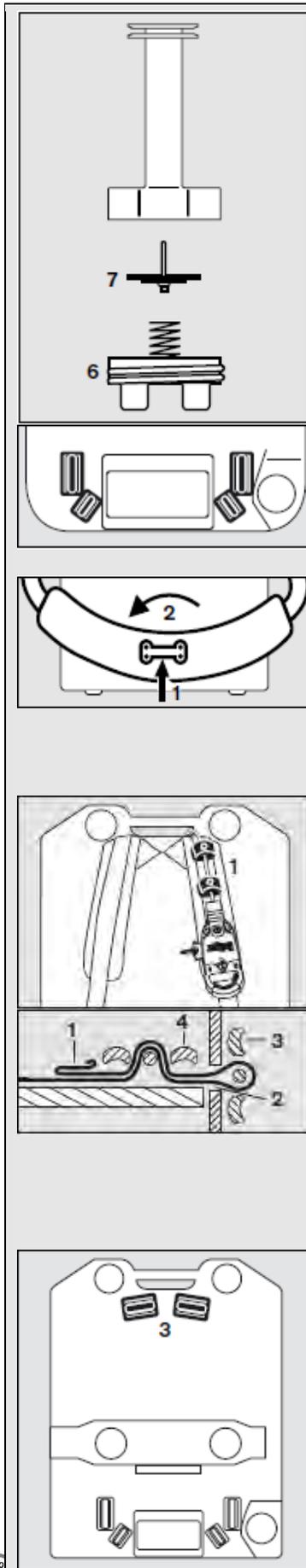
Retirar el cinturón y las correas de hombro

Desmontar el cinturón

- Levante los cuatro clips de cierre dentro del marco transportador y presiónelos por las ranuras.
- Presione el punto de fijación del cinturón hacia abajo y al mismo tiempo girarlo 90 ° y sacarlo hacia afuera.

Desmontar las correas de hombro

- Abrir los broches del bucle.



- Saque el extremo de la correa de hombro (1) por fuera de los dos clips de fijación (3 + 4).
- Tire del extremo libre de la correa de hombro (1) por fuera de la ranura (2) en el marco transportador.

NOTA

Solo es necesario quitar el cinturón y el arnés si están muy sucios, contaminados o necesitan ser reemplazados.

Limpieza, desinfección, secado

Todas las piezas que entren en contacto con el aire exhalado deben limpiarse y desinfectarse después del uso. Las otras partes deben limpiarse solamente si es necesario. Cuando se hayan contaminado con sustancias peligrosas:

- Use equipo de protección personal.
- Deshágase de trapos y de aguas residuales conforme a las normas pertinentes de eliminación de residuos.

Limpieza

Todas las piezas deben limpiarse en agua tibia con un detergente suave.

- Limpie la caja del interruptor y el Centinela con un paño húmedo. Enjuague en agua limpia. Los residuos de detergente deben ser bien enjuagados de todas las piezas de los PSS BG 4. Recomendamos que nuestra manguera de enjuague R set 27 092 se utilice para enjuagar los tubos de respiración y la Bolsa de Respiración.

Desinfección

- Sumerja las piezas en el baño desinfectante usando Multidor F® 1), Incidur® 2) o Airkem A-33™.
- Enjuague bien con agua corriente.

Secado

Máxima temperatura 140°F (60 °C). Recomendamos nuestro gabinete de secado y nuestro juego de secado R

41 120 para mangueras de respiración y bolsa de respiración. El cinturón y el arnés deben ser secados antes de guardarlos para evitar que crezcan hongos y moho.

NOTA

No utilice disolventes orgánicos como acetona, tricloroetileno o disolventes similares o blanqueadores.

¡PRECAUCIÓN!

Siga estrictamente las instrucciones de uso del desinfectante.

Dosis altas y tiempos largos de exposición pueden dañar las partes del PSS BG 4.

Cargando el cilindro de oxígeno

La máxima presión de carga es 3135 psi/200 bar.

- El oxígeno debe tener una pureza >99.5% y debe ser insípido e inodoro.
- Impurezas permisibles en gas despresurizado: Max. concentración de vapor de agua: 50 mg/m³.

¡ADVERTENCIA!

El cilindro de oxígeno debe ser cargado y manejado conforme a las instrucciones para el uso de "Recipientes a presión con válvula (cilindros de gas a presión)".

¡PELIGRO!

Para evitar lesiones graves o la muerte, no se debe permitir que el oxígeno a presión entre en contacto con aceite, grasa o contaminantes similares. Podría causar un incendio, una explosión o ambos.

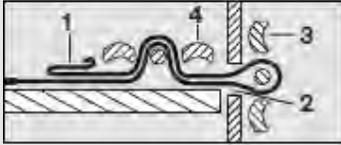
Montaje de la PSS BG 4

- Todas las operaciones de ensamblaje deben revisarse al final para asegurarse de que están asegurados.

Proceder en el siguiente orden:

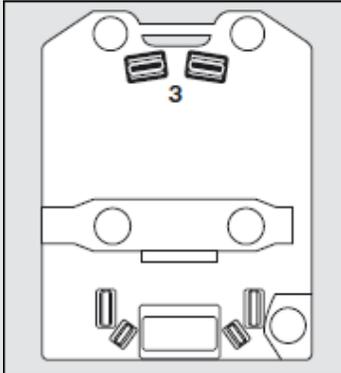
Ajuste de correas de hombro

- Pase el extremo de la correa de hombro **(1)** a través de la abertura del marco transportador **(2)** desde el exterior.
- Ajuste el cierre **(3)** y entrelace el extremo restante de la correa hacia atrás a través de la apertura y abroche el seguro **(4)**.
- El final reforzado de la correa debe estar por fuera del seguro **(4)**.



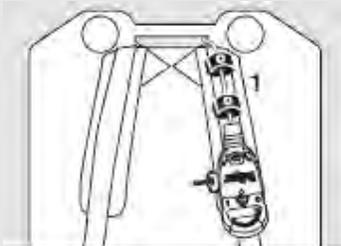
Ajuste del Centinela

- Asegure el cable con cierre de bucle a presión.



Ajuste del cinturón

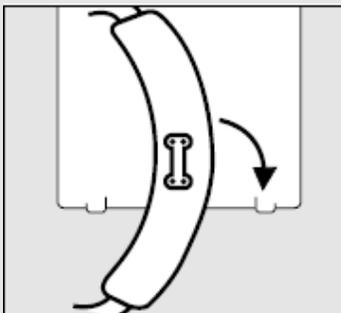
- Presione sobre el punto de fijación del cinturón y gírelo 90 ° al mismo tiempo.
- Presione los dos clips hacia adentro por las ranuras en el marco transportador.



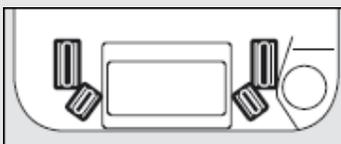
Ajuste de la Válvula de Drenaje, la Válvula Mínima y la Bolsa de Respiración

Ajuste de la Válvula de Drenaje

- Inserte el pin de válvula en el agujero.
- Posicione el resorte en el centro del disco de la válvula.
- Apriete firmemente la tapa con sus manos.

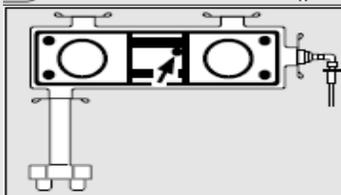
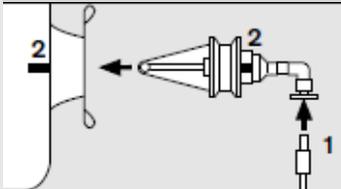
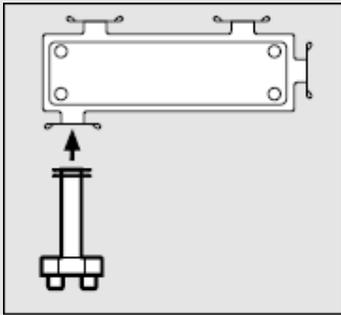
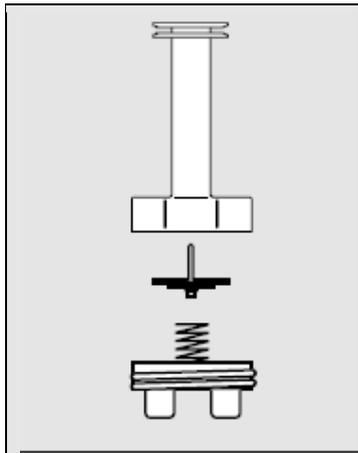


- Adhiera la válvula de drenaje a la manga en la Bolsa de Respiración.



Ajuste de la válvula mínima

- Presione el anillo y al mismo tiempo quite el tapón de sellamiento R 33 7901) de la válvula de mínima e inserte la manguera amarilla de presión media hasta que encaje.
- Adhiera la válvula mínima en la bolsa de respiración, para que alinee el eje de balancín de la válvula mínima y la marca de la Bolsa de Respiración.



Ajuste de la Bolsa de Respiración

- Adhiera la placa de presión a la bolsa de respiración si es necesario.

NOTA

El botón que asegura la palanca apunta hacia arriba (ver flecha).

- Deslice la bolsa de respiración con accesorios hacia adentro del PSS BG 4.
- Inserte la salida de la válvula mínima a través del orificio y fije con el clip de seguridad (ver "Retirar la Bolsa de Respiración, la Válvula de Drenaje y la Válvula Mínima" en la página 37).

NOTA

El balancín de la válvula mínima debe estar debajo de la placa de presión.

- Presione la válvula de drenaje en el clip.

Ajuste del Refrigerador de Aire

- Deslice el refrigerador de aire en las dos clavijas de metal y asegúrelo con la barra de tensión.
- Presione firmemente la tapa del refrigerador de aire, la marca (orificio de evacuación) debe apuntar hacia arriba.
- Conecte la manga de la bolsa de respiración al conector del refrigerador de aire.

Conectar las mangueras de presión media

En el refrigerador de aire

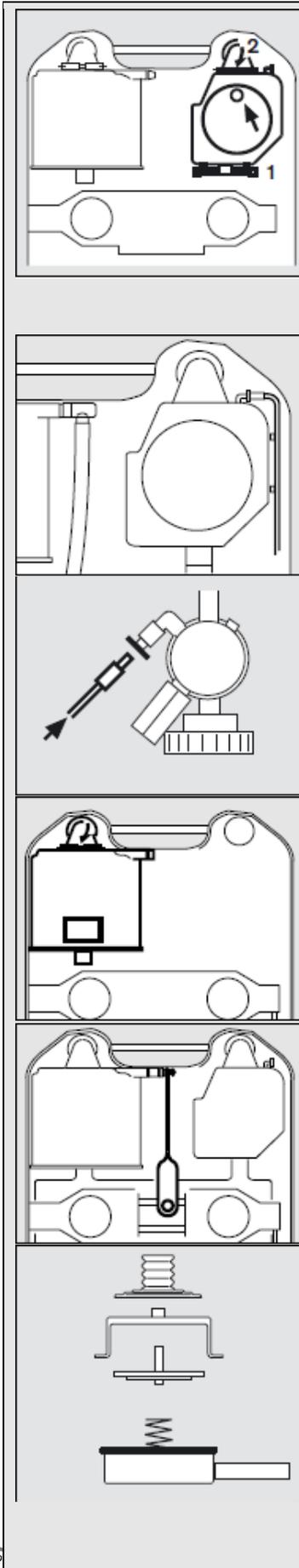
- Inserte el conector metálico de la manguera azul de presión media hasta que encaje y asegure con los clips en el lado.

En el reductor de presión

- Conecte la manguera amarilla de presión media desde la válvula mínima al reductor de presión (véase "Retirar la bolsa de respiración, Válvula de Drenaje y Válvula Mínima" en la página 37), inserte el conector metálico de la manguera hasta que encaje.

Ajuste del absorbedor de CO₂

- Inserte el absorbedor de CO₂ (embalado de fábrica la p/n R 34 360) en la ranura de la escuadra metálica y asegúrelo con la tensión de la barra (ver



"Ajuste del absorbedor de CO₂" en la página 10). Un cartucho de recarga (p/n R 34 277 gris o p/n R 34 367 translúcido) también puede utilizarse en lugar del absorbedor de CO₂ embalado de fábrica.

- Adhiera la manga de la bolsa de respiración al conector del absorbedor de CO₂.

Ajuste de la Palanca Negra

- Ajuste la palanca negra (ver página 37).

Montaje de la Válvula de Descarga

- Examine el anillo circular de la válvula de descarga: Debe estar limpia y en buenas condiciones; de lo contrario debe ser reemplazada. Frote usando Molykote® 111
- Ajuste la válvula de descarga (consulte "Retire la Válvula de Descarga" en la página 36). Introdúzcalo en las dos ranuras en la barra de resorte desde abajo, juntando ambos clips en la válvula de descarga al mismo tiempo.
- Examine el anillo circular del conector angular. Debe estar limpia y en buenas condiciones; de lo contrario debe ser reemplazado. Frotar con Molykote® 111.
- Gire la válvula de alivio 45o hacia la izquierda para bloquearlo.
- Abra el clip de seguridad. Deslice la boquilla angular en el absorbedor de CO₂ y cierre el clip de seguridad hasta que quede enganchado.

NOTA

El extremo largo se une en la parte superior de la unidad.

Ajuste del acoplamiento insertable

- Ajuste la válvula de exhalación. Inserte el conector en el disco de la válvula en el agujero central del alojamiento de la válvula de exhalación y tire de él hasta que el corte se hace visible.

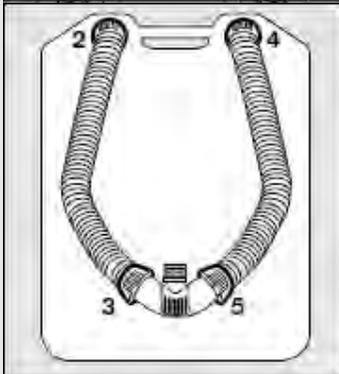
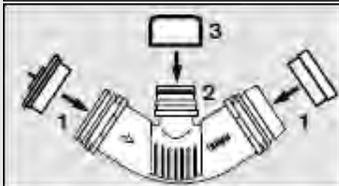
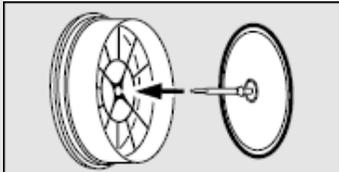
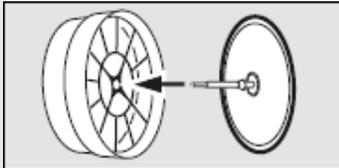
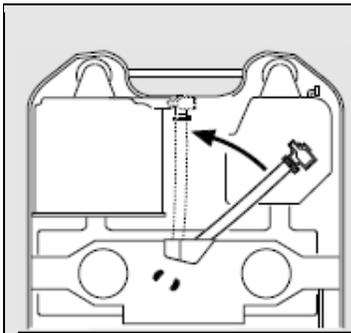
NOTA

El disco de la válvula debe tener un contacto uniforme en todos los lados del asiento de la válvula para que pueda controlar correctamente el circuito de respiración.

- Ajustar la válvula de inhalación de la misma manera.

NOTA

El disco de la válvula debe tener un contacto uniforme en todos los lados del asiento de la válvula para que correctamente puede controlar el circuito de respiración.



- Inserte ambas cubiertas de la válvula en el acoplamiento insertable. Tienen diferentes diámetros y por lo tanto no puede ser confundidos.
- Examine el anillo circular. Debe estar limpio y en buenas condiciones; de lo contrario debe ser reemplazado (véase "Intervalos de mantenimiento" en página 60). Aplique una capa delgada de Molykote® 1111).
- Coloque el tapón de sellamiento R 33 588.

Ajuste de los tubos de respiración

- Las mangueras de respiración no deben estar retorcidas. Para evitar que se enrosquen, preste atención a la posición del molde juntas de partición.
- Las costuras de las separaciones de la manguera de respiración y los conectores para el refrigerador de aire y el absorbedor de CO₂ deben estar alineados.
- Las costuras de las separaciones de la manguera de respiración y el acoplamiento insertable deben estar a 90° uno del otro. El conector apunta hacia arriba.
- Deslice tres anillos de refuerzo sobre cada uno de los tubos de respiración.
- Coloque un anillo de bayoneta sobre los extremos de cada manguera de respiración.
- Deslice la manguera de respiración con manga larga en el conector del refrigerador del aire de respiración.
- Deslice la manga corta de la manguera de respiración en el conector corto del acoplamiento insertable.
- Deslice la segunda manguera de respiración con manga corta en el conector del absorbedor de CO₂.
- Deslice la manga larga de la manguera de respiración en el conector largo del acoplamiento insertable.
- Asegure los cuatro extremos de los tubos de respiración con anillos de bayoneta: Deslice los anillos de bayoneta sobre los conectores y mangas y gire en sentido de las manecillas del reloj hasta que se enganchen.
- Asegure ambas mangueras de respiración a las correas de los hombros con bucles de seguridad. Empuje los extremos de los lazos por debajo las mangueras.

	<p>Ajuste de los resortes</p> <ul style="list-style-type: none">• Montar los dos muelles entre la placa de presión en el bolso de respiración y la barra tensora. <p>Instalar el cilindro de oxígeno</p> <ul style="list-style-type: none">• El cilindro de oxígeno debe estar lleno.
<p>Exámenes visuales</p>	<p>Verificar el estado general de la carcasa para detectar cualquier daño. Verifique las mangueras de inhalación y exhalación y la boquilla.</p> <p>También verifique el estado general de las máscaras, el arnés de la cabeza y visera.</p> <p>Remueva la carcasa protectora frontal y verifique que el cilindro de oxígeno esté adjunto.</p> <p>Verifique que la bolsa de respiración esté conectada y que las conexiones de la bolsa de respiración al refrigerador de aire estén colocadas correctamente.</p> <p>Verifique la válvula de descarga y la válvula de drenaje y la seguridad de las conexiones hacia el refrigerador y el cartucho absorbente</p> <p>A continuación, realice las pruebas pre operacionales. Abra la válvula cilíndrica.</p> <p>El bodyguard se enciende cuando la presión del cilindro es superior a 10 bar.</p> <p>El bodyguard iniciará automáticamente una prueba de auto-diagnóstico. El bodyguard monitorea todas las entradas y muestra todos los iconos.</p> <p>Cuando no se encuentra una falla, aparece una marca de verificación.</p> <p>Cuando se encuentra una falla, aparece una cruz.</p> <p>La prueba de la batería</p> <p>Cuando el ícono indica que hay una carga completa de batería, esta se encuentra bien. Si aparecen los números 1, 2 o 3 en la batería, esta debe ser reemplazada.</p>

	<p>Prueba de filtración con Presión Alta: Abra la Válvula del cilindro. El ícono de válvula del cilindro aparece en la parte posterior de la pantalla y cuando la presión es superior a 165 bar, suena dos veces una alarma.</p> <p>Cierre la válvula del cilindro.</p> <p>Después de 15 segundos, aparece el icono para abrir la válvula del cilindro y eso indica que la prueba con presión alta fue completada con éxito.</p> <p>Nota – Si se detecta una falla durante este examen, un icono de cruz 'X' aparece en la pantalla y la alarma suena cuatro veces. El BG4 no debe utilizarse.</p>
<p>Mantenimiento previsto durante la vida útil</p>	<p>Mensual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar componentes externos (tapa frontal y protectora, arnés, mangueras de respiración, unidad bodyguard y máscara) para comprobar que no estén dañados. • Revisar componentes internos y revisar visualmente el nivel del absorbente en el cartucho • Prueba de filtración con presión alta <p>Cada 6 meses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar componentes externos (tapa frontal y protectora, arnés, mangueras de respiración, unidad bodyguard y máscara) para comprobar que no estén dañados. • Revisar componentes internos y revisar visualmente el nivel del absorbente en el cartucho • Prueba de filtración con presión alta • Cambiar carga absorbente • Cambiar la batería del bodyguard <p>Anual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar componentes externos (tapa frontal y protectora, arnés, mangueras de respiración, unidad bodyguard y máscara) para comprobar que no estén dañados. • Revisar componentes internos y revisar visualmente el nivel del absorbente en el cartucho • Prueba de filtración con presión alta • Cambiar carga absorbente • Cambiar la batería del bodyguard • Renovar la Junta de presión alta • Renueve el anillo circular en el conector del acoplamiento insertable • Realice la comparación de la prueba de la unidad Bodyguard con el indicador de prueba

- Retirar, inspeccionar y volver a montar los discos de la válvula de inhalación y exhalación

Cada 3 años

- Revisar componentes externos (tapa frontal y protectora, arnés, mangueras de respiración, unidad bodyguard y máscara) para comprobar que no estén dañados.
- Revisar componentes internos y revisar visualmente el nivel del absorbente en el cartucho
- Prueba de filtración con presión alta
- Cambiar carga absorbente
- Cambiar la batería del bodyguard
- Renovar la Junta de presión alta
- Renueve el anillo circular en el conector del acoplamiento insertable
- Realice la comparación de la prueba de la unidad Bodyguard con el indicador de prueba
- Retirar, inspeccionar y volver a montar los discos de la válvula de inhalación y exhalación

Cada 5 años

- Revisar componentes externos (tapa frontal y protectora, arnés, mangueras de respiración, unidad bodyguard y máscara) para comprobar que no estén dañados.
- Revisar componentes internos y revisar visualmente el nivel del absorbente en el cartucho
- Prueba de filtración con presión alta
- Cambiar carga absorbente
- Cambiar la batería del bodyguard
- Renovar la Junta de presión alta
- Renueve el anillo circular en el conector del acoplamiento insertable
- Realice la comparación de la prueba de la unidad Bodyguard con el indicador de prueba
- Retirar, inspeccionar y volver a montar los discos de la válvula de inhalación y exhalación
- Enviar cilindro para pruebas hidráulicas

Cada 6 años

- Revisar componentes externos (tapa frontal y protectora, arnés, mangueras de respiración, unidad bodyguard y máscara) para comprobar que no estén dañados.
- Revisar componentes internos y revisar visualmente el nivel del absorbente en el cartucho
- Prueba de filtración con presión alta
- Cambiar carga absorbente
- Cambiar la batería del bodyguard
- Renovar la Junta de presión alta
- Renueve el anillo circular en el conector del acoplamiento insertable



4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<ul style="list-style-type: none">• Realice la comparación de la prueba de la unidad Bodyguard con el indicador de prueba• Retirar, inspeccionar y volver a montar los discos de la válvula de inhalación y exhalación• Enviar cilindro para pruebas hidráulicas• Enviar el reductor de presión al fabricante para mantenimiento para ir a fabricar para el servicio – cambio cada 6 años del regulador BG4 <p>Nota: debe mantenerse un registro para cada unidad, detallando el mantenimiento, las fechas en que se realizaron las pruebas y los resultados obtenidos durante toda la vida comercial.</p>
Requisitos de la prueba de calibración	El indicador de BG4 (unidad de Bodyguard) exige calibración anual.
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Equipo Respiratorio de Circuito Cerrado MSA AirElite 4h Faser W2000 Biomarine Biopak 240

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 2

Nombre del equipo	Auto rescatador de Oxígeno Químico CI 30 KS
Fabricante	DonetsK
Breve descripción	El CI 30 es un equipo antiestático desechable de respiración de circuito cerrado (auto-rescatador) que cumple todos los requisitos od EN 13794:2002
Función	Dispositivo personal de protección respiratoria que utiliza un producto químico (KO ₂) para producir oxígeno (dentro del auto-rescatador) y está destinado a ser usado para escapar en caso de exposición a atmósferas irrespirables tales como humo, gases tóxicos o deficiencia de oxígeno
Cómo usar / manejar el equipo 	<p style="text-align: center;">La unidad normalmente se lleva en un cinturón que se lleva en la cintura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inhale y contenga la respiración • Ponga el auto-rescatador frente a usted • Sujete firmemente la carcasa con la mano izquierda • Enganche y levante la palanca de seguridad de las correas de acoplamiento con la mano derecha rasgando el alambre para sellar. • Sujete firmemente la palanca de seguridad y la placa de cubierta con la mano derecha • Continúe moviendo la correa completamente a la derecha, corte la placa de cubierta • Desbloquee las correas de acoplamiento de la carcasa • Levante la tapa manteniendo la carcasa con una mano y deséchela. El motor de inicio está activado • Quítese el casco • Doble la cabeza y ponga su correa de cuello sobre su cabeza y alrededor del cuello • Póngase el casco • Tire el intercambiador de calor (mientras que hace esto el tapón libera la boquilla) • Enderece la bolsa respiratoria y la manguera de respiración • Coloque la boquilla en su boca entre sus labios y encías. Sujete firmemente la boquilla con los labios • Extienda la pinza nasal y ponga las pinzas sobre ambos orificios nasales • Continúe respirando tranquilamente por la boca • Mientras levanta ligeramente la carcasa con ambas manos, desconecte los lazos de las ranuras de la carcasa con sus pulgares • Extienda la pantalla térmica entre la carcasa y su cuerpo • Ajuste la longitud de la correa para el cuello tirando de la lengüeta con la mano derecha y levantando la unidad con la mano izquierda hacia una posición cómoda para que el peso del equipo auto-rescatador no esté tirando de la boquilla

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<ul style="list-style-type: none"> • Enrolle alrededor de su cuerpo el extremo largo izquierdo de la correa y fíjelo y ajuste la longitud tirando de la lengüeta con la mano derecha • Póngase las gafas protectoras si le fueron proporcionadas • Con calma, siga la ruta de escape a un lugar seguro <p style="text-align: center;">El tiempo total del procedimiento de colocación debe tomar más de 15 segundos</p>																																				
<p>Exámenes visuales</p>	<p>ANTES DE USAR - EXAMINAR LO SIGUIENTE</p> <p>Antes de usar un IC-30, comprobar:</p> <ul style="list-style-type: none"> – La tapa y la carcasa no tienen grietas, agujeros o fracturas. – Las correas de acoplamiento están intactas. – El auto-rescatador está sellado. - El indicador de humedad es de color azul (si la humedad ha penetrado en el auto-rescatador de oxígeno, el color del indicador de humedad cambia a rosa) 																																				
<p>Mantenimiento previsto durante la vida útil</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Verifique</th> <th style="width: 10%;">Antes de cargar</th> <th style="width: 10%;">Después de 3 meses</th> <th style="width: 10%;">Después de 12 meses</th> <th style="width: 10%;">Después de 5 años</th> <th style="width: 10%;">Después de 10 años</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Condición de la tapa, la carcasa, las correas de acoplamiento, el sello</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Color del indicador</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verificación del sello</td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fin de la vida útil</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fin de la vida comercial</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </tbody> </table>	Verifique	Antes de cargar	Después de 3 meses	Después de 12 meses	Después de 5 años	Después de 10 años	Condición de la tapa, la carcasa, las correas de acoplamiento, el sello	X					Color del indicador	X					Verificación del sello		X	X			Fin de la vida útil				X		Fin de la vida comercial					X
Verifique	Antes de cargar	Después de 3 meses	Después de 12 meses	Después de 5 años	Después de 10 años																																
Condición de la tapa, la carcasa, las correas de acoplamiento, el sello	X																																				
Color del indicador	X																																				
Verificación del sello		X	X																																		
Fin de la vida útil				X																																	
Fin de la vida comercial					X																																
<p>Requisitos de la prueba de calibración</p>	<p>INSPECCIONES Y SERVICIO</p> <p>No se requiere mantenimiento técnico especial para el almacenamiento y operación del Ci-30 (ver tabla anterior)</p> <p>Los auto-rescatadores utilizados permanentemente bajo tierra deben ser revisados cada 3 meses utilizando el detector de filtraciones “UPG” que debe alcanzar una presión neumática externa de 5kPa (50 mBar)</p> <p>Los auto-rescatadores almacenados bajo tierra deben pasar la prueba de filtraciones cada 12 meses.</p> <p>El auto-rescatador es hermético y adecuado para ser utilizado cuando la caída de presión en la cámara del probador de filtraciones es inferior a 400 Pa (4 mBar) durante 15 segundos.</p>																																				

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	N / A
Equipo alternativo	Auto-rescatador de oxígeno químico MSA Savox Auto-rescatador de oxígeno químico MSA SSR30



31 Levitskogo str.,
Donetsk, Ukraine 83048
resp@dzga.com

t/f. +38 062 311-11-53
+38 062 381-83-58

Self-contained self-rescuer Ci-30 KS



The Ci-30 KS is personal self-contained self-rescuer which uses chemical oxygen (KO_2) to produce oxygen (O_2) and absorb carbon dioxide (CO_2). The Ci-30 KS is intended for use for escape from irrespirable atmosphere in case of underground accidents: fires, explosions, sudden release of gas or coal dust.

The Ci-30 KS is designed and suitable for everyday carrying on the waist belt as well as for storage in changeover stations or rescue chambers.

The Ci-30 KS has light weight, compact design and simple donning procedure. Trained user can don the Ci-30KS within 7 sec. There is no need to remove the Ci-30KS from case, user remove loops of self-rescuer from waist when donning. During evacuation user does not need to hold the Ci-30 KS with hands, because it is fixed to the breast by neck and chest straps. Adjustment of straps is quick and simple. Heat shield protect user from overheating.

The Ci-30 KS may optionally be equipped with moisture indicator. Daily visual inspection of moisture indicator colour allows to check leaktightness of self-rescuer without additional equipment.

The Ci-30T is training device to train donning procedure of Ci-30KS.

UPG is leak testing machine for testing of leaktightness of self-rescuers which supplied without moisture indicator.

The Ci-30 KS meets the requirements of European Standard EN13794:2002.

Technical data

Nominal rated duration	EN13794:2002
Escape from dangerous environmental, (at 35 l/min)	30 min
Waiting for rescue, (at 10 l/min)	150 min
Dimensions:	
- Height	205 mm
- Length	205 mm
- Width	118 mm
Inhalation temperature, max	45 °C
Inhalation CO_2 content, max	3%
Breathing resistance, max	65 mm w.c.
Weight	2,46 kg
Service life (1 shift per day, 5 days per week)	10 years

www.dzga.com

Available for order

Chemical oxygen self-contained self-rescuer	Ci-30 KS
Training self-rescuer	Ci-30T
Leak testing machine	UPG

ISO 9001
certified by:



Número Asociado a la Matriz de Equipos: 3

Nombre del equipo	Equipo de escape de oxígeno químico Savox
Fabricante	MSA
Breve descripción	<p>El auto-rescatador SavOx o el auto-rescatador SavOx industrial son dispositivos de protección respiratoria (equipos de oxígeno químico) para el auto-rescate, de forma independiente del ambiente de la atmósfera. Protege al usuario de gases tóxicos, partículas tóxicas y agotamiento de oxígeno, mientras que escapa de una atmósfera peligrosa o mientras que espera a ser rescatado. Debe utilizarse exclusivamente para el auto rescate bajo condiciones peligrosas y no está diseñado para su uso a largo plazo.</p> <p>El dispositivo está contenido en un recipiente resistente, cerrado y sellado de acero inoxidable. El dispositivo incluye un cartucho químico con Superóxido de Potasio [KO₂], que es necesario para la regeneración del aire exhalado.</p>
Función	<p>Función</p> <p>El dispositivo le suministra al usuario el oxígeno que se genera a partir del Superóxido de Potasio químico (KO₂). En una emergencia, se abre el contenedor y se extrae el dispositivo de protección respiratoria.</p> <p>El dispositivo tiene un circuito de respiración cerrado. Cuando está en funcionamiento, el aire exhalado se transfiere al cartucho químico con el KO₂. El KO₂ reacciona con la humedad y el dióxido de carbono del aire exhalado y, al mismo tiempo, genera oxígeno y calor. El aire para inhalación que es preparado de esta manera se introduce en la bolsa de respiración y luego se inhala de nuevo.</p> <p>La cantidad de oxígeno resultante depende de la intensidad de la respiración. La respiración aumentada incrementa la formación de oxígeno o viceversa.</p> <p>Cuando se utilice el dispositivo para respirar, el cartucho de KO₂ se calienta gradualmente, al igual que el aire de inhalación. Esto es normal e indica el correcto funcionamiento del dispositivo.</p> <p>Cuando el suministro de oxígeno se está agotando, se presenta un aumento en la resistencia durante la inhalación. El dispositivo está equipado con un motor de arranque que se pone en marcha automáticamente cuando se tira del tubo de respiración. Después de iniciarse, llena la bolsa de respiración con oxígeno adicional.</p> <p>¡ADVERTENCIA!</p>

	<p>¡Sólo se debe abrir el dispositivo para su uso! De lo contrario, la humedad ambiental puede penetrar el dispositivo abierto y afectar el rendimiento. Los dispositivos usados o abiertos deben ser reemplazados por nuevos dispositivos.</p>
<p>Cómo usar o manejar el equipo</p>	<p>(1) Presione la palanca de bloqueo en la dirección de la flecha hasta que el sello se rompa y se caiga el dispositivo de bloqueo.</p> <p>Quitar el dispositivo</p> <p>(2) Sujete la cubierta del recipiente con una mano.</p> <p>(3) Saque el dispositivo halando de la correa para el cuello con la otra mano.</p> <p>(4) Deseche la tapa de recipiente.</p> <p>Colocarse la correa para el cuello</p> <p>(5) Remueva el casco de seguridad, si lo utiliza.</p> <p>(6) Coloque la correa alrededor del cuello.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La válvula de la bolsa debe ser visible en la parte frontal de la bolsa. ▪ No ajuste la correa para el cuello! <p>(7) Colóquese el casco de seguridad.</p> <p>Desconectar el dispositivo</p> <p>(8) Separe el dispositivo del conector de la boquilla.</p> <p>Activar el dispositivo</p> <p>(9) Sujete el tubo de respiración por la boquilla.</p> <p>(10) Extienda completamente el tubo de respiración para activar el motor de arranque.</p> <p style="text-align: center;">Una caída en la resistencia de indica que el motor de arranque ha iniciado.</p> <p>Insertar la Boquilla</p> <p>(11) Ubique la boquilla en la boca con la brida de la boquilla entre los dientes y los labios.</p> <p>(12) Muerda ambas lengüetas.</p>

	<p>(13) Exhale dentro del dispositivo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ De esa forma se infla la bolsa de respiración. ▪ Puede ser necesario extender la bolsa de respiración a mano. <p>Ajuste el Clip de la Nariz</p> <p>(14) Sujete el clip de la nariz de las almohadillas de caucho, separe las almohadillas y póngalas sobre la nariz.</p> <p>Remover y ponerse las gafas</p> <p>Nota: Las gafas están en el lado derecho de la correa para el cuello.</p> <p>(15) Sujete la correa de las gafas y hale para remover la máscara de la correa para el cuello.</p> <p>(16) Ajuste las gafas</p> <p>(17) Ajuste las correas de las gafas.</p> <p>Ajustar la correa para el cuello</p> <p>(18) Ajuste la correa para el cuello.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Asegúrese de poder mover la cabeza libremente. <p>Atar la correa de la cintura</p> <p>(19) Amarre la correa de la cintura y apriete con un nudo.</p>
<p>Exámenes visuales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verifique la cubierta para identificar daños ▪ Revise el remache o la banda anti-sabotaje ▪ Revise el panel indicativo ▪ Revise la fecha de fabricación/mantenimiento ▪ Verifique si el indicador es color azul/ rosado. Si el círculo completo es color rosado, no lo utilice y póngalo fuera de servicio (debe ser mitad azul y mitad rosado).
<p>Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil</p>	<p>Mantenimiento anual</p> <p>Se debe realizar la prueba de estanqueidad del detector de filtraciones del equipo una vez al año</p>



DETECTOR DE FILTRACIONES

5.1 Revisión del Detector de Filtraciones

Se deberá comprobar la estanqueidad del detector de filtraciones antes de usarlo.

La revisión se efectuará con el módulo apropiado (es decir, 100-291-95 para el Savox, 1118-317 para el 90 SSR y 1118-322 para el SSR 30/100).

5.2 Procedimiento

(a) Inserte el módulo apropiado en el detector de filtraciones hasta que detenga (manipule la cavidad para que esté de frente a la puerta).

(b) Cierre y asegure la puerta.

(c) Al mismo tiempo, presione la palanca hasta el agarre y espere 90 segundos.

(d) Después de 30 segundos, verifique la lectura en el medidor.

(e) Espere otros 60 segundos; no debe haber una caída adicional de presión.

5.3 Prueba del Equipo

(a) Retire la correa para cargar (solo SSR 90).

(b) Empuje el equipo hacia el espacio en la parte delantera de la cámara (entre el módulo y la puerta).

Nota: Los lazos de la correa en el Savox y SSR 30/100 miran hacia abajo.

(c) Cierre y asegure la puerta.

(d) Al mismo tiempo, presione la palanca hasta el agarre y espere 90 segundos.

(d) Después de 30 segundos, verifique la lectura en el medidor.

(e) Espere otros 60 segundos; no debe haber una caída adicional de presión.

(g) Registre los resultados en el formato WI-FM-97 (Registro del auto-rescatador de Oxígeno Químico)

5.4 Evaluación de la prueba

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<p>El aparato está ajustado si la diferencia en la caída de presión no supera los 5 mbar después de 1 minuto (6.3(f)) durante la prueba.</p> <p><i>Nota: Las caídas de presión entre 5 y 20 mbar pueden ser corregidas sin cambiar los cartuchos químicos.</i></p> <p>Las caídas de presión de más de 20 mbar requieren que el equipo sea reacondicionado.</p>
Requisitos de la prueba de calibración	<p>Inspección de 30 días para detectar:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Daños▪ Abolladuras grandes▪ sello roto <ul style="list-style-type: none">▪ Prueba anual de filtraciones
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Drager OxyK30 HS

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 4

Nombre del equipo	Equipo de escape de oxígeno químico SSR 90
Fabricante	MSA AUR
Breve descripción	<p>El SSR90 está diseñado para proteger al usuario de explosiones de gas, incendios y posterior a las explosiones, contra gases tóxicos, partículas y deficiencia de oxígeno mientras escapa o espera a ser rescatados.</p> <p>El SSR90 cumple con los requisitos según EN 401/60 S.</p>
Función	<p>Principios de funcionamiento</p> <p>El dispositivo le suministra al usuario el oxígeno que se genera a partir del Superóxido de Potasio químico (KO₂). En una emergencia, se abre el contenedor y se extrae el dispositivo de protección respiratoria.</p> <p>El dispositivo tiene un circuito de respiración cerrado. Cuando está en funcionamiento, el aire exhalado se transfiere al cartucho químico con el KO₂. El KO₂ reacciona con la humedad y el dióxido de carbono del aire exhalado y, al mismo tiempo, genera oxígeno y calor. El aire para inhalación que es preparado de esta manera se introduce en la bolsa de respiración y luego se inhala de nuevo.</p> <p>La cantidad de oxígeno resultante depende de la intensidad de la respiración. La respiración aumentada incrementa la formación de oxígeno o viceversa.</p> <p>Cuando se utilice el dispositivo para respirar, el cartucho de KO₂ se calienta gradualmente, al igual que el aire de inhalación. Esto es normal e indica el correcto funcionamiento del dispositivo.</p> <p>Cuando el suministro de oxígeno se está agotando, se presenta un aumento en la resistencia durante la inhalación. Después de iniciarse el motor de arranque, la bolsa de respiración se llena de oxígeno y se puede empezar a respirar.</p> <p>El SSR90 tiene una duración a medio volumen de trabajo (por ejemplo, escape) de aproximadamente 70 minutos y a tasas bajas de ventilación (por ejemplo, esperando a ser rescatado) de aproximadamente 5 horas.</p> <p>Los auto-rescatadores de oxígeno son equipos autónomos de respiración diseñados exclusivamente para el auto-rescate del usuario en caso de emergencia y no debe utilizarse para aplicaciones de trabajo.</p>

Cómo usar o manejar el equipo	<p>Uso</p> <p>El SSR90 es un dispositivo de protección respiratoria para el auto-rescate, que es independiente del ambiente de la atmósfera. Protege al usuario de gases tóxicos, partículas tóxicas y agotamiento de oxígeno, mientras que escapa de una atmósfera peligrosa o mientras que espera a ser rescatado. Debe utilizarse exclusivamente para el auto rescate bajo condiciones peligrosas y no está diseñado para su uso a largo plazo.</p> <p>Los auto-rescatadores de oxígeno se deben usar una sola vez y en ninguna circunstancia se deben reutilizar.</p> <p>Los equipos que se han utilizado se deben reemplazar por equipos reacondicionados.</p> <p>Colocación del dispositivo - colocación de la SSR90</p> <p>Abrir el recipiente</p> <p>(1) Coloque el recipiente sobre una superficie sólida. La marca "lado hacia el cuerpo" debe apuntar hacia el usuario y la palanca de bloqueo roja debe señalar a la derecha.</p> <p>(2) Tire hacia arriba de la palanca de bloqueo en la dirección de la flecha hasta que el sello se rompa.</p> <p>(3) Retire la cubierta.</p> <ul style="list-style-type: none">• Después de abrirla, lo primero que aparece a la vista y que está disponible, es la correa para el cuello <p>Colocarse la correa para el cuello</p> <p>(4) Remueva el casco de seguridad, si lo utiliza.</p> <p>(5) Coloque la correa alrededor del cuello. Estire y apriete hasta que el dispositivo se encuentre en el pecho.</p> <p>(6) Tire del recipiente hacia abajo y retire usando ambas manos.</p> <p>Insertar la boquilla y activar el Dispositivo</p> <p>(7) Ubique la boquilla en la boca con la brida de la boquilla entre los dientes y los labios.</p> <p>(8) Muerda ambas lengüetas.</p> <p>(9) Exhale dentro del dispositivo.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ De esa forma se infla la bolsa de respiración. <p>(10) ahora tire del anillo de inicio hacia afuera. Este anillo se encuentra debajo del dispositivo</p> <p><input type="checkbox"/> El motor de arranque automáticamente llena la bolsa con el oxígeno</p>
--------------------------------------	--



	<p>Ajuste el Clip de la Nariz (11) Sujete el clip de la nariz de las almohadillas de caucho, separe las almohadillas y póngalas sobre la nariz.</p> <p>Atar la correa de la cintura (12) Amarre la correa de la cintura al lado derecho y apriete.</p> <p>Ponerse las gafas (13) Remueva las gafas de la correa para el cuello. (14) Ajuste las gafas (15) Ajuste las correas de las gafas</p> <p>Colóquese el casco de seguridad, si lo usa</p>																																				
<p>Exámenes visuales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique la cubierta para identificar daños • Revise el remache o la banda anti-sabotaje <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revise la fecha de fabricación/mantenimiento 																																				
<p>Tiempo de vida previsto mantenimiento</p>	<p style="text-align: center;">Horario de mantenimiento planificado de vida típica</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">FRECUENCIA</th> <th style="width: 30%;">FECHA</th> <th style="width: 20%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nuevo</td> <td>Agosto, 2005</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>Anual</td> <td>Agosto, 2006</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>Servicio anual</td> <td>Agosto, 2007</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>A los 3 años o anual (3 años si aplica)</td> <td>Septiembre, 2008</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>Anual</td> <td>Septiembre, 2009</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>A los 5 años + anual</td> <td>Septiembre, 2010</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>Anual</td> <td>Septiembre, 2011</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>Anual</td> <td>Septiembre, 2012</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>A los 8 años o anual (8 años si aplica)</td> <td>Septiembre, 2013</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>Anual</td> <td>Septiembre, 2014</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr style="background-color: red; color: white;"> <td>Año 10 (FINAL DE LA VIDA)</td> <td>Agosto, 2015</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Debe mantener un registro para cada unidad, detallando el mantenimiento, las fechas en que se realizaron las pruebas y los resultados obtenidos durante la vida comercial.</p>	FRECUENCIA	FECHA		Nuevo	Agosto, 2005	✓	Anual	Agosto, 2006	✓	Servicio anual	Agosto, 2007	✓	A los 3 años o anual (3 años si aplica)	Septiembre, 2008	✓	Anual	Septiembre, 2009	✓	A los 5 años + anual	Septiembre, 2010	✓	Anual	Septiembre, 2011	✓	Anual	Septiembre, 2012	✓	A los 8 años o anual (8 años si aplica)	Septiembre, 2013	✓	Anual	Septiembre, 2014	✓	Año 10 (FINAL DE LA VIDA)	Agosto, 2015	
FRECUENCIA	FECHA																																				
Nuevo	Agosto, 2005	✓																																			
Anual	Agosto, 2006	✓																																			
Servicio anual	Agosto, 2007	✓																																			
A los 3 años o anual (3 años si aplica)	Septiembre, 2008	✓																																			
Anual	Septiembre, 2009	✓																																			
A los 5 años + anual	Septiembre, 2010	✓																																			
Anual	Septiembre, 2011	✓																																			
Anual	Septiembre, 2012	✓																																			
A los 8 años o anual (8 años si aplica)	Septiembre, 2013	✓																																			
Anual	Septiembre, 2014	✓																																			
Año 10 (FINAL DE LA VIDA)	Agosto, 2015																																				
<p>Requisitos de la prueba de calibración</p>	<p>Prueba de estanqueidad</p> <p>La prueba de estanqueidad del dispositivo se realiza utilizando el probador de estanqueidad MSA para equipos de protección de respiración de oxígeno químico. La descripción detallada de la estructura, función, uso y mantenimiento del probador de</p>																																				

estanqueidad pueden tomarse de las instrucciones correspondientes del probador de estanqueidad [capítulo 8].

La prueba de estanqueidad del dispositivo se realiza de la siguiente forma:

- (1) empuje el dispositivo sin ninguna de las correas dentro del probador de estanqueidad de tal manera que la cubierta quede mirando hacia la puerta
- (2) cierre la puerta y asegúrela.
- (3) Fije el temporizador en 90 segundos
- (4) Haga presión en exceso sobre la palanca, es decir, empuje la palanca hacia abajo hasta que engrane e inicie el temporizador al mismo tiempo.
- (5) Después de 30 segundos, cubra el puntero negro con el puntero rojo.
- (6) Después de otros 60 segundos, el temporizador señala el final de la prueba. Entonces lea la diferencia de presión entre los punteros rojo y negro.

El dispositivo está ajustado si el puntero negro permanece en la gama de presión prescrita y si la diferencia de presión no supera los 5 mbar.

Si la caída de presión es más de 5 mbar, la unidad debe ser reemplazada

Intervalos

1. los intervalos se basan en la fecha de fabricación [mes/año] en el recipiente. Los equipos fabricados en el mismo año se consideran como "población" y debe ser combinados para la inspección.

Inspección

Antes y después de la inspección visual externo:

Comprobar que el sello esté intacto y que no haya daños externos en el dispositivo.

Prueba anual de estanqueidad

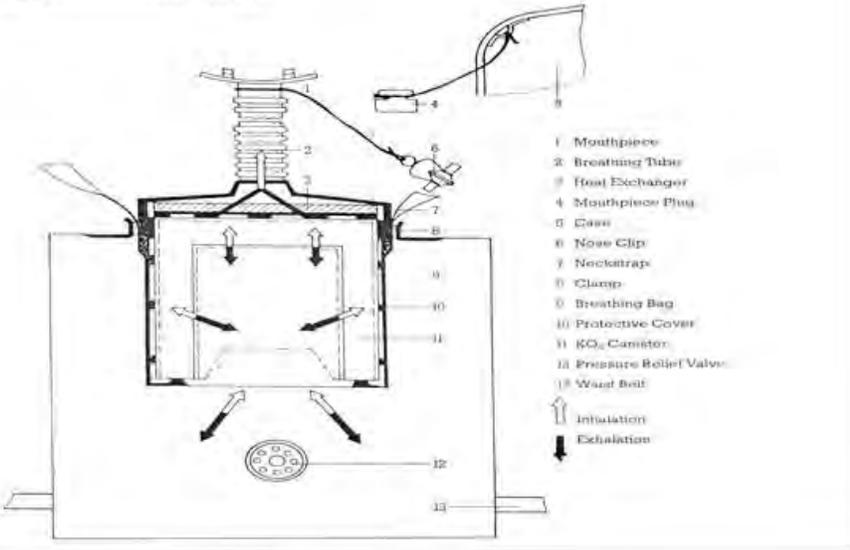
2. Realice la prueba con el probador de estanqueidad D1118845 o mediante el Servicio al Cliente de MSA.



4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<p>Después de 3 años</p> <p>3. Se recomienda que se realice un contrato de servicio con Servicio al Cliente de MSA.</p> <p>Prueba de estanqueidad y Prueba Completa del 3% de la población representativa de dispositivos que son transportados o almacenados en vehículos</p> <p>4. Prueba completa= inspección interna y revisión. El resultado decidirá si el dispositivo se puede seguir usando</p>
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual. Cualquier abolladura grande o sello roto
Equipo alternativo	Drager OXY K

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 5

Nombre del equipo	Sistema de escape de SSR 30 químico de oxígeno
Fabricante	MSA
Breve descripción	<p>El oxígeno equipo autorrescatador SSR30/100 también está diseñado para proteger al portador contra gases tóxicos, partículas en el aire y deficiencia del oxígeno mientras que escape o a la espera de rescate. Este tipo de ambiente puede ocurrir en el tras explosiones de gas, incendios y explosiones de minas. El SSR30 se ajusta a la norma EN401</p>
Función	<p>Función El SSR 30/100 provee al usuario con el oxígeno que se genera a partir de un producto químico (KO₂). Esto permite ser totalmente independiente de la atmósfera circundante.</p> <p>Aplicación El oxígeno se produce cuando Di-óxido de carbono y humedad del aire exhalado de la persona reacciona con la sustancia. Esta reacción elimina el CO₂ y vapor de agua y las reemplaza con oxígeno según la demanda del usuario. Como el SSR30/100 es un diseñado como un aparato de auto respiración también está diseñada exclusivamente para auto rescate del portador en caso de emergencia y no debe utilizarse para aplicaciones de trabajo. Están contenidos en un recipiente de acero inoxidable robusto y puede ser usados continuamente en la banda para su uso inmediato.</p> <p>La duración de una SSR30/100 depende del uso pero se puede aproximar como sigue: 100 minutos en reposo (10 litros/minuto) y a 30 minutos a media carga de trabajo (30 litros/minuto).</p> <p><small>Fig. 1. Schematic Design and Air Flow</small></p>  <p>1 Mouthpiece 2 Breathing Tube 3 Heat Exchanger 4 Mouthpiece Plug 5 Case 6 Nose Clip 7 Necktraps 8 Clamp 9 Breathing Bag 10 Protective Cover 11 KO₂ Canister 12 Pressure Relief Valve 13 Waist Belt</p> <p>↑ Inhalation ↓ Exhalation</p>
Cómo usar o explotar	<p>Se debe utilizar sólo una vez y bajo ninguna circunstancia reutilizado hasta que nuevamente revisado y probado por un ingeniero autorizado. Cualquier aparato que se han utilizado bajo tierra debe ser reemplazado.</p> <p>ABIERTO</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Empuje la palanca de bloqueo en la dirección de la flecha hasta plomo sello se rompe y ▪ la tapa del envase se suelta y se cae la cerradura <p>SEPARADO</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sujete la cubierta del envase con una mano. ▪ Con la otra mano tire del Salvador por correa para el cuello. ▪ Si, al abrir el envase, la tapa cae lejos con el dispositivo de bloqueo, el rescatador se desplegará automáticamente y ser suspendido por el tapón de la boquilla. ▪ Extraiga el aparato del enchufe de la boquilla. <p>Póntelo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Jale la correa para el cuello sobre la cabeza y ▪ se coloca alrededor del cuello. ▪ y desplegar la Bolsa respiratoria <p>Inflar</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Coloque la brida entre dientes y labios y mordida hacia abajo en las dos zapatas. ▪ Ajuste de la boquilla y <u>exhale</u> en el aparato dos veces. ▪ Asegurar la bolsa está <u>totalmente</u> desplegada. <p>Clip de la nariz</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Clip de nariz de agarre, tire ▪ Aparte de almohadillas de la nariz y ajuste a la nariz. <p>Ajustar</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ajuste la correa para el cuello. ▪ Asegúrese de que el director es capaz de moverse libremente. ▪ Cinturón de amarre y apriete con nudo. ▪ Colóquese el casco de seguridad, si se utiliza.
--	--

Exámenes visuales	<ul style="list-style-type: none"> • Caso de verificación de daños • Verificar banda anti-tamper/remache • Compruebe la fecha de emisión/servicio
--------------------------	--

Tiempo de vida previsto mantenimiento	INTERVALS(1)	Medidas	
	Antes y después de cada	Inspección	Inspección visual externa
	Anualmente	Inspección	Prueba de fuga externa
	Después de 3 años (2)		Prueba de fuga externa y completa de todas las unidades que muestran signos importantes de desgaste Si suficiente desgaste la interna prueba de fugas

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	después de la 5 años (2)	Inspección completa	control completo de todas las unidades prueba de fugas internas
	Después de 8 años (2)		Prueba de fugas externa y completo control de todas las unidades que muestran signos importantes de desgaste, si suficiente desgaste la interna prueba de fugas
	Después de 10 años	FINAL DE VIDA ÚTIL	
Requisitos de la prueba de calibración	como por encima de		
Responsabilidades	Técnicos		
Solución de problemas	Según el manual.		
Equipo alternativo	Drager OXY K Dezega Ci 30		

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 6-7

Nombre del equipo	MX6 iBrid
Fabricante	Industrial Scientific Corporation. Pittsburgh, PA USA
Breve descripción 	El monitor multigas MX6 es un instrumento "acoplable" y portátil para la protección personal.
Función	Características clave Indicador de Audio <ul style="list-style-type: none"> • Utilizado para alarmas, advertencias y el indicador de confianza opcional. Hay dos niveles de alarmas audibles de gas basadas en la frecuencia de los pitidos y la longitud del retardo entre los pitidos. • Nivel Bajo (nivel 1): Pitidos de baja frecuencia con un retardo largo. • Nivel Alto (nivel 2): Alta frecuencia con retardo corto. • Para todos los sensores, con la excepción del sensor de oxígeno, si la lectura del gas está por encima del nivel alto de alarma, el instrumento sostiene la alarma alta hasta que la lectura de gas esté por debajo del nivel alto de alarma, entonces el instrumento cambia a la alarma baja hasta que la lectura de gas esté por debajo del nivel bajo de alarma. Para el sensor de oxígeno, una alarma alta sólo está indicada tanto para el enriquecimiento y el agotamiento de oxígenos. Alarma vibrante <ul style="list-style-type: none"> • Una alarma pulsante que se utiliza para las alarmas de límite y como un indicador de confianza. Alarma visual <ul style="list-style-type: none"> • El instrumento tiene una alarma LED situada por debajo de la matriz del sensor opaco en la parte superior de la unidad. Hay dos niveles de alarmas visuales según la longitud de retardo entre los destellos del LED. • Nivel Bajo (nivel 1): Los LEDs pulsan con un largo retraso • Nivel Alto (nivel 2): Los LEDs pulsan con un breve retraso

- La iluminación de fondo de la LCD parpadea como parte de todas las secuencias de alarma, excepto cuando se presenta un nivel bajo de batería. La alarma visual también se utiliza como el indicador de confianza que, cuando se activa, hace que el LED parpadee una vez cada 30 segundos.

Puerto Infrarrojo (I / R)

- Una interfaz de medios ópticos (según la especificación de capa física de IrDA) está situada en la parte inferior del instrumento y se utiliza para las transmisiones de datos infrarrojos (I/R) a velocidades de 115200 bytes por segundo.

Clip/Conector

- Situado en la parte posterior del MX6 para monitoreo manos libres de gas.
- También se proporciona una correa de pulsera para proteger contra caídas durante la operación.

Bases

- Hay tres bases diferentes disponible para ser usados con el monitor multigas MX6.
- Cargador: Cargar las baterías internas
- Enlace de datos: Descargar datos (por ejemplo, eventos) a un computador
- Cargador/conexión de datos: Combinación de ambos.

Pantalla a color

- LCD TFT de alta resolución.
- Pantalla a color de cristal líquido.

Interfaz de usuario basada en menús

- La interfaz de usuario está basada en menús y contiene el LCD, Botón de Navegación, Indicador de Audio, Alarma Vibrante y Alarma Visual. El sistema de menú consta de dos menús de raíz diferente. El color de fondo de la pantalla LCD identifica el menú actual.
- Menú de Operación: fondo blanco en la pantalla LCD
- Menú de Configuración: fondo amarillo en la pantalla LCD.
- Se puede proteger el Acceso de Seguridad al Modo de Configuración mediante una contraseña de seguridad. Cuando se activa, se debe ingresar esta contraseña para acceder y cambiar los parámetros en el menú de configuración.

Eventos de alarma

- Se graban quince eventos de alarma del instrumento en una cola FIFO de memoria no volátil y se les asigna una marca horaria. Cada vez que se activa la alarma del instrumento, se registra un evento de error.
- La información del evento (que puede ser descargada del instrumento) incluye número de serie del instrumento, tipo de sensor, número de

serie del sensor, tipo de gas, nivel de exposición máximo, duración de la duración de la alarma en minutos y segundos, y la fecha y hora en que se activó la alarma.

Eventos de error

- Se graban quince eventos de alarma del instrumento en una cola FIFO de memoria no volátil y se les asigna una marca horaria. Cada vez que ocurre una falla, se registra un evento de error (incluyendo fallas de bomba y eventos de falla durante la prueba de autodiagnóstico).
- La información almacenada para cada evento incluye número de serie del instrumento, la falla que ocurrió, el código del error de falla, la fecha y hora y cualquier dato pertinente (es decir, la lectura actual de la bomba).

Registro de Datos

- El registro de datos es una característica que permite grabar una variedad de parámetros del sistema en intervalos regulares (y guardado internamente) para ser recuperados (y leídos) en una fecha posterior. La función de registro de datos guarda la siguiente información:
 - Tipo de Gas
 - Lectura de Gas
 - Hora del Día
 - Fecha
 - Temperatura
 - Nivel de Batería
 - Condiciones de Alarma señaladas
 - Identificación de usuario
 - STEL
 - Identificador del sitio
 - Captura habilitada o deshabilitada
 - TWA
- El registro de datos se descarga cuando la unidad está acoplada en una estación de acoplamiento compatible y se pueda acceder a través de iNet Control, Consola del Administrador del Servidor de la Estación de Acoplamiento (DSSAC) y el Software Accesorio Científicos Industrial.

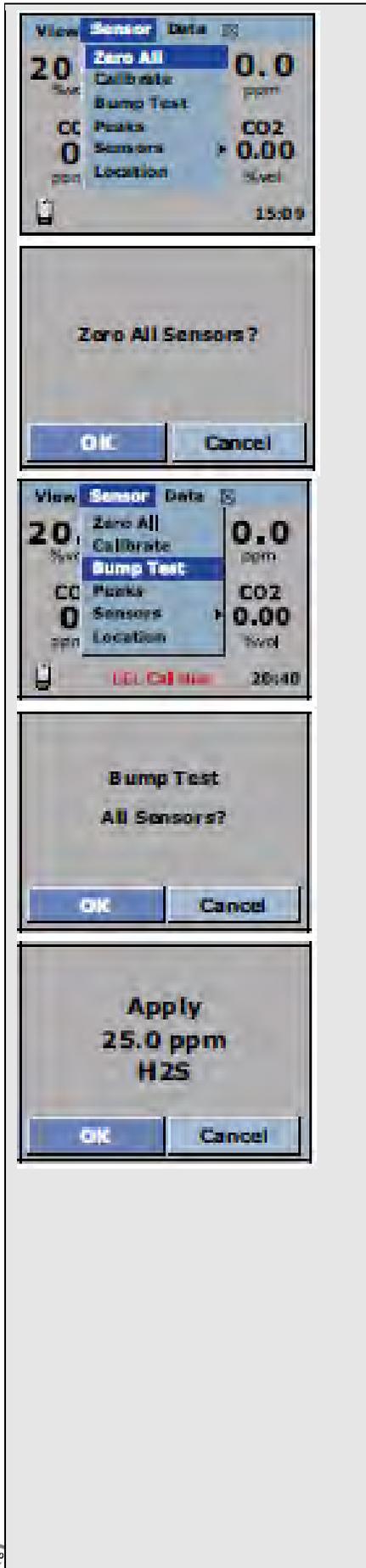
Cómo usar o manejar el equipo



Hay Cuatro Pasos de Operación (cada día, antes de ser usado)

- 1 – Encienda el instrumento.
 - Presione y sostenga el botón de encendido durante 3 segundos, luego suéltelo para puesta en marcha.
 - Siga las instrucciones hasta que el instrumento llegue a la pantalla de las lecturas de Gas.
 - Compruebe la batería para asegurarse de que esté completamente cargada.





- 2 – Ponga el instrumento en cero estando en aire fresco.
- Presione el botón de encendido para abrir el menú.
 - Presione ► para resaltar el Menú del Sensor.
 - Presione el botón de encendido para abrir el Menú del Sensor.
 - Presione ▼ hasta que se resalte la opción "Todo en cero".
 - Presione el botón de encendido para iniciar y luego siga las instrucciones en la pantalla.

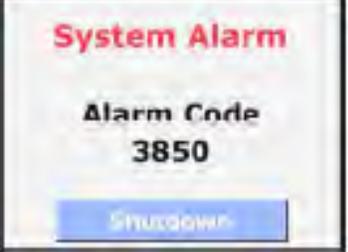
- 3 - Prueba de impacto del instrumento.
- Presione el botón de encendido para abrir el menú.
 - Presione ► para resaltar el menú de Sensor.
 - Presione el botón de encendido para abrir el menú del Sensor.
 - Presione ▼ hasta que se destaque la opción de "Prueba de Impacto".
 - Presione el botón de encendido para iniciar y luego siga las instrucciones en la pantalla.

	<p>4 - Borrar las lecturas pico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presione el botón de encendido para abrir el menú. • Presione ► para destacar el menú del Sensor. • Presione el botón de encendido para abrir el menú del Sensor. • Presione ▼ hasta que destaque la opción de "Picos". • Presione el botón de encendido para ver los picos. • Presione ► para destacar "eliminar". • Presione el botón de encendido y siga las instrucciones en la pantalla.
<p>Exámenes visuales</p>	<p>Antes de usar, realizar inspección visual y general de la condición del Monitor para detectar señales de grietas o daños.</p>
<p>Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil</p>	<p>Frecuencia recomendada del procedimiento. Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Configuración - antes del primer uso y según sea necesario después de eso. • Calibración - antes del primer uso y mensualmente después de eso. • Prueba de Impacto- cada día, antes del uso. <p>Nota - entre calibraciones periódicas, ISC también recomienda que se realice una calibración inmediatamente después de cada una de estos incidentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La unidad se cae, se deja caer, o sufre otro tipo de impacto significativo. • La unidad es expuesta al agua. • La unidad falla una prueba de funcionamiento. • La unidad ha sido reiteradamente expuesta a una concentración de gas (positiva o negativa) de exceso de rango. <p>También se recomienda una calibración después de la instalación de un sensor nuevo (o reemplazo). Si las condiciones no permiten pruebas diarias, las pruebas de impacto pueden hacerse con menor frecuencia según la política de seguridad de la empresa.</p>

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<p>Nota: el uso de gases no proporcionados por ISC puede anular las garantías del producto y limitar las demandas potenciales de responsabilidad.</p>																																										
<p>Requisitos de la prueba de calibración</p>	<p>Calibración - antes del primer uso y mensualmente después de eso. La calibración debe realizarse inmediatamente después de cada una de estas incidencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La unidad se cae, se deja caer, o sufre otro tipo de impacto significativo. • La unidad es expuesta al agua. • La unidad falla una prueba de funcionamiento. • La unidad ha sido reiteradamente expuesta a una concentración de gas (positiva o negativa) de exceso de rango. <p>También se recomienda una calibración después de la instalación de un sensor nuevo (o reemplazo).</p>																																										
<p>Responsabilidades</p>	<p>Técnicos</p>																																										
<p>Solución de problemas</p> <div data-bbox="207 978 561 1245" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>O₂</td> <td>SO₂</td> <td>H₂S</td> </tr> <tr> <td>20.9</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>%vol</td> <td>ppm</td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>CO</td> <td>LEL</td> <td>CO₂</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>ppm</td> <td>%LEL</td> <td>%vol</td> </tr> <tr> <td colspan="3">H₂S Cal Due 18:22</td> </tr> </table> </div> <div data-bbox="207 1251 561 1518" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>O₂</td> <td>PID</td> <td>SO₂</td> </tr> <tr> <td>20.9</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>%vol</td> <td>ppm</td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>H₂S</td> <td>CO</td> <td>LEL</td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ppm</td> <td>ppm</td> <td>%LEL</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Low battery 16:54</td> </tr> </table> </div> <div data-bbox="207 1581 552 1839" style="border: 1px solid black; padding: 20px; text-align: center; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Pump Fault</p> </div>	O ₂	SO ₂	H ₂ S	20.9	0.0	0.0	%vol	ppm	ppm	CO	LEL	CO ₂	0	0	0.00	ppm	%LEL	%vol	H ₂ S Cal Due 18:22			O ₂	PID	SO ₂	20.9	0.0	0.0	%vol	ppm	ppm	H ₂ S	CO	LEL	0.0	0	0	ppm	ppm	%LEL	Low battery 16:54			<p>Como se describe abajo, algunos eventos (por ejemplo, falla en la bomba) pueden resolverse mediante el operador del instrumento o un técnico de servicio. Otros eventos requieren la instrucción o el mantenimiento por parte de Industrial Scientific.</p> <p>Advertencia de necesidad de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando está previsto que la unidad reciba mantenimiento, aparece un mensaje de texto en la fila inferior de la pantalla (Se muestra H₂S Calibración Necesaria). • Responder de acuerdo con política de la empresa. Puede acoplarse la unidad para el mantenimiento o la tarea puede ser realizada manualmente por parte de personal calificado. <p>Advertencia de Batería Baja</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la batería le queda menos de una hora de vida. • Cuando quedan menos de 10 minutos, el mensaje y el ícono parpadean; se activa una alarma audible (si está activada). • Responder de acuerdo con la política de la empresa. <p>Alarma de falla de la bomba.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Responder de acuerdo con la política de la empresa. • El personal calificado puede apagar la unidad, luego verificar y corregir si hay daños, escombros y una instalación inadecuada en estas áreas:
O ₂	SO ₂	H ₂ S																																									
20.9	0.0	0.0																																									
%vol	ppm	ppm																																									
CO	LEL	CO ₂																																									
0	0	0.00																																									
ppm	%LEL	%vol																																									
H ₂ S Cal Due 18:22																																											
O ₂	PID	SO ₂																																									
20.9	0.0	0.0																																									
%vol	ppm	ppm																																									
H ₂ S	CO	LEL																																									
0.0	0	0																																									
ppm	ppm	%LEL																																									
Low battery 16:54																																											

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

  	<p>casquillo de entrada, filtro de entrada de barril y el polvo y la línea de muestreo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si la unidad permanece con fallo de bomba, póngase en contacto con un supervisor o con Industrial Scientific. <p>Fallo del Sensor.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una función de datos ha fallado para uno o más de los sensores instalados. • Cada sensor fallido se indica por una lectura de gas de "ERR" y no está en funcionamiento. • Responder de acuerdo con la política de la empresa. • Personal calificado puede apagar la unidad y revisar los sensores instalados para asegurar su correcta instalación. <p>No hay Sensores Instalados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La unidad no detecta sensores instalados y no funciona. • Responder de acuerdo con la política de la empresa. • Personal calificado puede apagar la unidad y verificar las instalaciones de sensor. <p>Sistema de Alarma.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La unidad no está en funcionamiento. • Responder de acuerdo con política de la empresa. • Una falla crítica de hardware o de sistema ha ocurrido y está indicada en pantalla por un número de cuatro dígitos que comienza con 3 (se indica 3850). • Personal calificado debe contactar a Industrial Scientific para recibir asistencia.
<p>Equipo alternativo</p>	<p>MSA Altair 5 X MSA Altair 4 X</p>

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 8-9

Nombre del equipo	Anemómetro Minero de Bolsillo PMA 2008
Fabricante	MPS Mine and Process Service Inc.
Breve descripción	Anemómetro Minero de Bolsillo
Función 	El Anemómetro Minero Intrínsecamente Seguro (IS) es un anemómetro electrónico alimentado por batería, diseñado para tomar lecturas de ventilación en minería subterránea. La señal audible del Anemómetro de Bolsillo IS le permite conocer el momento en que comienza el conteo de 60 segundos, mientras que cuenta y cuándo termina. La pantalla LCD puede ser programada para ser leída en modo métrico.
Cómo usar o manejar el equipo  	Encienda la unidad. <ul style="list-style-type: none"> • Presione el botón de encendido. La unidad se encenderá en el modo en el que estaba cuando se apagó por última vez. Apague la unidad. <ul style="list-style-type: none"> • Mantenga presionado el botón de encendido durante 3 segundos. La unidad se apagará automáticamente tras 45 minutos sin que se pulse un botón. Cualquier valor o conteo total se borrarán cuando se apague la unidad. Medir el Flujo de Aire. Existen 2 modos para medir la velocidad de aire: Modo de Velocidad Instantáneo y Modo de Conteo (modos descritos a continuación). En ambos modos, simplemente sujete la unidad en el flujo de aire que desea medir. La unidad debe estar de frente a usted para que la pantalla sea visible, y el flujo de aire debe venir hacia usted. Cambiar los modos- Presione ambos botones de dirección al mismo tiempo para cambiar de modo. Modo de Velocidad Instantánea En este modo, la velocidad del aire se actualiza cada segundo. La medición se basa en un promedio de los 3 segundos anteriores (conocido como una media móvil de 3 segundos). Para mantener el valor actual en la pantalla, pulse la tecla de dirección izquierda. El valor medido y el ícono 'HOLD' va a parpadear. Para liberar la función "hold", pulse nuevamente el botón izquierdo de dirección. Modo de Conteo

En este modo, la velocidad del aire se mide contando la circulación del aire durante 1 minuto. Sujete la unidad con el brazo extendido y presione el botón de dirección derecha para iniciar el conteo. La pantalla mostrará el icono de CONTEO y la acumulación de distancia de movimiento del aire a través del impulsor. Este modo requiere de 1 minuto antes de que se pueda mostrar una medición válida. La cuenta puede interrumpirse antes de 1 minuto presionando el botón de dirección derecha nuevamente, pero el valor no es un recuento correcto de pies en 1 minuto.

Mientras cuenta, la unidad emitirá:

- Un pitido durante 5 segundos cuando comienza la cuenta.
- Un pitido después de 15 segundos.
- Dos pitidos después de 30 segundos.
- Tres pitidos después de 45 segundos.
- Un pitido durante 5 segundos después de 60 segundos.

La distancia total de movimiento de aire en 1 minuto se mostrará parpadeando. Para borrar la pantalla y reconfigurar para un nuevo conteo, presione el botón derecho de dirección.

Cambiar unidades de medida.

Apague la unidad. Con la unidad apagada, mantenga pulsados los tres botones durante 5 segundos. Libere todos los botones. La pantalla mostrará la palabra "unidad" y las unidades de medida parpadearán. Para cambiar las unidades de medida, pulse el botón izquierdo o el botón derecho de dirección para alternar entre FPM (pies por minuto) y M/S (metros por segundo). Presione el botón de encendido para seleccionar las unidades de medida y volver al modo normal.

Ajustar el tono de timbre.

Apague la unidad. Con la unidad apagada, mantenga pulsados todos los botones durante 10 segundos (5 segundos después de que en la pantalla aparece "unit"). La pantalla mostrará el mensaje "Beep".

Pulse el botón de encendido para entrar en el modo de ajuste de timbre. La pantalla mostrará un código de 2 dígitos (1 para la frecuencia más baja, 20 para la mayor) y emitirá un pitido a la configuración actual durante 5 segundos o hasta que se pulse cualquier botón.

Presione el botón Izquierdo de dirección para disminuir la configuración de la frecuencia. La unidad emitirá un pitido en la nueva configuración durante 5 segundos o hasta que se pulse cualquier botón. La configuración de la frecuencia puede ir del más bajo al más alto.

Presione el botón Derecho de dirección para aumentar la configuración de la frecuencia. La unidad emitirá un pitido en la nueva configuración durante 5 segundos o hasta que se pulse cualquier botón. La configuración de la frecuencia

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

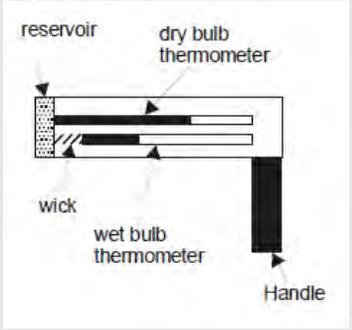
	puede ir del más alto al más bajo. Presione el botón de encendido para salir del modo de configuración.
Exámenes visuales	Antes de usar, es necesario realizar una inspección visual y general de la condición del anemómetro para detectar señales de grietas o daños.
Mantenimiento durante el tiempo previsto de vida útil	<p>Batería Cuando aparezca el indicador de batería, reemplace la batería con una batería Energizer, Panasonic o Sony CR2032 o batería de litio tipo moneda Duracell LD2032. Reemplace la batería en aire fresco.</p> <p>Impulsor Reemplace el impulsor después de aproximadamente 6 meses de uso. Esto es una recomendación para asegurar medidas precisas.</p>
Requisitos de la prueba de calibración	No se requiere ninguna calibración. Si el anemómetro está defectuoso o dañado, sustituya la unidad.
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	<p>¿Por qué el impulsor parece desequilibrado? Es NORMAL que el impulsor oscile mientras que se detiene. NO está desequilibrado. Por el contrario, contiene un imán muy pequeño que responde al campo magnético de la tierra. Esto no afecta la precisión de las lecturas de velocidad del viento porque el campo magnético aplica un freno y una fuerza de aceleración que se anulan mutuamente. El impulsor ha sido calibrado para ser exacto en un rango de al menos $\pm 3\%$.</p> <p>Uso de alta velocidad. Después de varias horas de funcionamiento a más de 5.000 FPM, el PMA 2008 perderá cierta exactitud debido al desgaste de los cojinetes de zafiro en la unidad del rotor. Si usted requiere mediciones de baja y alta velocidad, recomendamos un segundo impulsor.</p> <p>Dar solución a un impulsor dañado. Si el impulsor gira, pero sólo aparece "0" o "-" en la pantalla, el impulsor podría no estar enviando una señal a la unidad. Pruebe la unidad encendiéndola y colocándola cerca de una fuente electromagnética (es decir, al respaldo del TV o el monitor de la computadora). Si la pantalla muestra un número distinto de "0" o "-", la unidad no necesita ser devuelto, pero necesita un nuevo ensamble de impulsor. Contacte a MPS o el lugar en donde realizó la compra para pedir un reemplazo.</p> <p>Reemplazar el impulsor.</p>



4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<p>Presione FIRMEMENTE con los pulgares los lados de la carcasa del impulsor negro para quitar el conjunto. Al insertar el nuevo impulsor, asegúrese de que la flecha esté hacia el lado de la pantalla de la unidad y esté alineado con la parte superior del medidor. Presione en los lados de la carcasa en lugar de presionar en el centro.</p> <p>Ejecutar la Prueba de Pantalla. Esta prueba mostrará si la pantalla está funcionando correctamente. Apague la unidad. Con la unidad apagada, mantenga pulsados los botones izquierdo y derecho de dirección y presione el botón de encendido. Se mostrará la versión del código. Presione el botón de encendido para avanzar en la pantalla a través de las pantallas de prueba.</p>
Equipo alternativo	Anemómetro Amittari AA-136V

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 10

Nombre del equipo	Higrómetro Giratorio																																																																																																																																																																																																																																																													
Fabricante	Elcometer Ltd																																																																																																																																																																																																																																																													
Breve descripción	Dispositivo para controlar la humedad relativa.																																																																																																																																																																																																																																																													
Función 	<p>El higrómetro giratorio ofrece el máximo nivel de exactitud debido a la naturaleza de la medida. Es uno de los métodos más económicos para monitorear la humedad relativa que utiliza el principio húmedo y seco, termómetros fabricados con BS2842 permite que se tomen lecturas precisas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rango de - 5 ° c a + 50 ° c • Precisión +-0,2 ° c • Dimensiones 230 x 50 mm • Peso 200g <p>Alojado en un marco robusto de plástico amarillo y con un mango negro abatible, el instrumento incorpora una cisterna de agua que se une al bulbo "húmedo" por medio de una manga de algodón.</p>																																																																																																																																																																																																																																																													
Cómo usar o manejar el equipo  <table border="1"> <caption>RELATIVE HUMIDITY CONVERSION TABLE</caption> <thead> <tr> <th>Dry-bulb temperature</th> <th colspan="10">Dry-bulb temperature minus wet-bulb temperature, °C</th> </tr> <tr> <th>temperature</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10°C</td><td>88</td><td>77</td><td>66</td><td>55</td><td>44</td><td>34</td><td>24</td><td>15</td><td>6</td><td>—</td></tr> <tr><td>11°C</td><td>89</td><td>78</td><td>67</td><td>56</td><td>45</td><td>35</td><td>25</td><td>16</td><td>7</td><td>—</td></tr> <tr><td>12°C</td><td>89</td><td>78</td><td>68</td><td>58</td><td>48</td><td>39</td><td>29</td><td>21</td><td>12</td><td>—</td></tr> <tr><td>13°C</td><td>89</td><td>79</td><td>69</td><td>59</td><td>50</td><td>41</td><td>32</td><td>22</td><td>13</td><td>7</td></tr> <tr><td>14°C</td><td>90</td><td>79</td><td>70</td><td>60</td><td>51</td><td>42</td><td>34</td><td>25</td><td>16</td><td>10</td></tr> <tr><td>15°C</td><td>90</td><td>80</td><td>71</td><td>61</td><td>53</td><td>44</td><td>36</td><td>27</td><td>20</td><td>13</td></tr> <tr><td>16°C</td><td>90</td><td>81</td><td>71</td><td>63</td><td>54</td><td>46</td><td>38</td><td>30</td><td>23</td><td>15</td></tr> <tr><td>17°C</td><td>90</td><td>81</td><td>72</td><td>64</td><td>55</td><td>47</td><td>40</td><td>32</td><td>25</td><td>18</td></tr> <tr><td>18°C</td><td>91</td><td>82</td><td>73</td><td>65</td><td>57</td><td>49</td><td>41</td><td>34</td><td>27</td><td>20</td></tr> <tr><td>19°C</td><td>91</td><td>82</td><td>74</td><td>65</td><td>58</td><td>50</td><td>43</td><td>36</td><td>29</td><td>22</td></tr> <tr><td>20°C</td><td>91</td><td>83</td><td>74</td><td>66</td><td>59</td><td>51</td><td>44</td><td>37</td><td>31</td><td>24</td></tr> <tr><td>21°C</td><td>91</td><td>83</td><td>75</td><td>67</td><td>60</td><td>53</td><td>46</td><td>39</td><td>32</td><td>26</td></tr> <tr><td>22°C</td><td>92</td><td>83</td><td>76</td><td>68</td><td>61</td><td>54</td><td>47</td><td>40</td><td>34</td><td>28</td></tr> <tr><td>23°C</td><td>92</td><td>84</td><td>76</td><td>69</td><td>62</td><td>55</td><td>48</td><td>42</td><td>36</td><td>30</td></tr> <tr><td>24°C</td><td>92</td><td>84</td><td>77</td><td>69</td><td>62</td><td>56</td><td>49</td><td>43</td><td>37</td><td>31</td></tr> <tr><td>25°C</td><td>92</td><td>84</td><td>77</td><td>70</td><td>63</td><td>57</td><td>50</td><td>44</td><td>39</td><td>33</td></tr> <tr><td>26°C</td><td>92</td><td>85</td><td>78</td><td>71</td><td>64</td><td>58</td><td>51</td><td>46</td><td>40</td><td>34</td></tr> <tr><td>27°C</td><td>92</td><td>85</td><td>78</td><td>71</td><td>65</td><td>58</td><td>52</td><td>47</td><td>41</td><td>36</td></tr> <tr><td>28°C</td><td>93</td><td>85</td><td>78</td><td>72</td><td>65</td><td>59</td><td>53</td><td>48</td><td>42</td><td>37</td></tr> <tr><td>29°C</td><td>93</td><td>86</td><td>79</td><td>72</td><td>66</td><td>60</td><td>54</td><td>49</td><td>43</td><td>38</td></tr> <tr><td>30°C</td><td>93</td><td>86</td><td>79</td><td>73</td><td>67</td><td>61</td><td>55</td><td>50</td><td>44</td><td>39</td></tr> </tbody> </table>	Dry-bulb temperature	Dry-bulb temperature minus wet-bulb temperature, °C										temperature	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10°C	88	77	66	55	44	34	24	15	6	—	11°C	89	78	67	56	45	35	25	16	7	—	12°C	89	78	68	58	48	39	29	21	12	—	13°C	89	79	69	59	50	41	32	22	13	7	14°C	90	79	70	60	51	42	34	25	16	10	15°C	90	80	71	61	53	44	36	27	20	13	16°C	90	81	71	63	54	46	38	30	23	15	17°C	90	81	72	64	55	47	40	32	25	18	18°C	91	82	73	65	57	49	41	34	27	20	19°C	91	82	74	65	58	50	43	36	29	22	20°C	91	83	74	66	59	51	44	37	31	24	21°C	91	83	75	67	60	53	46	39	32	26	22°C	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	23°C	92	84	76	69	62	55	48	42	36	30	24°C	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	25°C	92	84	77	70	63	57	50	44	39	33	26°C	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34	27°C	92	85	78	71	65	58	52	47	41	36	28°C	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	29°C	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	30°C	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	<p>Uso del higrómetro giratorio</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Llene el depósito con agua destilada. 2. Comprobar que la mecha cubra completamente el bulbo del termómetro húmedo y esté saturada con agua. 3. Sostenga el mango del higrómetro y gírelo durante 20 a 40 segundos. 4. Rápidamente lea el termómetro mojado y gire el higrómetro. 5. Repita los pasos 3 y 4 hasta que las lecturas consecutivas sean iguales. Lea el termómetro húmedo y el termómetro seco. 6. Calcule la depresión de bulbo húmedo, es decir, la diferencia entre las temperaturas de bulbo seco y del húmedo. 7. Utilice la tabla para encontrar la humedad relativa (% RH). <p>Por ejemplo, temperaturas, seco 20° C, húmedo 15° C; Depresión (20-15) = 5° C; Humedad relativa: 59% (ver valor en la intersección de la columna del bulbo seco y la fila de la depresión).</p> <p>Para el tiempo de uso de los Equipos de Respiración Autónomos, lea las lecturas de bulbo seco y húmedo y ubíquelas en la siguiente tabla Lind.</p> <p>Por ejemplo: temperaturas, seco de 34° C, húmedo de 27° C; tiempo de uso: 63 minutos (ver valor en intersección de bulbo seco y bulbo húmedo en tabla Lind).</p> <p>Para lograr una medición precisa de temperatura de bulbo húmedo:</p>
Dry-bulb temperature	Dry-bulb temperature minus wet-bulb temperature, °C																																																																																																																																																																																																																																																													
temperature	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																																				
10°C	88	77	66	55	44	34	24	15	6	—																																																																																																																																																																																																																																																				
11°C	89	78	67	56	45	35	25	16	7	—																																																																																																																																																																																																																																																				
12°C	89	78	68	58	48	39	29	21	12	—																																																																																																																																																																																																																																																				
13°C	89	79	69	59	50	41	32	22	13	7																																																																																																																																																																																																																																																				
14°C	90	79	70	60	51	42	34	25	16	10																																																																																																																																																																																																																																																				
15°C	90	80	71	61	53	44	36	27	20	13																																																																																																																																																																																																																																																				
16°C	90	81	71	63	54	46	38	30	23	15																																																																																																																																																																																																																																																				
17°C	90	81	72	64	55	47	40	32	25	18																																																																																																																																																																																																																																																				
18°C	91	82	73	65	57	49	41	34	27	20																																																																																																																																																																																																																																																				
19°C	91	82	74	65	58	50	43	36	29	22																																																																																																																																																																																																																																																				
20°C	91	83	74	66	59	51	44	37	31	24																																																																																																																																																																																																																																																				
21°C	91	83	75	67	60	53	46	39	32	26																																																																																																																																																																																																																																																				
22°C	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28																																																																																																																																																																																																																																																				
23°C	92	84	76	69	62	55	48	42	36	30																																																																																																																																																																																																																																																				
24°C	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31																																																																																																																																																																																																																																																				
25°C	92	84	77	70	63	57	50	44	39	33																																																																																																																																																																																																																																																				
26°C	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34																																																																																																																																																																																																																																																				
27°C	92	85	78	71	65	58	52	47	41	36																																																																																																																																																																																																																																																				
28°C	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37																																																																																																																																																																																																																																																				
29°C	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38																																																																																																																																																																																																																																																				
30°C	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39																																																																																																																																																																																																																																																				

	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenga la mecha limpia, hermética, completamente sobre el bulbo del termómetro y saturada con agua destilada. • Evaporar la cantidad máxima de agua del bulbo húmedo girando el higrómetro a una velocidad superior a 180 rev/min. • Minimizar el efecto de su cuerpo manteniendo el higrómetro delante suyo, frente a la circulación de aire. Si no hay flujo de aire, camine hacia mientras gira. • Reducir los efectos ambientales evitando girar cerca de fuentes de calor. • Leer la temperatura de bulbo húmedo tan pronto como haya prado de girar y no toque el termómetro mientras toma las lecturas. • Sólo utilice valores cuando las lecturas consecutivas sean iguales. <p>El uso incorrecto del higrómetro resultará en que la temperatura de bulbo húmedo y por lo tanto el % RH y punto de rocío, resulten demasiado altos. La humedad relativa puede determinarse correlacionando las lecturas con las de la tabla higrométrica suministrada con cada instrumento.</p> <p>Puede utilizarse para calibrar otros dispositivos digitales de monitoreo de humedad.</p>
Exámenes visuales	<p>Antes de usar, realice una inspección visual y general de la condición del mango y de la carcasa de plástico y madera para detectar señales de grietas o daños. Asegúrese de que los termómetros estén en buenas condiciones y que la mecha esté en su lugar, sobre el bulbo húmedo y esté saturado con agua destilada.</p>
Mantenimiento de tiempo/previsto de vida	<p>Los Higrómetros Girantes están diseñados para proporcionar muchos años de servicio confiable bajo condiciones normales de almacenamiento y funcionamiento.</p>
Requisitos de la prueba de calibración	<p>Se deben realizar pruebas anuales para comprobar la exactitud de los termómetros y en caso de ser necesario, estos se deben reemplazar</p>
Responsabilidades	<p>Técnicos</p>
Solución de problemas	<p>Mencionados anteriormente.</p>

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Equipo alternativo	Higrómetro Giratorio– PEL Preservation Equipment Ltd
---------------------------	--

Tiempos de uso Equipo de Respiración Autónomo

		BULBO SECO - °C													
		24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
BULBO HÚMEDO - °C	23	*	*	*	118	113	108	103	98	93	89	85	81	77	73
	24	119	114	108	103	99	94	90	85	81	78	74	71	67	64
	25		99	95	90	86	82	78	75	71	68	65	62	59	56
	26		87	83	79	75	72	68	65	62	59	56	54	51	49
	27			72	69	66	63	60	57	54	52	49	47	45	43
	28			63	60	57	55	52	50	47	45	43	41	39	37
	29				53	50	48	45	43	41	39	38	36	34	32
	30				46	44	42	40	38	36	34	33	32	30	30
	31					38	36	35	33	32	31	30	29	28	27
	32					33	32	31	30	29	28	27	26	26	25
	33						29	28	27	27	26	25	24	23	23
	34						27	26	25	24	23	23	22	22	22
	35							24	23	22	22	22	21	20	20
	36							22	22	21	20	20	19	19	19
37								20	19	19	19	19	19	-	
38								19	19	19	19	-	-	-	

- 120 minutos o más.

El flujo está determinado por el tiempo permitido, es decir, hay flujo bajo cuando el tiempo supera los 60 minutos.

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 11

Nombre del equipo	Bombas y Tubos de Muestra
Fabricante	MSA
Breve descripción	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado para la toma de muestras de aire para análisis de laboratorio • Bomba portátil de acción doble • Indicador de presión en línea • Cápsula con válvula Schrader
Función	La bomba puede utilizarse para extraer muestras de diversas fuentes, es decir, del cuerpo general o remotamente a través de tuberías y mangueras. El siguiente método es para tomar una muestra del cuerpo general en la vía de una mina.
Cómo usar / manejar el equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione un tubo y elimine la tapa de polvo • Asegúrese de que el tubo esté despresurizado y ajuste un tubo a la bomba • Presurice el tubo haciendo 10 movimientos completos • Aplique un poco de humedad a la válvula para verificar fugas • Libere la presión y repita la operación por segunda vez. • En la tercera ocasión, llene el tubo completamente con 17-25 movimientos. • Verifique las fugas y ajuste la tapa de polvo. • Tenga en cuenta que se debe anotar el número de identificación en el tubo; registre la ubicación, el tiempo, la hora y la fecha de la muestra y luego adhiéralo al tubo.
Exámenes visuales	Como se describió anteriormente e inspeccione para identificar daños.
Mantenimiento previsto durante la vida útil	<p>Semanal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ubicación y condiciones de etiquetas/sellos <p>Cada 3 meses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condición de la bomba • La manija opera libremente • Condición de las cápsulas (cilindros de muestra) • Inspeccione las válvulas para detectar señales de obstrucción o daño

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<ul style="list-style-type: none">• Inspeccione el indicador de llenado para identificar si presenta señales de deterioro <p>Anualmente</p> <ul style="list-style-type: none">• Ubicación y condiciones de etiquetas/sellos• Condición de la bomba• La manija opera libremente• Condición de las cápsulas (cilindros de muestra)• Inspeccione las válvulas para identificar señales de obstrucción o daño• Inspeccione el indicador de llenado para identificar si presenta signos de deterioro• Ajuste el indicador de llenado y una cápsula para bombear- opere durante 21 movimientos; verifique que el medidor esté en el medio de la sección verde• Llene todas las cápsulas y verifique bajo el agua para ver señales de fuga <p>Se debe mantener un registro para cada unidad, detallando el mantenimiento, las fechas en que se realizaron las pruebas y los resultados obtenidos durante toda la vida comercial.</p>
Requisitos de la prueba de calibración	Ninguno
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	No hay alternativas

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 12

Nombre del equipo	Bomba y Tubos detectores (Dräger)
Fabricante	Dräger
Breve descripción	Se trata de un detector de gas, que consta de bomba/fuelles y un tubo químico detector, y además se utilizan pre tubos de carbono para la filtración de gases interferentes. El instrumento opera extrayendo un volumen predeterminado de aire de la mina a través del tubo químico detector. Si el gas que se pretende detectar está presente, ocurrirá una reacción química en el tubo y cambiará el color del químico. La extensión de la mancha se mide en una escala, que es aproximadamente proporcional a la cantidad de gas en la atmósfera (normalmente medida en ppm).
Función	Para analizar la pureza del aire, usando una variedad de tubos de tinte químico
Cómo usar o manejar el equipo	<p>Operación</p> <p>Orientación general</p> <p>Asegúrese de que la bomba ha sido examinada antes de usarla, en línea con el 'Procedimiento de examen y prueba' y que es apto para ser utilizada.</p> <p>Prueba de filtración de la bomba</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inserte el tubo Dräger sin abrir en la toma ● Apriete la bomba completamente y libere ● La bomba es a prueba de filtraciones si el indicador de fin de movimiento no ha aparecido después de 15 minutos. Si aparece, ● Quitar el tubo Dräger sin abrir de la toma. ● Pulse el botón para reiniciar el contador a cero (C); el botón está empotrado para evitar reajuste accidental <p>Seleccione un tubo apropiado para el gas que se está detectando, asegurando que se encuentra dentro de la fecha de 'USAR ANTES DE' impresa en la caja (si no está familiarizado con este tubo entonces lea el folleto de instrucciones adjunto).</p>

	<p>Ejemplo: USO DEL TUBO TIPO 5/C</p> <ol style="list-style-type: none"> i. Rompa ambos extremos del tubo del detector en el ojete del interruptor. ii. Inserte el tubo en la bomba, con la punta de flecha hacia la bomba. iii. Sostenga la bomba con una mano y comprima el fuelle lo más lejos posible. iv. Enderezar los dedos y permitir que los fuelles inflen hasta que la cadena del descargador esté apretada. v. Repetir el ciclo de aspiración /compresión. Si hay que una mancha medible, lea la concentración en la escala $n = 2$. Si no se observa ninguna mancha medible: Repita el ciclo de aspiración /compresión otras 8 veces. vi. Leer la cantidad de mancha presente en la escala marcada $n = 10$ vii. Comparar los resultados de 2 movimientos y 10 movimientos. Si son aproximadamente iguales, la prueba es válida. Sin embargo, si hay una gran diferencia, desechar el tubo y repetir el proceso utilizando un tubo fresco. <p>Después del uso</p> <p>Limpie la bomba comprimiendo el fuelle varias veces con aire fresco. Esto elimina los vapores ácidos liberados durante el proceso de detección, eliminando la corrosión dentro del fuelle.</p>
<p>Exámenes visuales</p>	<p>Exámenes y pruebas antes del uso</p> <p>Retire la unidad de fuelle del contenedor y revise el exterior para identificar daños o deficiencias. Si no se encuentran daños, se pueden realizar las pruebas a la unidad.</p> <p>Tome un tubo intacto e insértelo en la apertura de entrada de aire, comprima el fuelle y deje reposar 10 minutos. Al final de ese tiempo, la cadena del descargador debe estar suelta. La filtración a menudo es debido a una válvula de escape sucia.</p>
<p>Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil</p>	<p>Mantenimiento para limpiar o sustituir la válvula de escape</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Desenrosque el perno, utilizando el destornillador hexagonal suministrado ● Extraiga la placa inferior de la bomba, p. ej. mediante el uso de una moneda.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Halar el disco de la válvula de su lugar ● Limpie la base de la válvula con un paño húmedo. ● Humedezca el tallo en un nuevo disco de la válvula y presiónelo firmemente en el agujero central de la base de la válvula. ● Compruebe la ubicación correcta tirando del disco de la válvula ligeramente. ● Vuelva a colocar placa inferior de la bomba en su lugar. ● Introduzca el perno nuevo y atornille con la mano. Realice la prueba de filtraciones como se describe <p>Sustitución de la toma / reemplazo de la membrana</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Presione el gancho de resorte hacia abajo con una herramienta adecuada (e. g. bolígrafo) (I1). ● Sacar la placa de cubierta (I2). La placa sostiene el Indicador de Fin de Movimiento en su lugar ● Presione las bridas de resorte y remueva la toma. (J). ● Insertar nueva toma. ● Usando una membrana nueva de indicador de fin de movimiento, ubique las piezas en la carcasa en la secuencia ilustrada (K). Fíjese en la posición adecuada. ● Inserte el gancho de resorte de la placa de la cubierta y presione firmemente. ● Realizar la prueba de filtración como se describe (A). 						
<p>Requisitos de la prueba de calibración</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si se presenta cualquier fallo, devolver al fabricante ▪ Llevar a cabo revisiones periódicas y realizar prueba de filtración a la bomba ▪ Los tubos tienen un monitor de fecha de vencimiento durante la vida útil, para asegurar que los tubos permanezcan vigentes 						
<p>Responsabilidades</p>	<p>Técnicos</p>						
<p>Solución de problemas</p>	<table border="1" data-bbox="540 1686 1300 1892"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>Causa</th> <th>Solución</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>El indicador de fin de movimiento es</td> <td>Elemento extraño en la válvula de escape, disco de</td> <td>Limpiar la base de la válvula, reemplazar la válvula cuando</td> </tr> </tbody> </table>	Falla	Causa	Solución	El indicador de fin de movimiento es	Elemento extraño en la válvula de escape, disco de	Limpiar la base de la válvula, reemplazar la válvula cuando
Falla	Causa	Solución					
El indicador de fin de movimiento es	Elemento extraño en la válvula de escape, disco de	Limpiar la base de la válvula, reemplazar la válvula cuando					

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	visible al cabo de 15 minutos	la válvula defectuoso	sea necesario (K)
		El tubo está muy flojo en la toma	Insertar el tubo firmemente en la toma (E)
	La bomba no abre	Uno de los extremos del tubo no ha sido abierto	Abrir el tubo en ambos extremos (D)
		Toma está tapada	Reemplazar toma (j)
Equipo alternativo	RAE systems UK pueden suministrar un producto similar		

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 14

Nombre del equipo	Control de incendios –mangueras contra incendios
Fabricante	Varios
Breve descripción	<p>Mangueras de ducto plano:-</p> <p>Son livianas, fáciles de usar y se acoplan rápidamente</p> <p>Las mangueras tienen un diámetro interno de 65mm y están diseñadas para soportar una presión de trabajo de 10 bar. Todas las mangueras nuevas deben tener 23m de longitud cuando son nuevas y deben estar equipadas con acoplamientos instantáneos estándar macho y hembra de 65mm.</p>
Función	<p>Para controlar los incendios que están a una distancia considerable del hidrante.</p> <p>Las limitaciones de esta manguera son que se puede requerir que haya más de una persona operando en el extremo de la boquilla y también se necesitará tener a una persona en el hidrante para encender el agua cuando la manguera está completa y acoplada entre sí. También puede haber una demora en el tiempo que tarda el agua en llegar desde el hidrante hasta al extremo de la boquilla, una vez que efectivamente se le ha comunicado esto al hombre en el hidrante.</p>
Cómo usar / operar el equipo	<p>Un hombre tomará la manguera y la llevará al hidrante. Empujará el conector macho en el conector hembra en la toma de agua. Luego procederá a desplegar la manguera hacia afuera, asegurando que la manguera no se ha dañado ni doblado.</p> <p>Si se requiere de una segunda manguera, una segunda persona estará detrás de él. Le entregará el conector macho al primer hombre, quien lo conectará a la conexión hembra de la manguera.</p>

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	La persona ajustará los tubos bifurcados al final de la manguera y pedirá que prendan el agua.
Exámenes visuales	Compruebe los acoplamientos machos y hembras instantáneos Compruebe la manguera para detectar cualquier daño/ruptura. Si se encuentra cualquier daño, se debe sacar de servicio
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida	Inspección mensual y reposición según las necesidades.
Requisitos de la prueba de calibración	Ninguno
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Manguera reforzada Gloria Delta fire

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 16 - 17

Nombre del equipo	Tubos bifurcados y boquillas
Fabricante	Varios
Breve descripción	<p>Tubos bifurcados: 200mm de longitud con un acoplamiento instantáneo que encaja en el extremo de salida de la manguera contra incendio.</p> <p>Las boquillas generalmente son una parte integral de los tubos bifurcados y normalmente están hechas de plástico reforzado. Dos tamaños de 12,7 mm y 16mm.</p>
Función	Se ajusta en el extremo de la manguera, permitiendo que aumente la presión del agua y dispere un chorro de agua que apague el fuego.
Cómo usar o manejar el equipo	Como se mencionó anteriormente
Exámenes visuales	<p>Compruebe el punto de conexión macho.</p> <p>Compruebe que no haya nada en la boquilla y en los tubos bifurcados</p>
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida	Revisión mensual. Reemplace cuando se encuentre algún daño.
Requisitos de la prueba de calibración	Ninguno
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Gloria Delta fire

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 18

Nombre del equipo	Recámara de División y Recolección
Fabricante	Varios
Breve descripción	La recámara de división y recolección son uniones bifurcadas de tres divisiones que dividen un suministro en dos o recolectan dos suministros en uno
Función	<p>Recámara de división: permite el uso de dos mangueras a partir de un suministro de agua</p> <p>Una recámara divisora es una conexión de cobre de 120mm o 100mm que tiene un acoplamiento macho en un extremo y dos acoplamientos hembra en el otro extremo, para permitir que el suministro de una manguera se divida en dos mangueras; esto puede llevarse a cabo cuando hay más de un equipo luchando contra el fuego. Sin embargo, esto puede disminuir la presión de salida de la manguera, por lo tanto, los equipos tendrían que poner una boquilla más pequeña en el extremo de salida de la manguera para mantener la presión.</p> <p>Recámara de recolección:-Permite el uso de una manguera a partir de dos fuentes.</p> <p>Una recámara colector es para los casos en que se requiere un aumento de presión en el punto de salida; aquí hay dos conexiones macho que llevan a una conexión hembra, permitiendo que la presión de las dos mangueras de suministro sean canalizadas en una manguera, con una mayor presión.</p>
Cómo usar o manejar el equipo	Conecte la recámara dividiendo en la manguera principal y conecte las dos mangueras adicionales en la recámara de dividir.
Exámenes visuales	Revisión mensual a las conexiones hembra y macho. Reemplácelos si están dañados.
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida	Como se mencionó anteriormente
Requisitos de la prueba de calibración	No es aplicable

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Gloria Delta fire

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 19

Nombre del equipo	Adaptador de espuma
Fabricante	Varios
Breve descripción	Un tubo de bifurcación que produce espuma podrá ser instalado entre la boquilla y la manguera. Este tipo de adaptador tiene forma de atraer un aditivo de espuma hacia la boquilla, que se mezcla con agua para crear un medio de control de incendios.
Función	Un adaptador de espuma se conecta al extremo de salida de la manguera en lugar de la bifurcación estándar. Una solución generadora de espuma es inyectada por medio del efecto sifón y proporciona un espray de espuma a la salida de la manguera.
Cómo usar / manejar el equipo	Como se describió anteriormente Incluye inspecciones periódicas de la Solución de Espuma para asegurar que el contenedor sea adecuado.
Exámenes visuales	Revise la boquilla del adaptador de la espuma. Compruebe la manguera que va hacia el contenedor de solución de espuma
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil	Verifique el equipo antes de usarlo y reemplácelo según sea necesario.
Requisitos de la prueba de calibración	Ninguno
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Gloria Delta fireble.

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 20

Nombre del equipo	Pica contra incendios
Fabricante	Varios
Breve descripción	La pica contra incendios esencialmente es un tubo de extensión (de 25mm de diámetro) instalado en el extremo de una manguera contra incendios. Tiene un extremo de punta de lanza para perforar vías y poder enfrentar incendios desde detrás de los arcos o los muros de sostén.
Función	Permite enfrentar incendios desde detrás de los arcos o los muros de sostén.
Cómo usar o manejar el equipo	Tiene un extremo de punta de lanza para perforar vías y poder enfrentar incendios desde detrás de los arcos o los muros de sostén.
Exámenes visuales	Verificar antes de su uso. Revise el extremo de punta de lanza para identificar daños. Compruebe el conector hembra de la manguera para el daño.
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida	Revise para identificar daños antes de su uso y reemplace si está dañado
Requisitos de la prueba de calibración	Ninguno
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Varios Gloria Delta fire

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 21

Nombre del equipo	Extintores de incendios
Fabricante	Chubb
Breve descripción	<p>Los extintores de incendios se utilizan en el lugar de trabajo para extinguir fuegos pequeños.</p> <p>Todos los fuegos se categorizan como se describe a continuación:</p> <p>Fuegos de clase A - sólidos combustibles ordinarios tales como madera, papel, carbón.</p> <p>Fuegos de clase B - líquidos inflamables o sólidos licuables, tales como petróleo o aceites y grasas.</p> <p>Fuegos de clase C-gases inflamables como el Metano y el Monóxido de Carbono.</p> <p>Fuegos de clase D-metales combustibles como el Magnesio o el Aluminio.</p> <p>Fuegos de clase F – Aceites y grasas de cocina.</p> <p>Sin clasificar – incendios eléctricos.</p>
Función	<p>La función del extintor es apagar fuegos utilizando 3 métodos principales:-</p> <p>Eliminación del material combustible-Normalmente esto se realiza retirando los materiales combustibles del fuego, o subdividiendo el material ardiente y extinguendo por separado los incendios más pequeños.</p> <p>Sofocación- Normalmente se realiza reduciendo o eliminando el flujo del oxígeno hacia la base del fuego, confinando el área</p>



4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<p>del fuego. El oxígeno es consumido por el fuego, reduciendo la cantidad de oxígeno en el área inmediata.</p> <p>Enfriamiento- El enfriamiento se realiza bajando la temperatura de la sustancia ardiente y de esa forma la descarga de vapor se puede reducir a un nivel inferior al necesario para que el fuego se sostenga.</p>
Cómo usar o manejar el equipo	<ul style="list-style-type: none">• Identificar el tipo de fuego• Seleccionar el extintor de incendios portátil adecuado• Comprobar el indicador de contenido (si existe)• Probar el extintor antes de acercarse a fuego• Asegurarse de que tiene una forma de escapar• Usar la técnica correcta para el tipo de fuego encontrado• Acérquese con seguridad a medida que el fuego se va extinguiendo• Salga y proceda hacia el punto de reunión
Exámenes visuales	 <p>Compruebe el indicador. Verifique que la palanca, el perno de seguridad y el sello de seguridad estén intactos. Compruebe la manguera de suministro. Compruebe el cuerpo del extintor. Compruebe la etiqueta de servicio y la etiqueta de instrucciones.</p>
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida	<p>Controles mensuales realizadas por una persona competente.</p> <p>Controles anuales a ser realizados por un ingeniero competente de servicios.</p>

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<p>Un ingeniero competente de servicios debe realizar una prueba de descarga cada cinco años</p> <p>Los extintores de CO₂ requieren una prueba de presión cada cinco años que debe ser realizada por un técnico competente.</p>
Requisitos de la prueba de calibración	Véase arriba
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Cerezo Kiddie Thorne Gloria

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 22

Nombre del equipo	Baldes para incendio
Fabricante	Varios
Breve descripción	Pintados de rojo y tienen una capacidad de 9 litros. Los baldes pueden llenarse con agua, polvo o arena, y deben tener la palabra "FUEGO" claramente impresas sobre ellos.
Función	Para proporcionar agua, polvo o arena en proximidad cercana a un incendio
Cómo usar o manejar el equipo	Llevar el balde con sus contenidos hacia el fuego y arroje los contenidos sobre el fuego
Exámenes visuales	Examine el cubo para detectar daños y reemplácelo según las necesidades.
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida	Como se describió anteriormente
Requisitos de la prueba de calibración	No es aplicable
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Gloria Delta fire

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 23-24

Nombre del equipo	Control de incendios, hidrantes contra incendios
Fabricante	Varios
Breve descripción	Diseñados para ajustar las mangueras contra incendios y de esa forma suministrar agua a incendios subterráneos Estos son diseñados para que funcionen en todas las redes de extinción de incendios que conciben presiones de hasta 103 bar, inclusive.
Función	La conexión de suministro del hidrante es un acoplamiento hembra instantáneo, el acoplamiento instantáneo macho correspondiente que puede ser conectado por inserción al hidrante con un clic positivo.
Cómo usar / manejar el equipo	Conecte la manguera contra incendio al acoplamiento hembra y abrir la válvula para permitir que el agua ingrese en la manguera. Si necesita quitar una manguera entonces usted tendrá que tirar de ambos acoplamientos por el extremo hembra y esto liberará la manguera.
Exámenes visuales	Compruebe que la válvula se abre y se cierra, el volante está en su lugar y hay daños causados al acoplamiento hembra.
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil	Inspeccione mensualmente para detectar cualquier daño visible – reemplazar según las necesidades.
Requisitos de la prueba de calibración	No aplica
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Gloria Delta fire

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 25

Nombre del equipo	Colocación de máquina
Fabricante	Minería de Markham
Breve descripción	Máquinas de colocación se combinan máquinas de mezclas y bombes para entregar compuestos de sellado. Se puede modular en la construcción para facilidad de transporte.
Función	<p>Estas máquinas bomba de la mezcla líquida a través de una manguera que descarga al vacío. Al adoptar este método, mano de obra y tiempo de construcción se reducen considerablemente. Las ventajas de adoptar este método pueden resumirse como sigue:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El medio de parada se mezcla y se bombea en el sitio (o desde un punto remoto). Hay una reducción proporcional en tiempo y costos. • Las paredes sólo deben ser lo suficientemente fuerte como para contener la mezcla hasta que ha solidificado suficientemente para soportar su propio peso (generalmente 20-30 minutos). Por lo tanto materiales de construcción son generalmente ligeros y pueden ser fácilmente transportados al sitio. • Debido a los avances tecnológicos, el material de relleno puede ser bombeado a considerables distancias; por lo tanto, menos personal está expuestos al peligro durante el tiempo de construcción. • El material anhidro/cemento bombeado en la parada fluirá en grietas o fisuras en los estratos de tal modo sellado de posibles rutas de fuga. • Colocación de la mezcla o para llenar vacíos o explosión prueba juntas monolíticas.
Cómo usar o explotar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Llevar a cabo una evaluación de riesgos y localizar la máquina colocando en un lugar seguro como cerca de la Junta como sea posible ▪ Coloque el polvo en la tolva superior ▪ Bomba para sellar el sitio
Exámenes visuales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visualmente antes de su examen con
Tiempo de vida previsto mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpiar después de cada uso <p>Mantenimiento anual</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Controles eléctricos por fabricante/proveedor o centro autorizado ▪ Controles mecánicos por fabricante/proveedor o centro autorizado

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Requisitos de la prueba de calibración	Ninguno
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Ninguno
Equipo alternativo	Ninguno

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 26

Nombre del equipo	Cámara de imagen térmica Flir TG165
Fabricante	Flir Systems 2 Kings Hill Avenue Kings Hill West Malling Kent
Breve descripción	Para medir la temperatura de un área
Función	Para buscar puntos calientes potenciales y fuentes potenciales de ignición en un área
<p>Cómo usar o manejar el equipo</p>   	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revise el indicador de condición de la batería; la luz verde debe ser continua, indicando que la batería está completamente cargada ▪ Presione el botón de encendido para iniciar la cámara ▪ Ajuste el enfoque de la cámara – sostenga la cámara firmemente en la mano, sujete el anillo de enfoque con la otra mano y ajuste según sea necesario ▪ Para usar el puntero, tire del gatillo superior para iniciar ▪ Para guardar una imagen, tire y libere el gatillo de la parte inferior para guardar una imagen en la memoria de la cámara ▪ Para detener la cámara, pulse y mantenga presionado el botón de encendido durante más de medio segundo

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Exámenes visuales	<ul style="list-style-type: none">▪ Examine visualmente la cámara para detectar cualquier signo de daño
Mantenimiento durante el tiempo previsto de vida útil	<ul style="list-style-type: none">▪ Limpie la cámara con agua tibia o con una solución delicada de detergente▪ La cámara infrarroja se debe limpiar con un líquido comercial para la limpieza de lentes que contenga más de 30% de etanol▪ Use algodón una sola vez▪ Las baterías recargables requieren 7 horas para cargar completamente
Requisitos de la prueba de calibración	Ninguno
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	
Equipo alternativo	Aplicación para algunos teléfonos móviles

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 27-34

Nombre del equipo	Equipo para cortar y extender
Fabricante	Amkus
Breve descripción	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extensor hidráulico ▪ Cortadora ▪ Herramienta de combinación ▪ Cilindro hidráulico ▪ Bomba hidráulica manual ▪ Mangueras hidráulicas ▪ Acoplamientos hidráulicos ▪ Cadena
Función	<p>Extensor de Alta Resistencia</p> <p>El Extensor de Alta Resistencia se adapta particularmente para levantar, esparcir, separar o mantener cargas, con una fuerza de apertura de hasta 5,5 toneladas en las puntas de los brazos y 7,4 toneladas en el hombro de los brazos. También puede halar o aplastar cargas con una fuerza de cierre de hasta 6,4 toneladas. Esta herramienta viene con un conjunto de cadenas que aumenta su versatilidad.</p> <p>Cortadora de Alta Resistencia</p> <p>La Cortadora de Alta Resistencia, comúnmente conocida como “Pico de Loro”, se adapta particularmente para cortar varillas, barras, estructuras, pernos, cuerdas y cables que tenderían a resbalarse o salir de hojas tipo tijera. Esta corta con una fuerza de hasta 10,4 toneladas en el medio de las tenazas y las varillas o pernos posicionados en la “raíz” de las tenazas se pueden cortar con una fuerza máxima de 26,8 toneladas. El “pico” también es útil para abrochar malla de varilla de alta resistencia.</p> <p>Herramienta de combinación</p> <p>Como lo sugiere su nombre, las acciones de esta herramienta son una combinación de las dos anteriores. Puede esparcir, separar o mantener cargas con una fuerza de apertura de hasta 4,4 toneladas en las puntas. Sus cuchillas cortadoras se adaptan mejor a chapas metálicas, cortando con una fuerza de cierre de hasta 12,4 toneladas en el centro de las cuchillas. Puede cortar varillas o pernos en la “raíz” de las tenazas con una fuerza de hasta 25,4 toneladas. Puede halar o aplastar cargas con una fuerza de cierre de hasta 7,1 toneladas y también viene con un paquete de cadenas para versatilidad adicional.</p>

	<p>Cilindro Hidráulico</p> <p>El cilindro se adapta particularmente para levantar, esparcir, separar o mantener cargas en donde ya existe una brecha considerable entre las dos superficies o donde ha sido creada usando el Esparcidor de Alta Resistencia o la Herramienta de Combinación. El Cilindro es capaz de tener una fuerza de empuje de hasta 13,7 toneladas y tiene una fuerza de cierre/arrastre de hasta 6,4 toneladas. También tiene una barra de extensión que aumentará el levantamiento, esparcimiento o mantención potencial.</p> <p>Bomba Manual y Mangueras de Conexión</p> <p>Bomba Manual y Mangueras de Conexión – Los equipos descritos previamente son operados de forma hidráulica; la fuente de energía está compuesta por una bomba manual usada en conjunto con mangueras hidráulicas para transportar la energía a los equipos. Todos los tubos están previamente cargados con fluido hidráulico.</p> <p>Acoplamientos</p> <p>Todos los accesorios se encajan en su posición al ser conectados y las válvulas de balón se abren o cierran cuando se conecten o desconecten con el fin de reducir la pérdida de fluidos. Se podrán agregar mangueras adicionales si es necesario. Sin embargo, es más beneficioso mantener al operador de herramientas y al operador de la bomba manual lo más cerca que permita la seguridad, durante lo que pueden ser operaciones delicadas.</p> <p>Cadenas</p> <p>Se puede utilizar con separadores y cilindros hidráulicos</p>
<p>Cómo usar o explotar</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conecte las mangueras hidráulicas para las conexiones de la bomba y el equipo a utilizar ▪ Gire la válvula en la bomba a la posición abierta ▪ El operario del equipo girará la válvula rotativa en el equipo ▪ El operario de la bomba operará manualmente la palanca de la bomba para generar presión en el sistema ▪ El operario debe mantener la válvula en una posición de funcionamiento mientras que el operador de la bomba genera presión (si no se sincronizan estas acciones, el operador de la bomba podría estar en riesgo de lesionarse)
<p>Exámenes visuales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asegurar que todos los componentes están en buenas condiciones de trabajo y no hay elementos dañados, sueltos o perdidos



Tiempo de vida previsto mantenimiento	<p>EXTENSOR HIDRÁULICO</p> <p>Todos los equipos deben ser inspeccionados antes de su uso y en intervalos de 6 meses para detectar cualquier defecto o daño. Los exámenes deben registrarse en el Formato WI-FM-39.</p> <p>DESPUÉS DE SU USO</p> <p>Todos los equipos deben ser limpiados. Se deben revisar para detectar daños y posterior al uso, se deben almacenar en las cajas proporcionadas.</p> <p>Inspeccionar periódicamente todas las conexiones hidráulicas para asegurar que están bien apretadas.</p> <p>CORTADOR AMK</p> <p>Todos los equipos deben ser inspeccionados antes de su uso y en intervalos de 6 meses para detectar cualquier defecto o daño. Los exámenes deben registrarse en el Formato WI-FM-40.</p> <p>DESPUÉS DE SU USO</p> <p>Todos los equipos deben ser limpiados. Se deben revisar para detectar daños y posterior al uso, se deben almacenar en las cajas proporcionadas.</p> <p>Inspeccionar periódicamente todas las conexiones hidráulicas para asegurar que están bien apretadas.</p> <p>HERRAMIENTA DE COMBINACIÓN 25C</p> <p>Todos los equipos deben ser inspeccionados antes de su uso y en intervalos de 6 meses para detectar cualquier defecto o daño. Los exámenes deben registrarse en el Formato WI-FM-41.</p> <p>DESPUÉS DE SU USO</p>
--	---



Todos los equipos deben ser limpiados. Se deben revisar para detectar daños y posterior al uso, se deben almacenar en las cajas proporcionadas.

Inspeccionar periódicamente todas las conexiones hidráulicas para asegurar que están bien apretadas.

CILINDRO HIDRÁULICO

Todos los equipos deben ser inspeccionados antes de su uso y en intervalos de 6 meses para detectar cualquier defecto o daño. Los exámenes deben registrarse en el Formato WI-FM-42.

Periódicamente revise los tornillos de cabeza hueca que unen la válvula de control al bloque de válvulas y el bloque de válvulas a la tapa de cilindro.

Dado que el vástago del cilindro es lubricado por el líquido hidráulico y se limpia con un anillo "O" con sello en T, no se requiere lubricación para los cilindros hidráulicos.

BOMBA HIDRÁULICA MANUAL HP 101-STD

Todos los equipos deben ser inspeccionados antes de su uso y en intervalos de 6 meses para detectar cualquier defecto o daño. Los exámenes deben registrarse en el Formato WI-FM-44.

Comprobar el nivel de aceite:

1) Para hacer esto, primero coloque la bomba en un banco de trabajo en su base (posición de trabajo).

2) Quite la tapa del extremo (giro en dirección contraria a las manecillas del reloj).



3) Verifique la condición de la rosca de la tapa del extremo y también el anillo "O"; si está bien, coloque el mismo a un lado.

4) Compruebe el nivel de aceite a través del orificio de llenado; debe estar nivelado con la parte inferior del orificio de llenado.

5) Reemplace tapón final con el anillo "O"

6) Limpie cualquier exceso de aceite del área de la tapa de extremo.

7) Revise que los acoplamientos y tapones de goma estén libres de suciedad y daños.

8) Reemplace los tapones de goma en los acoplamientos de la bomba.

MANGUERAS HIDRÁULICAS

Después de cada uso, se deben limpiar las mangueras y se deben inspeccionar para detectar señales de daño. El daño que expone el alambre trenzado sujeta el alambre a la corrosión y puede debilitar la manguera. Las mangueras con daño extenso deben ser reemplazadas. Los exámenes deben registrarse en el formato WI-FM-45.

ACOPLAMIENTOS HIDRÁULICOS

Los acoplamientos deben mantenerse limpios y libres de suciedad. Los acoplamientos deben limpiarse después de su uso y deben lubricarse con un lubricante que no sea a base de agua . Las tapas de polvo de goma, que se proporcionan con las herramientas, también deben limpiarse periódicamente. Nota: durante el uso, las tapas de polvo de goma pueden acumular

	<p>suciedad; estas deben limpiarse antes ser reemplazadas en los acoplamientos.</p> <p>Los exámenes deben registrarse en el formato WI-FM-45.</p> <p>NO CUBRA UN ACOPLAMIENTO LIMPIO CON UNA TAPA DE POLVO SUCIA</p> <p>CADENAS DE AMKUS</p> <p>Todos los equipos deben ser inspeccionados antes de su uso y en intervalos de 6 meses para detectar cualquier defecto o daño. Los exámenes deben registrarse en el Formato WI-FM-43</p> <p>Las cadenas deben mantenerse limpias. Limpie con un trapo que contenga una pequeña cantidad de lubricante ligero de maquinaria para prevenir la oxidación. Debe tenerse cuidado para asegurar que no ocurra daño a la rosca del perno de horquilla.</p> <p>LAS CADENAS DEBEN UTILIZARSE ÚNICAMENTE PARA EL RESCATE</p>
<p>Requisitos de la prueba de calibración</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Antes de usar ▪ Cada 6 meses ▪ Dos controles anuales por especialistas hidráulicos independientes
<p>Responsabilidades</p>	<p>Técnicos</p>
<p>Solución de problemas</p>	<p>Según el manual.</p> <p>La consideración principal corresponde a los niveles de aceite, ya que el equipo no funcionará sin el nivel correcto de aceite</p>
<p>Equipo alternativo</p>	<p>LUKAS Uk también fabrican una variedad de equipos similares</p> <p>Hurst Jaws of Life</p>

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 36 & 37

Nombre del equipo	Dispositivos de control de descenso automático y manual
Fabricante	Capital Safety EMEA Colombia: +57 (1) 593-4747 <i>UK:</i> 5a Merse Road, North Moons Moat, Redditch, Worcs. B98 9HL. Tel: +44 (0)1527 548000 http://www.capitalsafety.com Colombia: +57 (1) 593-4747
Breve descripción	Automático Son fáciles de operar. Las cuerdas de rescate proporcionadas son generalmente lo suficientemente fuertes para resistir un descenso desde los 100 metros hasta más de 400 metros, con una o dos personas. Manual Utilizado en las minas para operaciones en altura a unos 30m. Su principal ventaja sobre los dispositivos de control de descenso automático es su mayor cociente de elevación, lo cual facilita las operaciones de elevación que realiza el operador. Pueden requerir hasta 5 veces más cuerda que otros tipos de dispositivos, requieren de un punto de anclaje elevado y no funcionan muy bien sobre los bordes.
Función	Las actividades de evacuación o salvamento que involucran una línea "recta" de viaje, lo que significa que siempre hay una línea de visión directa hacia el anclaje, si se dispone de un punto de anclaje elevado.
Cómo usar o manejar el equipo	El dispositivo debe fijarse a un punto de anclaje seguro y aprobado. Automático El dispositivo funciona haciendo girar una rueda hacia la dirección deseada (hacia arriba o hacia abajo). Manual Si se utiliza este tipo de dispositivo, el socorridor tendrá que controlar activamente el ritmo del descenso.

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Exámenes visuales	Los dispositivos están sujetos a una inspección visual para asegurar su integridad y comprobar que no haya daños, después de cada operación o aplicación
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil	Limpieza y mantenimiento Examen visual antes y después de cada uso La inspección visual y funcional debe ser realizada por lo menos cada seis meses
Requisitos de la prueba de calibración	Prueba de caída en intervalos de 6 meses.
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Ninguno.
Equipo alternativo	Sistema de cuerda Rollgliss

Nombre del equipo	Trípode Airshore ART
Fabricante	Vetter GmbH Una unidad de IDEX Corporation Blatzheimer Str. 10-12 Zülpich 53909
Breve descripción	La herramienta de rescate Airshore es una estructura liviana y ergonómica de aluminio que puede accionarse de forma manual o neumática. Los accesorios desmontables, las partes en ángulo y las placas base son adecuadas para todas las formas, superficies y situaciones. La herramienta de rescate Airshore es un soporte adecuado para una serie de combinaciones y configuraciones debido al gran número de accesorios, partes en ángulo y placas base. Utilizando los accesorios, los puntales se pueden convertir en un sistema de trípode que incorpora puntos de anclaje
Función	La herramienta de rescate de Airshore fue desarrollada para estabilizar y entibar en una línea vertical u horizontal y en posiciones con un ángulo, lo que permite una base segura para trabajar en todas las situaciones.
Cómo usar o manejar el equipo	Ensamblaje del trípode: <ol style="list-style-type: none"> 1. Se posicionan tres horquillas con la superficie funcional hacia la placa base ART-H cerrada y asegurada con los pernos de seguridad. 2. Cada horquilla se posiciona en las placas base individuales (ART BPB12) con la superficie funcional también cerrada y asegurada con el perno de seguridad. 3. Las estructuras ART (F7-11) se posicionan en la cabeza de montaje de la horquilla en la placa base con el tubo <i>strut</i> y enganchado con el seguro del puntal. El tubo <i>strut</i> debe estar posicionado para que la conexión de aire apunte hacia los lados o hacia afuera. 4. Las placas base, junto con el soporte apuntando hacia afuera, son posicionadas en los pistones y enganchadas con el seguro del pistón. 5. El ajuste de altura del trípode puede hacerse manualmente o neumáticamente. La presión máxima permitida es 2.5 bar. Se requiere un controlador, una manguera y el kit de manguera para el trípode o una columna de resistencia alta para el ajuste neumático de altura. 6. El trípode Airshore puede, por ejemplo, ser usado para rescate en túneles, posiciones elevadas y zanjas. También se puede combinar el kit con un torno de cable

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<p>para descender en rappel o escalar hacia una zanja estrecha. El kit debe ser encargado por separado.</p>
Exámenes visuales	<p>Después de cada operación y/o aplicación, el sistema Airshore ART y los accesorios debe ser inspeccionados visualmente para asegurar que estén completos y verificar que no haya daños.</p>
Mantenimiento previsto durante la vida útil	<p style="text-align: center;">Limpieza y mantenimiento</p> <p>Al menos una vez al año se debe realizar una inspección visual y funcional de las estructuras y accesorios ART</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Retire el pistón (con casquillo) del tubo <i>strut</i>. Cuando realice limpieza o una inspección visual, si usted inserta el perno de seguridad a través del hoyo del casquillo, podrá halar el casquillo y el pistón del puntal ART. 2. Con un cepillo suave y jabón, limpie el puntal ART y los accesorios para eliminar la suciedad. En caso de que haya gran cantidad de suciedad, limpie con un limpiador de alta presión. 3. Compruebe el puntal ART y los accesorios para detectar cualquier señal de daño y para asegurar la integridad y funcionalidad. <ul style="list-style-type: none"> • Boquilla conectora y casquillo de fijación - continuidad, tapa protectora • aberturas de desbordamiento - libre continuidad • Casquillo con agarradera en T - función y movimiento fácil, comprobar la rosca • bloqueo - movimiento fácil y funcional • Junta del pistón - sin daño y funcional 4. ¡La junta del pistón no debe limpiarse con productos de limpieza agresivos ni hidrocarbonados! 5. Ensamblar nuevamente el pistón y el tubo <i>strut</i> y compruebe que haya facilidad de movimiento y funcionalidad. 6. Accesorios- ¡los acoplamientos, las piezas anguladas y las placas de base deben inspeccionarse periódicamente! Asegúrese que todos los tornillos de ajuste, los pernos de seguridad y las cerraduras estén disponibles y que funcionen perfectamente.
Requisitos de la prueba de calibración	<p>No se requiere ninguna calibración</p>
Responsabilidades	<p>Técnicos</p>

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Solución de problemas	¡Cuando utilice los puntales ART en una posición angular, es imprescindible utilizar un dispositivo de seguridad para evitar que catapulte hacia afuera! Este puede ser en forma de madera cuadrada y los anclajes de suelo correspondientes o, según los cimientos, con tornillos o pernos en la placa base.
Equipo alternativo	Trípode Didsbury– Didsbury engineering

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 40

Nombre del equipo	ESLINGA DE SUJECIÓN #90176 / 2M/90204
Fabricante	P & P seguridad Ltd 131 nuevo John Street,
Breve descripción	Una eslinga de seguridad se utiliza para conectar un arnés de seguridad, un cinturón de posicionamiento o seguridad a un punto de anclaje, para mantener al usuario sostenido en una posición de trabajo en donde hay posibilidad de caerse (sujeción). No está previsto para ser usado como equipo anticaída a menos de que esté equipado con un absorbente de energía, en conformidad con EN355
Función	<p>Posicionamiento y sujeción para el trabajo</p> <p>Las eslingas de seguridad utilizadas para la sujeción deben ser de tal longitud o deben estar ajustadas a una longitud tal que no pueda producirse una situación de caída. Las eslingas usadas para el 'posicionamiento de trabajo' están diseñadas para sostener al usuario cuando trabaja en altura y necesitan un entorno de manos libres.</p>
Cómo usar o manejar el equipo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los usuarios deben asegurarse de que este dispositivo se utilice con conectores y equipos compatibles. Si no se asegura la compatibilidad, puede producirse una condición insegura ▪ Una eslinga de 2m construida a partir de 11mm de cuerda kernmantle con un ajustador de cuerda rata y una funda protectora. Uno de los extremos de la cuerda kernmantle está equipado con un ojo cautivo kwik-lock y cierre mosquetón ▪ Para ajustar la longitud operativa de la eslinga, cuando la eslinga está en la posición de trabajo y está conectado al arnés, remueva el peso de la eslinga utilizando una mano para tirar y use la otra mano para liberar el extremo libre de la eslinga, esto ajustará la longitud operativa de la eslinga. ▪ Para alargar la eslinga, agarre la cuerda rata con la mano más cercana a esta, apoye parcialmente su propio peso con la otra mano sobre la estructura y presione la palanca con el dedo <p>Bajo ninguna circunstancia utilice esta eslinga donde pueda ocurrir una caída; en caso de que pueda ocurrir una caída, se debe utilizar un sistema anticaídas de respaldo</p>
Exámenes visuales	<p>Siempre asegúrese de que la etiqueta del producto está disponible y muestra el nombre del producto, el número de serie y la fecha de fabricación</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Antes de cada uso, se debe realizar una revisión visual ▪ Se deben realizar y registrar inspecciones detalladas cada 6 meses

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compruebe todas las correas para identificar señales de cortes, abrasiones, áreas deshilachadas, quemaduras, moho, decoloración o ataque químico ▪ Compruebe todas costuras para identificar señales de aflojamiento o corte el hilo; no debe haber señales de costuras dañadas en ningún lado de la puntada ▪ Verifique que los manguitos estén intactos y protegiendo la cuerda o las correas.
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Puede limpiarse con un detergente suave y agua tibia ▪ Enjuague bien y remueva el exceso de agua con un paño seco ▪ Almacene la eslinga en un lugar fresco y seco ▪ Una persona competente debe realizar las inspecciones cada 6 meses ▪ La vida útil máxima es de 10 años desde la fecha de fabricación, siempre que se almacene y se le dé un mantenimiento adecuado ▪ Si la eslinga no pasa la prueba de inspección, esta DEBE ser destruida
Requisitos de la prueba de calibración	Se deben realizar inspecciones visuales y de tacto cada 6 meses según las buenas prácticas y las regulaciones PUWER del Reino Unido.
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Eslinga de posicionamiento al trabajo - Trigger KF7T2000 Capital safety

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 42

Nombre del equipo	GANCHO GRANDE CHUNKIE 175 #90294-Eslinga con absorbedor de energía
Fabricante	P & P seguridad Ltd
Breve descripción	Eslinga de una sola pierna, adecuada para detener caídas potenciales. La cuerda incorpora un paquete absorbedor de energía
Función	Son para detener una caída potencial
Cómo usar o manejar el equipo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siempre que sea posible, utilice un anclaje que se encuentre directamente por encima de la posición de trabajo y asegúrese de tener suficiente espacio libre sin riesgos ni protuberancias debajo suyo ▪ Conecte el extremo absorbedor de energía de la eslinga al arnés y el extremo libre al punto de anclaje de detención de caída ▪ Use anclajes permeables aprobados que hayan sido construidos o instalados por instaladores aprobados ▪ Asegure que el gancho del andamio esté unido a un punto de anclaje adecuado, sin torceduras ni posibilidad de atrapamiento ▪ Siempre asegúrese de que el mecanismo de cierre esté cerrado ▪ Compruebe aplicando presión contra el mecanismo de cierre ▪ Asegúrese de que la etiqueta de fábrica del producto sea visible y muestre el número de serie y fecha de fabricación
Exámenes visuales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realice una revisión visual antes del uso para identificar señales de cortes, abrasiones, deshilachado, quemaduras, moho, decoloración o ataque químico ▪ Compruebe todas costuras para detectar señales de aflojamiento o cortes ▪ Compruebe el paquete absorbente de energía para señales de tejido roto en los extremos. Si hay tejido roto expuesto, esto quiere decir que el eslinga puede haber sido sometido a una caída ▪ Verifique que los manguitos estén intactos y protegiendo la cuerda o las correas. ▪ Verifique si la eslinga ha sido objeto de rociado sustancial de pintura

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<ul style="list-style-type: none">▪ Los ajustadores y conectores deben estar libres de óxido excesivo, desgaste, distorsión o grietas▪ Todo conector / enlace debe funcionar correctamente sin tendencia a que las compuertas se queden pegadas o se atasquen
Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil	<ul style="list-style-type: none">▪ Puede limpiarse con un detergente suave y agua tibia▪ Enjuague bien y remueva el exceso de agua con un paño seco▪ Almacene la eslinga en un lugar fresco y seco▪ Una persona competente debe realizar las inspecciones cada 6 meses▪ La vida útil máxima es de 5 años
Requisitos de la prueba de calibración	Se deben realizar inspecciones visuales y de tacto cada 6 meses según las buenas prácticas y las regulaciones PUWER del Reino Unido.
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	EZ Stop Rope 2m Accesorio de Eslinga número 1245549 Capital safety PETZL

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 44 & 46

Nombre del equipo	Sistema trípode y pescante Didsbury
Fabricante	Didsbury Engineering Lower Meadow Road Brooke Park Handforth Wilmslow Cheshire SK9 3LP
Breve descripción	El trípode ligero y el pescante Didsbury están fabricados en aluminio y pueden ser erigidos manualmente para formar un punto de anclaje seguro para trabajos en altura.
Función	Para proporcionar un punto de anclaje seguro para trabajos en altura
Cómo usar o manejar el equipo	<p>Trípode</p> <p>Por lo menos 2 personas, asegurando que usen guantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifique que el trípode se encuentre en buenas condiciones • Compruebe la fecha de la prueba • Extienda y fije las patas del trípode en posición correcta usando la clavija • Ubique el trípode de pie en el suelo, asegurándose de que las patas se fijen a la anchura máxima (lejos del orificio) – ajuste el torno antes de ponerlo sobre el pozo • cada pata se puede ajustar de manera individual, removiendo la clavija y la clavija de seguridad y posteriormente ajustando la altura <p>Pescante</p> <p>Por lo menos 2 personas, asegurando que usen guantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifique que el pescante se encuentre en buenas condiciones • Compruebe la fecha de la prueba • Extienda y asegure la pata del Pescante en la posición correcta, usando la clavija • Ubique el pescante de pie en el suelo, asegurándose de que las patas se fijen a la anchura

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	máxima (lejos del orificio) – ajuste el torno antes de ponerlo sobre el pozo
Exámenes visuales	El trípode y el pescante son sometidos a una revisión visual para asegurar su integridad y verificar que no haya daños después de cada operación y/o aplicación
Mantenimiento Previsto durante el Tiempo de Vida Útil	<p style="text-align: center;">Limpieza y mantenimiento</p> Examen visual antes y después de cada uso Se debe realizar una inspección visual y funcional por lo menos cada seis meses
Requisitos de la prueba de calibración	Realizar una prueba de caída al Trípode y al Pescante en intervalos de 6 meses.
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Ninguno.
Equipo alternativo	Trípode ART

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 45

Nombre del equipo	Winche o Torno Didsbury
Fabricante	Didsbury Engineering Lower Meadow Road Brooke Park Handforth Wilmslow Cheshire SK9 3LP
Breve descripción	El winche o torno ofrece un cable de acero en varias medidas. Tiene dos factores operativos de seguridad. Una para material y otra para trabajadores mineros
Función	Para proporcionar un medio seguro de ascenso y descenso de mineros que trabajan de forma segura en altura. El objetivo es evitar una caída
Cómo usar o manejar el equipo	El torno debe estar conectado a un punto de anclaje seguro y aprobado
Exámenes visuales	El torno se somete a una revisión visual para asegurar su integridad y verificar que no haya daños después de cada operación y/o aplicación
Tiempo de vida previsto mantenimiento	Limpieza y mantenimiento Examen visual antes y después de cada uso La inspección visual y funcional se debe realizar por lo menos cada seis meses
Requisitos de la prueba de calibración	Deje caer el torno en intervalos de 6 meses.
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Ninguno.
Equipo alternativo	Sistema de cuerdas Rollgliss

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 47

Nombre del equipo	ARNES DE CUERPO COMPLETO FRS RESCUE BOLERO #90096
Fabricante	P & P
Breve descripción	Arnés anticaída de dos puntos, con hebilla de tres barras y conexión rectangular y conexiones en piernas y pecho. Correas de hombro de longitud ajustable con hebillas de tres barras para asegurar que la correa del pecho esté ubicada sobre el área del esternón, incluye un chaleco Nyplax y un accesorio de rescate aéreo. La correa del pecho de este arnés es una correa de pecho completa que va alrededor del pecho para proporcionar un ajuste excepcionalmente seguro que aumenta la distribución de la carga cuando se usa el anillo delantero "D".
Función	Diseñados para detener las caídas, cada arnés está equipado con un anillo 'D' dorsal (posterior) entre los hombros identificado con la letra 'A'. También hay un punto de conexión en la parte delantera del arnés (Anillo 'D' del esternón). La eslinga o el equipo de detención de caídas sólo se deben conectar al anillo 'D' que está claramente identificado por la letra 'A'. El arnés también tiene un accesorio para rescate aéreo. Este accesorio es para rescates en lugares confinados o circunstancias similares.
Cómo usar o manejar el equipo	<p>Preparación</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realice las verificaciones previas al uso antes de proceder. Si encuentra defectos o no está seguro sobre la condición de su arnés, DETENGASE. 2. Retire cualquier eslinga amarrada o similar que esté conectado a cualquier anillo 'D'. 3. Desabroche las hebillas de liberación rápida cuando estén ajustadas a las correas de hombro o de pierna. 4. Si dispone de un accesorio de rescate aéreo, dóblelo de vuelta con cuidado y asegúrelo dentro de la bolsa amarilla o con lazo de Velcro. 5. Levante el arnés por el anillo dorsal 'D' y asegúrese de que todas las correas estén rectas. Desenrede las correas que no lo estén. <p>Colocación. Etapa 1 (hombros y pecho)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Coloque el arnés en el piso, párese en los lazos de las correas de las piernas. ▪ Levante el arnés y revise que el anillo dorsal 'D' esté detrás suyo. ▪ Levante el arnés sobre ambos hombros. ▪ Pase su brazo a través de las correas de hombro. ▪ Ajuste ambas correas de hombro para que la correa del pecho esté a la altura de su esternón. Asegúrese de que

	<p>ambas correas de hombro estén ajustadas a la misma longitud.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ajuste las correas de hombro para que la correa subpélvica esté a la altura de la parte superior de su muslo, en la parte baja de sus glúteos, asegure que ambas correas estén ajustadas a la misma longitud. ▪ Conecte la correa del pecho pasando la hebilla de 3 barras a través del conector cuadrado. Ahora voltee la hebilla de 3 barras y alinéela con el conector cuadrado, asegurando que las correas no están volteadas o dobladas. ▪ Ajuste la correa de pecho según sea necesario para que la correa esté ajustada. Asegure la correa sobrante bajo el soporte de correa. Vuelva a alinear el anillo 'D' del esternón para que esté en el centro del pecho. <p>Colocación. Etapa 2. (Piernas)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Párese recto y revise que las correas de las piernas no estén torcidas. ▪ Debe tener cuidado de asegurar que la correa subpélvica esté posicionada adecuadamente en la parte superior del músculo del muslo. No debe estar a la altura de la base de la columna vertebral. ▪ Acomode las correas para un ajuste preciso, asegurando que ambas correas estén posicionadas lo más alto posible entre la parte interior de la pierna y la ingle. Por último, asegure la correa sobrante. <p>Colocación. Etapa 3 (correa de cintura solamente)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sólo después de haberse colocado y ajustado el arnés usted debe asegurar su correa de la cintura. ▪ Sujete el extremo libre del tejido de la correa y tire hasta que se logre un ajuste preciso. Para asegurar en su lugar, mueva el extremo libre de la hebilla y páselo a través del extremo de la hebilla. ▪ Asegure la correa sobrante bajo el retenedor elástico.
<p>Exámenes visuales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Antes de usar, revise visualmente todo el tejido de las correas o cuerdas para identificar señales de cortes, abrasiones deshilachado, quemaduras, moho, decoloración o ataque químico ▪ Compruebe todas las costuras para identificar señales de que el hilo se esté aflojando, tirando o cortando. ▪ Verifique que los manguitos estén intactos y protegiendo la cuerda o el tejido. ▪ Verifique si la eslinga ha sido objeto de algún rociado sustancial de pintura. ▪ Los ajustadores y conectores deben estar libres de óxido y de desgaste excesivo o grietas.

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil	<ul style="list-style-type: none">▪ Puede limpiarse con un detergente suave y agua tibia▪ Enjuague bien y remueva el exceso de agua con un paño seco▪ Almacene la eslinga en un lugar fresco y seco▪ Una persona competente debe realizar las inspecciones cada 6 meses▪ La vida útil máxima es de 5 años
Requisitos de la prueba de calibración	Se deben realizar inspecciones visuales y de tacto cada 6 meses según las buenas prácticas y las regulaciones PUWER del Reino Unido.
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Pro Rescue AB11313RNG Protecta Capital Safety PETZL

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 48

Nombre del equipo	Trípode Airshore ART
Fabricante	Vetter GmbH Una unidad de IDEX Corporation Blatzheimer Str. 10-12 Zülpich 53909
Breve descripción	La herramienta de rescate Airshore es una estructura liviana y ergonómica de aluminio que puede accionarse de forma manual o neumática. Los accesorios desmontables, las partes en ángulo y las placas base son adecuadas para todas las formas, superficies y situaciones. La herramienta de rescate Airshore es un soporte adecuado para una serie de combinaciones y configuraciones debido al gran número de accesorios, partes en ángulo y placas base. Utilizando los accesorios, los puntales se pueden convertir en un sistema de trípode que incorpora puntos de anclaje
Función	La herramienta de rescate de Airshore fue desarrollada para estabilizar y entibar en una línea vertical u horizontal y en posiciones con un ángulo, lo que permite una base segura para trabajar en todas las situaciones.
Cómo usar o manejar el equipo	Ensamblaje del trípode: 7. Se posicionan tres horquillas con la superficie funcional hacia la placa base ART-H cerrada y asegurada con los pernos de seguridad. 8. Cada horquilla se posiciona en las placas base individuales (ART BPB12) con la superficie funcional también cerrada y asegurada con el perno de seguridad. 9. Las estructuras ART (F7-11) se posicionan en la cabeza de montaje de la horquilla en la placa base con el tubo <i>strut</i> y enganchado con el seguro del puntal. El tubo <i>strut</i> debe estar posicionado para que la conexión de aire apunte hacia los lados o hacia afuera. 10. Las placas base, junto con el soporte apuntando hacia afuera, son posicionadas en los pistones y enganchadas con el seguro del pistón. 11. El ajuste de altura del trípode puede hacerse manualmente o neumáticamente. La presión máxima permitida es 2.5 bar. Se requiere un controlador, una manguera y el kit de manguera para el trípode o una columna de resistencia alta para el ajuste neumático de altura. 12. El trípode Airshore puede, por ejemplo, ser usado para rescate en túneles, posiciones elevadas y zanjas. También se puede combinar el kit con un torno de cable

	<p>para descender en rappel o escalar hacia una zanja estrecha. El kit debe ser encargado por separado.</p>
Exámenes visuales	<p>Después de cada operación y/o aplicación, el sistema Airshore ART y los accesorios debe ser inspeccionados visualmente para asegurar que estén completos y verificar que no haya daños.</p>
Mantenimiento previsto durante la vida útil	<p style="text-align: center;">Limpieza y mantenimiento</p> <p>Al menos una vez al año se debe realizar una inspección visual y funcional de las estructuras y accesorios ART</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Retire el pistón (con casquillo) del tubo <i>strut</i>. Cuando realice limpieza o una inspección visual, si usted inserta el perno de seguridad a través del hoyo del casquillo, podrá halar el casquillo y el pistón del puntal ART. 8. Con un cepillo suave y jabón, limpie el puntal ART y los accesorios para eliminar la suciedad. En caso de que haya gran cantidad de suciedad, limpie con un limpiador de alta presión. 9. Compruebe el puntal ART y los accesorios para detectar cualquier señal de daño y para asegurar la integridad y funcionalidad. <ul style="list-style-type: none"> • Boquilla conectora y casquillo de fijación - continuidad, tapa protectora • aberturas de desbordamiento - libre continuidad • Casquillo con agarradera en T - función y movimiento fácil, comprobar la rosca • bloqueo - movimiento fácil y funcional • Junta del pistón - sin daño y funcional 10. ¡La junta del pistón no debe limpiarse con productos de limpieza agresivos ni hidrocarbonados! 11. Ensamblar nuevamente el pistón y el tubo <i>strut</i> y compruebe que haya facilidad de movimiento y funcionalidad. 12. Accesorios- ¡los acoplamientos, las piezas anguladas y las placas de base deben inspeccionarse periódicamente! Asegúrese que todos los tornillos de ajuste, los pernos de seguridad y las cerraduras estén disponibles y que funcionen perfectamente.
Requisitos de la prueba de calibración	<p>No se requiere ninguna calibración</p>
Responsabilidades	<p>Técnicos</p>

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Solución de problemas	<p>¡Cuando utilice los puntales ART en una posición angular, es imprescindible utilizar un dispositivo de seguridad para evitar que catapulte hacia afuera!</p> <p>Este puede ser en forma de madera cuadrada y los anclajes de suelo correspondientes o, según los cimientos, con tornillos o pernos en la placa base.</p>
Equipo alternativo	<p>Trípode Didsbury– Didsbury engineering</p> <p>Hydra Capsule</p>

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 50

Nombre del equipo	Camilla Sked (naranja internacional) #SK200-0R NSN 6530-01-260-1222 (hebillas de acero)
Fabricante	Skedko, Inc
Breve descripción	La Camilla para transporte de víctimas puede ser utilizada para cargar, arrastrar, o para elevarla vertical u horizontalmente.
Función	Cuando el paciente se ubica en la camilla, esta se vuelve rígida. El plástico durable proporciona protección al paciente y al mismo tiempo permite su extricación a través de los espacios confinados más exigentes. Para su almacenamiento, la camilla se enrolla en una mochila resistente de Cordura
Cómo usar o manejar el equipo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retire la Sked® de su empaque y colóquela en el suelo. 2. Afloje la correa de retención, párese en el extremo para los pies de la Sked®, y desenrolle completamente hasta el extremo opuesto. 3. Doble la Sked por la mitad sobre su antebrazo y retroceda. Repita con el extremo opuesto de la camilla. En clima frío, puede ser necesario enrollarlo en dirección contraria dos veces. 4. La camilla Sked® ahora quedará en posición plana. 5. Antes de cargar la Sked®, suelte todas las hebillas y las correas a un lado. 6. Suba a la víctima a la camilla 7. Levante los lados de la Sked® y ajuste las cuatro correas cruzadas con las hebillas de cierre que están directamente en el lado opuesto de las correas y tire firmemente. 8. Levante los lados de la Sked® y fije las cuatro correas cruzadas a hebillas directamente frente a las correas y tire de ellas firmemente. 9. Ajuste las hebillas para los pies y ajuste las correas. 10. No entrecruce las correas en la Sked® ya que causará que la Sked® se doble en el medio. 11. La cabecera debe ser enroscada sobre la cabeza del paciente y la manija de arrastre debe estar atada a la segunda correa cruzada para proteger la cabeza del paciente de la caída de objetos
Exámenes visuales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Antes de usar, realizar una inspección visual de la condición general de la camilla ▪ Compruebe que todas las partes de los componentes estén dentro de la bolsa
Mantenimiento previsto durante la vida útil	El fabricante no especifica una vida útil de este equipo y puede ser utilizado indefinidamente, siempre y cuando se realicen inspecciones periódicas (por ejemplo, mensualmente) a las condiciones generales

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	Reemplace la correa de la camilla, las correas de los topes según sea necesario según el desgaste
Requisitos de la prueba de calibración	<ul style="list-style-type: none">▪ Los topes de la elevación, los mosquetones y la cuerda requieren de una inspección visual cada seis meses para cumplir con los requerimientos de las buenas prácticas en (Reino Unido LOLER/PUWER Regs)
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	N / A
Equipo alternativo	La camilla Slix 100 es un producto similar Dragon rescue system

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 56

Nombre del equipo	Resucitador Tipo MARS II
Fabricante	CME
Breve descripción	Resucitador Mars (Sistema Manual Automático de Manual automático sistema de reanimación) para proporcionar terapia de oxígeno a una víctima
Función	<p>El MARS II es un resucitador manual (RCP) y automático y se basa en tres componentes centrales – el Módulo de Control, la Válvula de Demanda y el Regulador o válvula integrada.</p> <p>La unidad también tiene una anulación manual que permite la operación manual de oxígeno a la víctima.</p>
<p>Cómo usar/manejar el equipo</p>   	<p>Resucitación automática, ciclada por volumen– El suministro de gas pasa por medio del canal automático y es entregado al paciente como un programa de respiración específico de inhalación/exhalación de acuerdo con el peso corporal, según como se establece en el área de flujo.</p> <p>Interruptor automático para respirar a demanda – Cuando se recupera la consciencia, el paciente toma gas por medio de la válvula del paciente desde el lado del suministro a demanda del módulo. El monitoreo de este flujo apaga instantáneamente el programa de respiración automático.</p> <p>Resucitación automática – Si falla la respiración espontánea, el módulo detectará la falta de flujo y la resucitación ciclada por volumen se reanudará dentro de 5-7 segundos.</p> <p>Alarma sonora – Hay una alarma sonora establecida a una presión de 46cm H₂O y montada en la válvula del paciente que avisará al operador acerca del bloqueo de las vías respiratorias o la presurización excesiva del paciente.</p> <p>Anulación manual – La anulación manual está fijada en la válvula del paciente y le permite al operador realizar una saturación pulmonar inicial y una resucitación manual. En la operación de la anulación manual, el ciclo automático se apagará, pero se reiniciará si la anulación manual no es operada de nuevo dentro de 5-7 segundos. La operación manual total para el uso en conjunto con RCP se puede realizar seleccionando la posición “MAN” en el sector de flujo.</p>
Exámenes visuales	<p>Examen visual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bolsa • Cilindro

	<ul style="list-style-type: none"> • Regulador • Mangueras para el Módulo de Control • Mangueras de la Válvula de Demanda • La válvula de demanda • Boquilla • Arnés de cabeza <p>Luego se llevaría a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prueba de Función • Flujo de terapia • Prueba de Filtración (sin fugas después de 5 segundos) • Presión del Cilindro • Sistema de Ventilación • Limpieza y desinfección • Revisar mangueras de oxígeno para detectar daños/deterioro <p>Regulador</p>
<p>Mantenimiento previsto durante la vida útil</p>	<p>Mensual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen visual • Realizar prueba de funcionamiento • Flujo de terapia • Prueba de fuga (sin fugas después de 5 segundos) • Presión del cilindro • Sistema de ventilación • Limpieza y desinfección • Revisar mangueras de oxígeno para identificar daños/deterioro <p>Después de su uso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen visual • Realizar prueba de funcionamiento • Flujo de terapia • Prueba de fuga (sin fugas después de 5 segundos) • Presión del cilindro • Sistema de ventilación • Limpieza y desinfección <p>Anual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen visual • Realizar prueba de funcionamiento • Flujo de terapia • Prueba de fuga (sin fugas después de 5 segundos) • Presión del cilindro • Sistema de ventilación <p>Cada 3 años</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen visual • Realizar prueba de funcionamiento • Flujo de terapia



4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de fuga (sin fugas después de 5 segundos) • Presión del cilindro • Sistema de ventilación <p>Cada 5 años</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reemplace las mangueras de oxígeno <p>Cada 10 años</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reemplace el regulador <p>La vida máxima del Resucitador Mars es de 20 años.</p> <p>Debe mantenerse un registro para cada reanimador, detallando el mantenimiento realizado, las fechas en que se realizaron las pruebas y los resultados obtenidos durante toda la vida comercial.</p>
Requisitos de la prueba de calibración	Manómetro
Responsabilidades	Técnicos de Equipos (Mecánicos)
Solución de problemas	Según el manual.
Equipo alternativo	Resucitador Micro-vent Drager Carevent

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 85

Nombre del equipo	Puntales Airshore ART
Fabricante	Vetter GmbH Una unidad de IDEX Corporation Blatzheimer Str. 10-12 Zülpich 53909
Breve descripción	La herramienta de rescate Airshore es una estructura liviana y ergonómica de aluminio que puede accionarse de forma manual o neumática. Los accesorios desmontables, las partes en ángulo y las placas base son adecuadas para todas las formas, superficies y situaciones. La herramienta de rescate Airshore es un soporte adecuado para una serie de combinaciones y configuraciones debido al gran número de accesorios, partes en ángulo y placas base.
Función	La herramienta de rescate de Airshore fue desarrollada para estabilizar y entibar en una línea vertical u horizontal y en posiciones con un ángulo, lo que permite una base segura para trabajar en todas las situaciones
Cómo usar o manejar el equipo	<p>Preparar el producto para su uso</p> <p>Preparativos para la operación</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar qué tipo de apoyo y qué longitud de puntal se requiere. 2. Seleccione los accesorios necesarios (accesorios, partes en ángulo y placas base) y conéctelas a los puntales Airshore Art. Asegúrese de que haya un enganche perfecto y seguro de los accesorios y su posicionamiento (enganche de las cerraduras en los puntales y el perno de seguridad en la placa base). Si es necesario, un puntal ART puede ser equipado con máximo una extensión ART (ver accesorios). 3. Asegúrese de que ahora no hay pasadores de seguridad o imperdibles en el pistón y en el manguito. 4. Ubique el puntal ART en posición, según la situación. <p>Funcionamiento neumático del puntal ART</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Saque la herramienta de rescate Airshore hasta que el accesorio y la placa base hagan contacto con el área de apoyo/carga y con el suelo. Inserte el primer pasador de seguridad en un orificio del pistón libre y gire el manguito con agarre en T, correspondiente a la pendiente en



espiral, hacia arriba hasta que el pasador de seguridad está colocado en el último cierre posible.

- Asegure el agarre en T e inserte el segundo pasador de seguridad, a un ángulo de 90°, a través de un agujero de pistón libre dentro del cierre en espiral. ¡Los accesorios y las placas base deben estar aseguradas, utilizando las medidas adecuadas contra deslizamiento! (por ejemplo, clavos o tornillos)
- Conecte el controlador correspondiente (2,5 o 10 bar) y la manguera para inflar (2,5 o 10 bar) al puntal ART.
- Con la columna de alta resistencia, se requiere el kit de la manguera como accesorio.
- Opere el controlador hasta que la placa de fijación y la placa base hagan contacto con la superficie de apoyo, con respecto al suelo.
- Inserte el primer pasador de seguridad en un orificio del pistón libre y gire el manguito con agarre en T, correspondiente a la pendiente en espiral, hacia arriba hasta que el pasador de seguridad está colocado en el último cierre posible. Asegure el agarre en T e inserte el segundo pasador de seguridad, a un ángulo de 90°, a través de un agujero de pistón libre dentro del cierre en espiral.
- Compruebe que la ubicación y el aseguramiento perfecto de la entibación antes de proceder con el trabajo.

Desmontaje

Manual:

- Afloje los agarres en T y mueva el manguito según la dirección de la espiral hacia abajo para que el perno de seguridad se afloje. Retire el pasador de seguridad y desplace el pistón dentro del tubo strut.
- Las piezas pueden guardarse después del desmontaje de los accesorios, las placas de base y después de la limpieza.

Neumático:

- Proporcione la presión operativa permitida en el puntal con la manguera para inflar y el controlador. Después de aflojar el perno de seguridad, mueva la manga hacia abajo en la dirección de la espiral. Las piezas pueden guardarse después del desmontaje de los accesorios, las placas de base y después de la limpieza.

Nota para el aseguramiento durante el transporte:

Mediante el bloqueo del manguito con un alfiler (agujero en el manguito), el pistón y el manguito quedan bloqueados para el transporte y la estiba.

	<p>¡El sistema Airshore Art debe utilizarse manualmente con aire comprimido o CO₂ (en forma de gas)! ¡No se deben usar gases inflamables u otros gases peligrosos!</p>
Exámenes visuales	<p>Después de cada uso/ aplicación, el sistema Airshore ART y los accesorios deben ser inspeccionados visualmente para verificar si están completos y detectar si hay daños.</p>
Mantenimiento previsto durante la vida útil	<p style="text-align: center;">Limpieza y mantenimiento</p> <p>Al menos una vez al año se debe realizar una inspección visual y funcional de las estructuras y accesorios ART</p> <p>13. Retire el pistón (con casquillo) del tubo <i>strut</i>. Cuando realice limpieza o una inspección visual, si usted inserta el perno de seguridad a través del hoyo del casquillo, podrá halar el casquillo y el pistón del puntal ART.</p> <p>14. Con un cepillo suave y jabón, limpie el puntal ART y los accesorios para eliminar la suciedad. En caso de que haya gran cantidad de suciedad, limpie con un limpiador de alta presión.</p> <p>15. Compruebe el puntal ART y los accesorios para detectar cualquier señal de daño y para asegurar la integridad y funcionalidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Boquilla conectora y casquillo de fijación - continuidad, tapa protectora • aberturas de desbordamiento - libre continuidad • Casquillo con agarradera en T - función y movimiento fácil, comprobar la rosca • bloqueo - movimiento fácil y funcional • Junta del pistón - sin daño y funcional <p>16. ¡La junta del pistón no debe limpiarse con productos de limpieza agresivos ni hidrocarbonados!</p> <p>17. Ensamblar nuevamente el pistón y el tubo <i>strut</i> y compruebe que haya facilidad de movimiento y funcionalidad.</p> <p>Accesorios- ¡los acoplamientos, las piezas anguladas y las placas de base deben inspeccionarse periódicamente! Asegúrese que todos los tornillos de ajuste, los pernos de seguridad y las cerraduras estén disponibles y que funcionen perfectamente.</p>
Requisitos de la prueba de calibración	<p>No se requiere ninguna calibración</p>
Responsabilidades	<p>Técnicos</p>
Solución de problemas	<p>¡Cuando utilice los puntales ART en una posición angular, es imprescindible utilizar un dispositivo de seguridad para evitar que catapulte hacia afuera!</p>

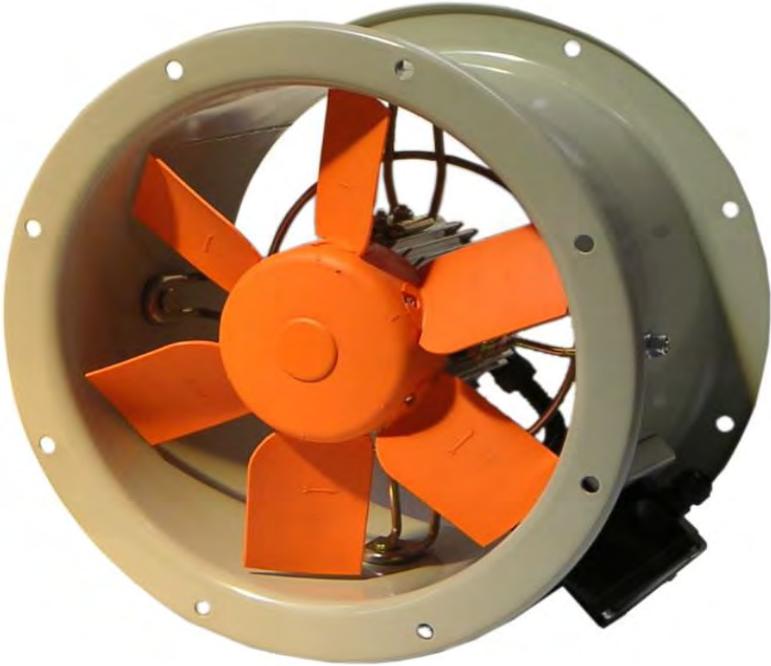
4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<p>Este puede ser en forma de madera cuadrada y los anclajes de suelo correspondientes o, según los cimientos, con tornillos o pernos en la placa base.</p>
Equipo alternativo	<ul style="list-style-type: none">▪ Apoyo Duke▪ Apoyo de energía▪ Apoyo Gun set <p>Penny Hydraulics Limited Station Road Clowne Chesterfield Derbyshire S43 4AB United Kingdom</p> <p>Hydra Capsule</p>

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 104

Nombre del equipo	Lámparas mineras
Fabricante	WUXI JIEBO ELECTRICAL TECHNOLOGY CO., LTD
Breve descripción	Lámpara minera de seguridad (inalámbrico) con baterías a prueba de fugas LI Ion, el bombillo LED tiene una duración equivalente a toda la vida útil de la unidad (50.000 horas)
Función	Ofrece luz blanca brillante 2000 Lux Duración 13 – 16 horas de trabajo Tiempo de carga de 7 horas
Cómo usar / manejar el equipo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presione el botón de encendido una vez para el Haz de Luz ▪ Presione el botón dos veces para el Haz de Luz Auxiliar ▪ Presione una tercera vez para apagar
Exámenes visuales	Antes de usar, realice una inspección visual de las condiciones generales de la lámpara para detectar señales de grietas o daños
Mantenimiento previsto durante la vida útil	Las lámparas no requieren mantenimiento y están selladas de por vida. Mensualmente realice una inspección visual de las condiciones generales de la lámpara como se indicó anteriormente, para detectar señales de grietas o daños.
Requisitos de la prueba de calibración	No requiere calibración. Si la lámpara es defectuosa o está dañada, reemplace la unidad.
Responsabilidades	Técnicos
Solución de problemas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si no opera correctamente, compruebe que lámpara esté completamente cargada ▪ Si hay señales de grietas o daños, reemplace la unidad de
Equipo alternativo	Lampara Minera Faser Lámpara minera de seguridad Oldham DE9 - LED Li-ion Esta es una lámpara minera más tradicional y con cable.

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 121

Nombre del equipo	Ventiladores de flujo axial
Fabricante	Varios (Bomar)
Breve descripción	El Ventilador de flujo axial está diseñado para crear un flujo de aire dentro de una mina. El ventilador consta de un arreglo rotativo de aspas o palas para crear el flujo de aire. El ensamblaje giratorio de las aspas y el eje se conoce como un impulsor, un rotor o un corredor. Por lo general, está contenido dentro de algún tipo de cubierta o carcasa. Puede dirigir el flujo de aire o aumentar la seguridad al impedir que los objetos entren en contacto con las aspas del ventilador. En su mayor parte, los ventiladores son accionados por motores eléctricos, pero pueden utilizarse otras fuentes de energía, como motores hidráulicos y motores de combustión interna. Los ventiladores producen flujos con alto volumen y baja presión.
Función	<p>Los ventiladores de flujo axial tienen aspas que hacen que el aire se mueva de forma paralela al eje sobre el cual giran las aspas. Este tipo de ventilador se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, que van desde pequeños ventiladores de refrigeración para elementos electrónicos hasta los ventiladores gigantes utilizados en operaciones mineras.</p> <p>Ventiladores de flujo axial</p> <p>A prueba de explosión</p> 

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

<p>Cómo usar o manejar el equipo</p>	<p>El ventilador debe emplazarse con el eje del rotor en posición horizontal. El rotor debe girar en la dirección de la flecha. El protector del ventilador a la entrada debe instalarse en todo momento durante la operación. El ventilador debe funcionar en un rango de temperatura de - 20oC a + 40 oC.</p> 
<p>Exámenes visuales</p>	<p>La distancia entre la punta de las aspas del ventilador y la carcasa exterior debe ser 2-4mm.</p>
<p>Mantenimiento previsto durante el tiempo de vida útil</p>	<p>No hay ningún tipo de mantenimiento cíclico necesaria en el ventilador que deben reemplazarse los cojinetes después de 40.000 horas de uso.</p> <p>El rotor no se debe acumular capas de polvo mayor de 1mm</p>
<p>Requisitos de la prueba de calibración</p>	<p>Ninguna calibración requerida</p>
<p>Responsabilidades</p>	<p>Mecánico de Equipos</p>
<p>Solución de problemas</p>	<p>El ventilador no debe usarse fuera de sus criterios de diseño</p>
<p>Equipo alternativo</p>	<p>Fabricante</p> <p>Howdens - operaciones división antigua Govan Road Renfrew PA4 8XJ Reino Unido</p>

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 122

Nombre del Equipo	BOMBA DE TRASIEGO DE OXÍGENO: Modelo HIHPG2-21236
Fabricante	HYDRAULICS INTERNATIONAL, INC. 9201 Independence Ave. Chatsworth 91311 C
Descripción Breve 	<p>1. DESCRIPCIÓN GENERAL- SISTEMA DE TRASIEGO HIHPG2-</p> <p>El Trasiego de Oxígeno está diseñado para incrementar la presión del gas en el/los cilindro(s) de almacenamiento de solo 500 PSI (35 ATM) a 3219 PSI (220 ATM) para permitir la recarga de cilindros. La unidad es portátil para dos personas y se instala dentro de un marco de aluminio tubular. La estructura soporta un panel de controles con válvulas, un panel de manómetros y un interruptor para iniciar o detener la operación, que puede ser remota con 3 metros de cable.</p> <p>1.1. Sistema de suministro de gas</p> <p>La unidad está diseñada para impulsar oxígeno desde un mínimo de 500 psi hasta 3.219 psi. Cuando la presión dentro de los cilindros de almacenamiento disminuye por debajo de los 500 psi, el IMPULSOR se apaga automáticamente.</p> <p>1.2. Salida de gas del sistema</p> <p>La unidad está diseñada para proporcionar la salida de alta presión hasta de 3.219 PSI con la salida de la válvula fijada en 3.370 PSI (230 ATM). Esta salida de gas de alta presión permanecerá en 3.219 PSI (220 ATM) y el IMPULSOR apagará el interruptor de presión de salida cuando se llegue al límite. Tan pronto como la presión de la salida disminuya a aproximadamente 2.800 PSI (192 ATM), el IMPULSOR se reiniciará automáticamente.</p> <p>Si la presión seleccionada de llenado es menor a la presión del suministro de gas, no necesita compresión; el oxígeno de una presión mayor fluirá libremente.</p> <p>Si la presión seleccionada de llenado es igual o mayor a la presión del suministro de gas, el IMPULSOR debe encenderse presionando el interruptor de inicio.</p>
Función	<p>Funciones</p> <p>Filtro de entrada de gas: elimina partículas de hasta 5-10 micrones nominales que pueden migrar de los cilindros de almacenamiento. Nota: Este filtro no interceptará líquidos contaminantes.</p> <p>Filtro de salida de gas: elimina partículas de hasta 5-10 micrones</p> <p>Manómetro de presión de salida: indica la carga de presión de gas, un ventilador de enfriamiento de doble escala de 0-6000 PSI: proporciona enfriamiento al sistema IMPULSOR de alta presión.</p> <p>Válvula de Descarga: evita el llenado de botellas con sobrepresión. Establecido de fábrica a 3.370 PSI (230 ATM)</p>

	<p>Interruptor de Seguridad: normalmente cerrado. Detecta la presión de la salida del sistema IMPULSOR de alta presión y detiene el sistema cuando la presión supera el límite establecido de fábrica de 3.219 PSI (220 ATM).</p> <p>Interruptor de límite de baja presión: normalmente abierto. Detecta la presión de la entrada de los cilindros de almacenamiento y detiene el sistema cuando la presión disminuye por debajo del punto del límite establecido de fábrica de 500 PSI (35 ATM).</p> <p>Colector de salida de 4 puertos: permite el llenado de un máximo de cuatro (4) botellas a la vez. Incluye manómetros individuales, válvulas de encendido/apagado (tipo de aguja) y conectores y monos de R-3/4 ".</p> <p>Colector de entrada de 2 puertos: permite la conexión de hasta dos (2) cilindros al mismo tiempo. Incluye un set de manguera de 15 pies con desconexión rápida y un conector CGA-540. Válvula de cierre.</p> <p>Salida (Cierre): válvula tipo de aguja, controla el flujo de gas a través del sistema IMPULSOR a la botella que se carga y se opera manualmente.</p> <p>Válvula de purgas de salida (Descarga): tipo de aguja; se usa para liberar la presión de gas del IMPULSOR</p> <p>Inicio/parada remota: le permite encender y apagar el IMPULSOR hasta a 3 metros de la unidad</p> <p>Contador de horas (medidor horario): medidor análogo de 6 dígitos que se usa para registrar el tiempo de operación en horas.</p> <p>Panel de control: incluye enchufe (válvula de cierre), válvula de aire, válvula de gas (válvula de descarga) y medidores de entrada y salida.</p> <p>Panel eléctrico: incluye un botón de encendido/apagado, reinicio del Interruptor y botón temporizador de horas (medidor horario).</p> <p>Marco tubular: marco tubular con paneles de control y aisladores de vibración.</p> <p>Aisladores de vibración: se usa para eliminar las vibraciones del motor y del mecanismo de compresión cuando está en operación.</p>
<p>Cómo usar/operar</p>	<p>Advertencia: Antes de la operación, asegúrese de que todos los tubos, mangueras, tuberías y accesorios sean capaces de soportar las presiones de trabajo máximas especificadas del sistema. Asegúrese de que todas las conexiones,</p>



tuberías, mangueras y demás partes que estarán en contacto con el oxígeno se hayan limpiado a profundidad. Asegúrese que todas las aperturas en el cilindro y las conexiones de manera estén limpias y libres de polvo, aceite y grasa.

Operación

1. Asegúrese que todas las conexiones sean según los requerimientos
2. Asegúrese que los cilindros de almacenaje sean de oxígeno y de la presión correcta
3. Asegúrese que los cilindros a ser llenados soportarán la presión máxima que puede ser alcanzada por el IMPULSOR
4. Verifique que el medidor de presión no muestre ninguna presión
5. Verifique que las válvulas estén cerradas
6. Abra LENTAMENTE la válvula del cilindro de almacenaje
7. El medidor de presión interno debe leer la misma presión que tienen los cilindros.
8. Conecte hasta 4 botellas para llenar
9. Advertencia: No conecte ningún cilindro que esté dañado o contaminado
10. Abra LENTAMENTE las válvulas del cilindro
11. Abra LENTAMENTE la válvula principal del Panel del IMPULSOR
12. Abra LENTAMENTE las válvulas del Colector
13. Nota: El medidor de presión externo deberá concordar con el medidor de presión interno y leer la misma presión.
14. Encienda el IMPULSOR con el interruptor de encendido en el Panel del Impulsor
15. Nota: cargue el cilindro a la presión requerida; permita que el cilindro se enfríe y cárguelo de nuevo a la presión requerida
16. Monitoree la presión de carga de los cilindros leyendo el medidor de presión
17. Apague manualmente cuando se llegue a la presión deseada. Nota: el impulsor se detendrá automáticamente si la presión es demasiada.
18. Si por alguna razón la válvula deja de funcionar correctamente, la válvula de seguridad liberará presión automáticamente
19. Advertencia: antes de abrir la válvula de purga, asegúrese de que todo el personal en el área esté advertido para evitar lesiones. USE PROTECCIÓN OCULAR, AURICULAR Y GUANTES DE LÁTEX
20. Remueva las botellas cargadas
21. Para remover cilindros cargados, cierre la válvula del cilindro cargado y la válvula de salida en el IMPULSOR. Abra LENTAMENTE la válvula de purga (VÁLVULA DE DESCARGA) en el IMPULSOR para evacuar el oxígeno entre cada cilindro
22. Desconecte los cilindros

	<p>23. Nota: antes de cargar el siguiente conjunto de cilindros, cierre la válvula de purga del Impulsor y REPITA desde el comienzo</p> <p>24. Remueva la manguera de los cilindros de almacenaje</p> <p>25. Para remover el acoplamiento de los cilindros de almacenaje, primero cierre la válvula de suministro del cilindro de almacenaje</p> <p>26. Advertencia: antes de abrir la válvula de purga, asegúrese que todo el personal en el área esté advertido para evitar lesiones. USE PROTECCIÓN OCULAR, AURICULAR Y GUANTES DE LÁTEX</p> <p>27. Abra LENTAMENTE la válvula de purga (VÁLVULA DE DESCARGA) del Impulsor</p> <p>28. Advertencia: todos los medidores de presión deben leer cero.</p>
<p>Examinación Visual</p>	<p>Se recomienda la inspección visual</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La instalación deberá estar libre de polvo, aceite y grasa ▪ Instale el IMPULSOR a una distancia de 2,5-3 metros de los cilindros de almacenamiento ▪ Asegúrese que las válvulas de los cilindros de almacenamiento están cerradas ▪ Permita un RADIO de 8-12 metros alrededor del IMPULSOR con fines de ventilación ▪ Revise todas las conexiones ▪ Conecte el cable de poder monofásico, 220-VAC, 60/50 Hz. ▪ Conecte las uniones de las mangueras de suministro del cilindro de almacenamiento al colector de las entradas del IMPULSOR. ▪ Asegúrese que el área alrededor del impulsor y el impulsor se mantienen limpios y libres de polvo y aceite
<p>Mantenimiento Programado de Vida Útil</p>	<p>Mantenimiento periódico Sistema básico</p> <p>Los filtros deberán limpiarse, cambiarse e inspeccionarse con regularidad y deberán ser cambiados al menos cada 6 meses durante el uso intensivo y anualmente en el uso ligero.</p> <p>El Sistema del IMPULSOR de oxígeno incluye un número de diferentes componentes que se exponen a la presión alta del gas. La frecuencia en su uso, las condiciones del suministro de gas, el número de ciclos, presiones y cualquier otra condición puede afectar la vida de los sellos. A continuación se presenta un cronograma de mantenimiento SUGERIDO:</p> <p>Componentes</p> <p>No se recomienda el mantenimiento periódico de los demás componentes en el sistema. Por lo tanto, todos los tubos en el Sistema de gas se pueden dejar sin cambios, eliminando el riesgo de contaminación por un manejo descuidado. Reparación y kit de sellos preferido.</p>

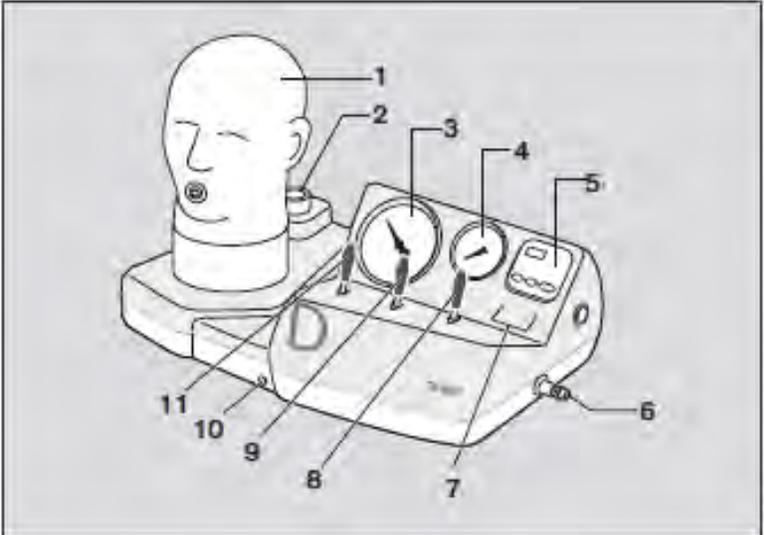


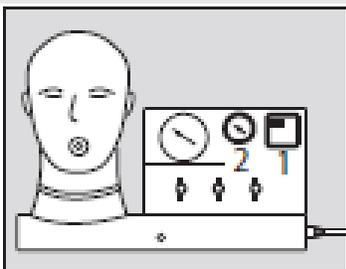
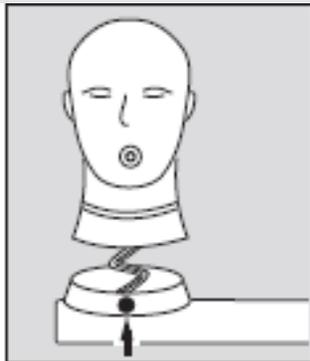
	<p>Cualquier componente, excepto la sección de presión alta de gas requiere el reemplazo de los sellos durante la vida del sistema HIHPG2-21236 (modelo del IMPULSOR: 2 G-B30302-0) a menos que haya ocurrido un daño por accidente o contaminación de gas. En estos casos, deberá referirse al ítem en el plano de la parte para obtener instrucciones.</p>		
	Número de Parte	Plano de referencia	Descripción
	Modelo HIHPG2 - 21236		
	SK2G-30V	132308-111	Sección de gas
	<p>Cantidad</p> <p>2</p>		
	<p>En general, no se recomienda el cambio de los sellos si los síntomas no indican la ocurrencia de un desgaste excesivo o una fuga.</p> <p>Advertencia: Se requiere el desmonte y reparación de cualquier componente del flujo de gas que incluyen los tubos, secciones de bombeo, mangueras o accesorios de [sic]</p>		
Requisitos de la prueba de calibración	Intervalo	Acción de mantenimiento	
	Antes y después de cada uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar la inspección visual general del sistema. ▪ Limpiar todas las conexiones 	
	Cada 3-6 meses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisar el lado de presión alta del Sistema del IMPULSOR buscando fugas; prestar particular atención a las conexiones ▪ Inspeccionar el cigüeñal, la válvula de liberación y todas las tuercas de bloqueo 	
	Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeccionar todos los medidores de presión ▪ Inspeccionar y 	
	Cada 12 meses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeccionar el lado de alta presión de todo el sistema y probar las válvulas de liberación 	
	Cada 500 horas de uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Devolver el IMPULSOR al fabricante para que se reemplacen los sellos 	

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

Responsabilidades	Técnicos de Equipos (Mecánicos)
Solución de problemas	De acuerdo al manual.
Equipo Alternativo 	Panel del carga de oxígeno Haskel y bomba del impulsor Haskel Europe Ltd North Hylten Road Sunderland Inglaterra SR5 3JD

Número Asociado a la Matriz de Equipos: 123

Nombre del equipo	Drager Testor 2100
Fabricante	Drager
Breve descripción	El dispositivo de prueba se utiliza para analizar los aparatos de respiración de aire comprimido, las máscaras de cara completa y los trajes de protección química en el taller de protección respiratoria, en el centro de mantenimiento o en el laboratorio de pruebas.
Función	<p>El dispositivo de prueba proporciona las siguientes funciones:-</p> <p>Máscara de cara completa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medición de fugas con presión positiva. • Medición de fugas con presión negativa. • Presión de apertura de la válvula de exhalación. <p>Aparato de respiración de aire comprimido – válvula de demanda pulmonar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medición de fugas con presión positiva. • Medición de fugas con presión negativa. • Presión de apertura. • Presión de cambio. • Presión estática positiva. • Prueba de la válvula dosificadora. <p>Aparato de respiración de aire comprimido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presión estática media. • Medición de la presión media. • Medición de fugas de alta presión. • Comparación del manómetro. <p>Umbral de respuesta del dispositivo de advertencia acústica.</p>
Cómo usar o explotar	 <p>1 Cabeza de prueba 2 Conexión de rosca redonda 3 Manómetro de baja presión 4 Manómetro de presión media</p>



- 5 Temporizador
- 6 Entrada para suministro de aire comprimido
- 7 LEDs
- 8 Palanca de mando 1
- 9 Palanca de mando 2
- 10. Accesorio de fijación de la abrazadera de rosca
- 11 Palanca de mando 3

Funciones de la palanca de mando

- Para generar presión positiva, configurar la palanca de mando 1 a "+".
- Para airear y para purgar el aire del sistema rápidamente, configurar la palanca de mando 1 en la dirección opuesta.
- Para inflar la cabeza de prueba, configurar la palanca de mando 2 a "+".
- Para desinflar la cabeza de la prueba, configurar la palanca de mando 2 a "-".
- Para activar el punto de medición "Cabeza de la prueba", brevemente configure la palanca de mando 2 a "+".
- Para activar el punto de medición " Conexión de rosca redonda", brevemente configure la palanca de mando 2 a "-".
- Para generar presión negativa, configure la palanca de mando 3 a "-".
- Para airear y para purgar el aire del sistema lentamente, configurar la palanca de mando 3 en la dirección opuesta.

Separar y colocar la cabeza de prueba

Separar la cabeza de la prueba:

- Presione la "laringe". La cabeza de prueba se desconecta y puede colocarse junto al dispositivo de la prueba. Tenga cuidado de no doblar o sobrecargar las mangueras.

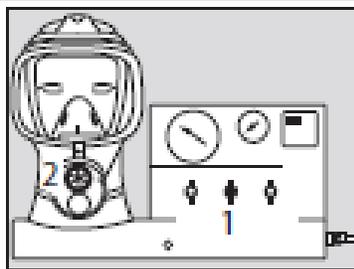
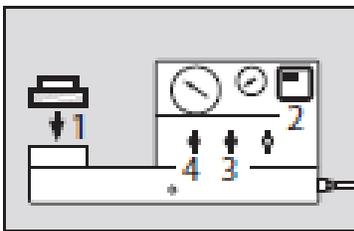
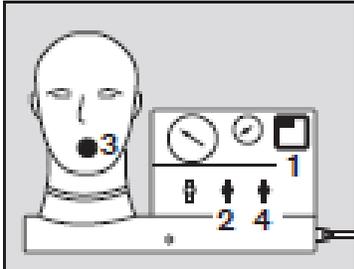
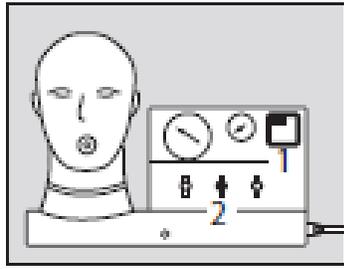
Colocar la cabeza de la prueba:

- Coloque la cabeza de prueba sobre el collar y encaje en su lugar. Tenga cuidado de no doblar o apretar las mangueras.

Puesta en marcha del dispositivo de prueba.

- Desmonte la tapa de la cubierta, inserte la abrazadera de rosca y sujétela al borde de la mesa.
- Conecte el acoplamiento insertable del suministro de aire. El acoplamiento insertable debe enganchar.
- Abra el suministro de aire comprimido.
- Leer la presión en el manómetro. La presión debe estar entre 4 y 9 bar.

Realizar pruebas auto-diagnósticas, Prueba auto-diagnóstica del sistema de presión media



- Establecer un tiempo de prueba de 60 segundos (1).
- Leer la presión (2).
- Cerrar el suministro de aire comprimido.
- Iniciar el temporizador (1).
- Volver a leer la presión al final del tiempo de prueba (2). Si la presión cae más de 0,25 bar, compruebe si hay fugas; selle y repita esta prueba auto-diagnóstica.

Prueba auto-diagnóstica de cabeza de prueba.

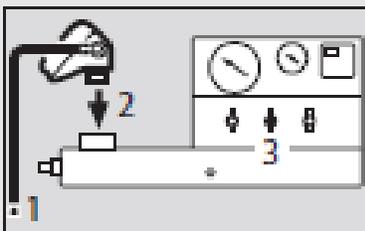
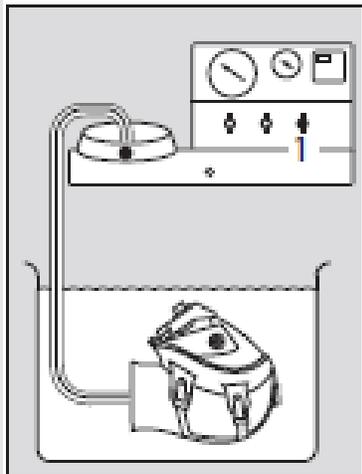
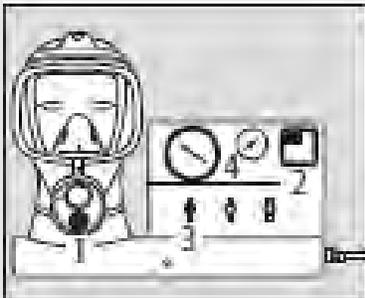
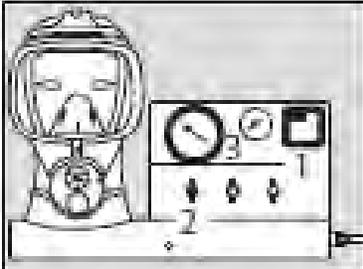
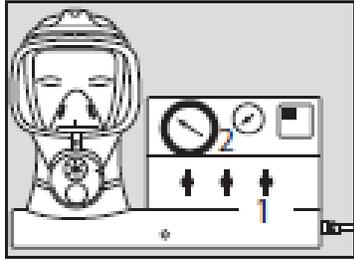
- Establecer un tiempo de prueba de 3 minutos (1).
- Abrir el suministro de aire comprimido.
- Inflar la cabeza de la prueba, sin estirar demasiado (2).
- Iniciar el temporizador (1).
- Compruebe la cabeza de prueba al final del tiempo de prueba. No debe haber ningún cambio visible en la forma.

Prueba auto-diagnóstica de la conexión de la medida de la cabeza de prueba.

- Establecer un tiempo de prueba de 30 segundos (1).
- Activar el punto de medición "Cabeza de prueba" (2).
- Selle la conexión medida en la cabeza de prueba con el pulgar (3).
- Genere una presión positiva de aprox. + 20 mbar. La presión se muestra en el manómetro de baja presión (4).
- Iniciar el temporizador (1).
- Leer la presión al final del tiempo de prueba. No debe haber ningún cambio visible en la presión.

Prueba auto-diagnóstica de conexión de la medición de la conexión de la rosca redonda

- Separar la cabeza de la prueba.
- Sellar la conexión de rosca redonda con el adaptador R 53 344 (1).
- Establecer un tiempo de prueba de 30 segundos (2).
- Activar el punto de medición " Conexión de rosca redonda" (3).
- Generan una presión negativa de unos-10 mbar. La presión se muestra en el manómetro de baja presión (4).
- Iniciar el temporizador (2).
- Leer la presión al final del tiempo de prueba. No debe haber ningún cambio visible en la presión.



Prueba la máscara: preparar el dispositivo de prueba.

- Coloque la cabeza de prueba.
- Inflar la cabeza de prueba hasta que la máscara puede ser ubicada en (1).
- Humedecer con agua si fuese necesario, el sello de la cara y el visor de la válvula de exhalación de la máscara de cara completa.
- Montar la careta en la cabeza de prueba. Utilice el soporte de máscara para la combinación de máscaras y el casco, si es necesario.
- Inflar la cabeza de prueba hasta que el sello de la cara de la máscara de cara completa haga contacto a lo largo de su superficie. No estirar demasiado la cabeza de prueba (1).
- Selle la válvula de inhalación con el adaptador R 53 344 (2).

Probar la presión de apertura de la válvula de exhalación.

- Lentamente genere una presión positiva (1).
- Leer la presión de apertura y comparar con el valor objetivo (2).

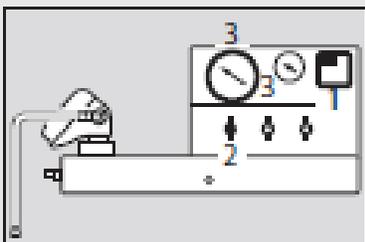
Revise si hay fugas.

- Ajustar el tiempo de prueba (1).
- Generar la presión de prueba. Tire un poco la palanca de mando (2) hacia adelante varias veces para lograr un mayor ajuste. La presión se muestra en el manómetro de baja presión (3).
- Iniciar el temporizador (1).
- Leer la presión al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.

Probar la hermeticidad con una válvula de exhalación sellada.

- Sacar el visor de la válvula de exhalación y sellar el asiento de la válvula con el tapón de sellamiento (1).
- Ajustar el tiempo de prueba (2).
- Generar la presión de prueba (3). La presión se muestra en el manómetro de baja presión (4).
- Iniciar el temporizador (2).
- Leer la presión al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.

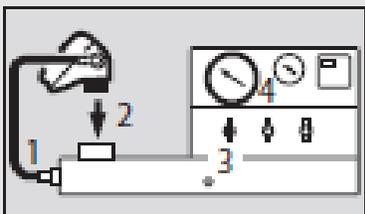
Prueba de fugas bajo el agua.



- Asegúrese de que el asiento de la válvula de la válvula de exhalación este sellado con el tapón de prueba.
- Separar la cabeza de prueba.
- Sumerja la cabeza de prueba incluyendo la máscara en agua.
- Genere la presión de prueba (1).
- Gire lentamente la cabeza de prueba incluyendo la máscara, debajo de la superficie del agua. La presencia de burbujas de aire indica el origen de la fuga.

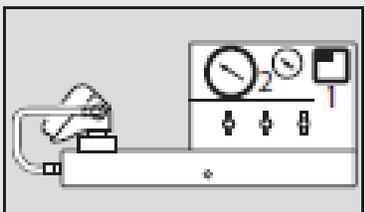
Terminando la prueba.

- Despresurizar el sistema de línea.
- Retire el ensamblaje de la prueba.



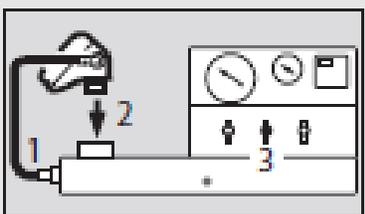
Prueba de la válvula de demanda pulmonar– La válvula de demanda pulmonar de presión normal con acoplamiento de presión media. Preparar el dispositivo de prueba.

- Separar la cabeza de prueba.
- Selle la manguera de presión media de la válvula de demanda pulmonar con el tapón (1).
- Conecte la válvula de demanda pulmonar con la pieza correspondiente o adaptador a la conexión de rosca redonda (2).
- Abra el suministro de aire comprimido.
- Active el punto de medición "conexión de rosca redonda" (3).



Revise si hay fugas.

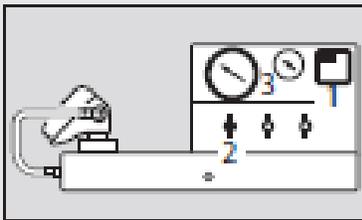
- Ajuste el tiempo de prueba (1).
- Genere la presión de prueba. Tire un poco la palanca de mando (2) hacia adelante varias veces para lograr un mayor ajuste. La presión se muestra en el manómetro de baja presión (3).
- Iniciar el temporizador (1).
- Leer la presión al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.



Probar la presión de apertura.

- Soltar la válvula de demanda pulmonar de la conexión de rosca redonda.
- Quitar el conector y conecte la manguera de presión media (1). El acoplamiento debe enganchar.
- Vuelva a conectar la válvula de demanda pulmonar a la conexión de rosca redonda (2).
- Lentamente genere una presión negativa (3).
- Observar el manómetro (4).
- Leer la presión de apertura y comparar con el valor objetivo.

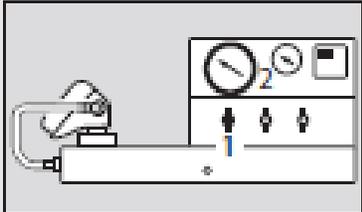
Prueba de la válvula dosificadora.



- Ajustar el tiempo de prueba (1).
- Generar la presión de prueba.
- Iniciar el temporizador (1).
- Leer la presión (2) al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.

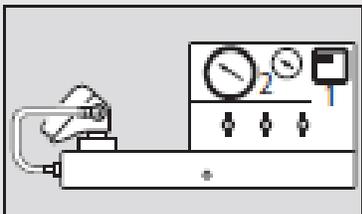
Terminar la prueba.

- Despresurizar el sistema de línea.
- Retire el ensamblaje de la prueba.



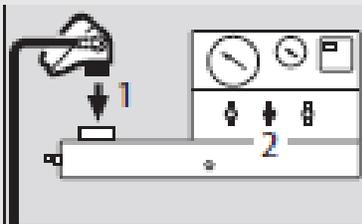
Válvula de demanda pulmonar de presión positiva con acoplamiento de presión media- Preparar el dispositivo de prueba.

- Separar la cabeza de prueba.
- Conectar la manguera de media presión de la válvula de demanda pulmonar (1). El acoplamiento insertable debe enganchar.
- Desactivar la función de presión positiva en la válvula de demanda pulmonar.
- Abrir el suministro de aire comprimido.
- Conectar la válvula de demanda pulmonar con la pieza de la prueba/ adaptador a la conexión de rosca redonda (2).
- Activar el punto de medición "conexión de rosca redonda" (3).



Revise si hay fugas.

- Ajustar el tiempo de prueba (1).
- Generar la presión de prueba. Tire un poco la palanca de mando (2) hacia adelante varias veces para lograr un mayor ajuste. La presión se muestra en el manómetro de baja presión (3).
- Iniciar el temporizador (1).
- Leer la presión al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.

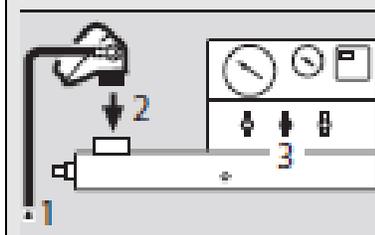
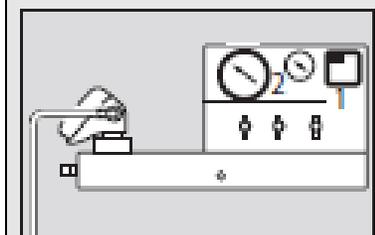
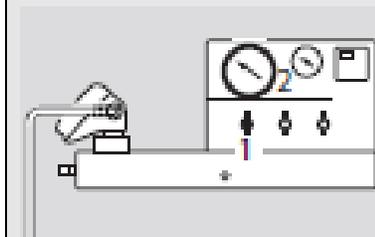
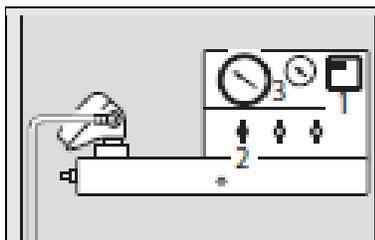


Prueba del cambio de presión y la presión estática positiva.

- Activar brevemente la palanca de mando (1) varias veces y lentamente aumente la presión negativa.
- Leer la presión negativa (2) y comparar con el valor objetivo.
- Leer la presión estática positiva (2) y comparar con el valor objetivo.

Prueba de la válvula dosificadora.

- Ajustar el tiempo de prueba (1).
- Generar la presión de prueba.
- Iniciar el temporizador (1).



- Leer la presión (2) al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.

Terminar la prueba.

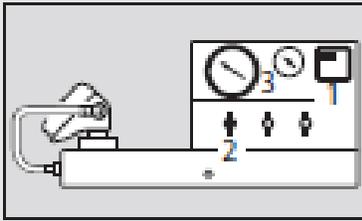
- Despresurizar el sistema de línea.
- Retire el ensamblaje de la prueba.

Válvula de demanda pulmonar de presión normal sin acoplamiento de presión media- Preparar el dispositivo de prueba.

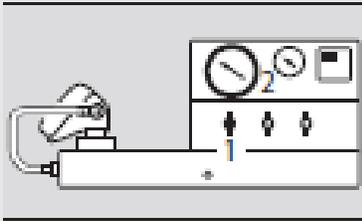
- Cierre el cilindro de aire comprimido del aparato de respiración de aire comprimido
- Retire la válvula de demanda pulmonar del reductor de presión
- Ajuste el adaptador en la conexión de la válvula de demanda pulmonar
- Ajuste el adaptador en el reductor de presión
- Separe la cabeza de la prueba.
- Conecte la válvula de demanda pulmonar con la pieza de la prueba/ adaptador a la conexión de rosca redonda (1).
- Active el punto de medición "conexión de rosca redonda" (2).

Revise si hay fugas.

- Ajustar el tiempo de prueba (1).

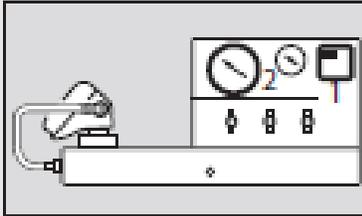


- Desconecte la manguera con una herramienta roma.
- Generar la presión de prueba. Tire un poco la palanca de mando (2) hacia adelante varias veces para lograr un mayor ajuste. La presión se muestra en el manómetro de baja presión (3).
- Iniciar el temporizador (1).
- Leer la presión al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.



Prueba de la presión de apertura.

- Lentamente generar una presión negativa (1).
- Observar el manómetro (2).
- Leer la presión de apertura y comparar con el valor objetivo.



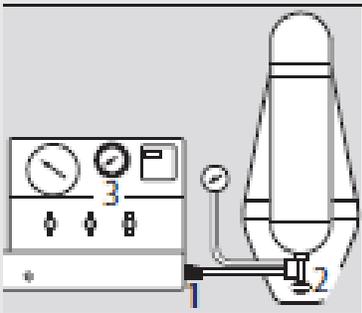
Prueba de la válvula dosificadora.

- Ajustar el tiempo de prueba (1).
- Generar la presión de prueba. La presión se muestra en el manómetro de baja presión (2).
- Iniciar el temporizador (1).
- Leer la presión al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.

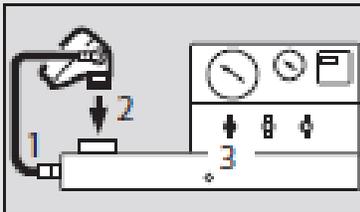
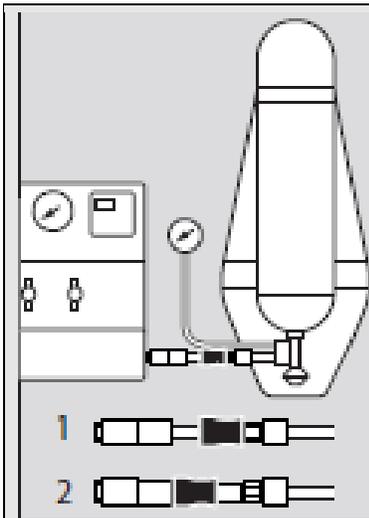
Terminando la prueba.

- Despresurizar el sistema de línea.
- Retire el conjunto de la prueba.

Válvula de demanda pulmonar de presión positiva sin acoplamiento de presión media- Preparar el dispositivo de prueba.



- Cierre el cilindro de aire comprimido del aparato de respiración de aire comprimido
- Retire la válvula de demanda pulmonar del reductor de presión
- Ajuste el adaptador en la conexión de la válvula de demanda pulmonar
- Ajuste el adaptador en el reductor de presión
- Separe la cabeza de la prueba.
- Desactivar la función de la presión positiva en la válvula de demanda pulmonar.
- Conecte la válvula de demanda pulmonar con la pieza de la prueba/ adaptador a la conexión de rosca redonda (2).
- Active el punto de medición "conexión de rosca redonda" (2).



Revise si hay fugas.

- Ajustar el tiempo de prueba (1).
- Desconecte la manguera con una herramienta roma.
- Generar la presión de prueba. Tire un poco la palanca de mando (2) hacia adelante varias veces para lograr un mayor ajuste. La presión se muestra en el manómetro de baja presión (3).
- Iniciar el temporizador (1).
- Leer la presión al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.

Prueba el cambio de presión y presión estática positiva.

- Activar brevemente la palanca de mando varias veces y lentamente aumentar la presión negativa (1).
- Leer la presión negativa (2) y comparar con el valor objetivo.
- Leer la presión estática positiva (2) y comparar con el valor objetivo.

Prueba de la válvula dosificadora.

- Ajustar el tiempo de prueba (1).
- Generar la presión de prueba.
- Iniciar el temporizador (1).
- Leer la presión (2) al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.

Terminar la prueba.

- Despresurizar el sistema de línea.
- Retire el ensamblaje de la prueba.

Probando el aparato de respiración de aire comprimido—preparar el dispositivo de prueba.

- Conecte el aparato de respiración de aire comprimido con el dispositivo de prueba (1). El acoplamiento insertable debe enganchar
- Cuando la manguera de la válvula de demanda pulmonar tiene un acoplamiento, conecte la válvula de cierre de presión media a la salida de media presión.

Prueba de la presión estática media y las mediciones de la presión media.

- Abra la válvula del cilindro (2)
- Leer la presión media (3) y comparar con el valor objetivo.
- Ajustar el tiempo de prueba.

	<ul style="list-style-type: none">• Leer la presión media y comparar con el primer valor. <p>Realizar la prueba de fugas de alta presión.</p> <ul style="list-style-type: none">• Asegúrese de que está cerrada la válvula de cierre de presión media.• Ajustar el tiempo de prueba.• Cierre la válvula del cilindro y lea la presión en el manómetro.• Iniciar el temporizador.• Leer la presión al final del tiempo de prueba y comparar la diferencia de presión con el valor objetivo.• Abra la válvula de presión media cierre para desairear el sistema. <p>Comparando el manómetro.</p> <ul style="list-style-type: none">• Desconecte el cilindro y el reductor de presión.• Insertar el manómetro de alta presión exterior con pieza en T y pieza de conexión entre el cilindro y el reductor de presión.• Conecte la manguera de presión media de la válvula de demanda pulmonar al dispositivo de prueba (1).• Abra la válvula del cilindro.• Conecte la válvula de demanda pulmonar a la conexión de rosca estándar (2).• Leer la presión en el manómetro del equipo de respiración de aire comprimido y comparar con el valor del manómetro de alta presión externa.• Cierre la válvula del cilindro.• Lentamente genere una presión negativa (3) para reducir la presión en el siguiente valor de prueba.• Comparar los valores del manómetro. <p>Prueba de umbral del dispositivo de advertencia acústica.</p> <ul style="list-style-type: none">• Desairear lentamente el equipo de respiración de aire comprimido.• Cuando suene el silbido de advertencia del equipo de respiración de aire comprimido, lea el valor en el manómetro externo de alta presión y compárelo con el valor objetivo. <p>Terminar la prueba.</p> <ul style="list-style-type: none">• Despresurizar el sistema de línea.• Retire el ensamblaje de la prueba. <p>Limpieza y almacenamiento.</p> <ul style="list-style-type: none">• Purgar el aire de la cabeza de prueba.
--	---

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie el aparato con un paño de cuero húmedo y deje secar. <p>Siga estrictamente ISO 2230 o las normas nacionales "normas para el almacenamiento, mantenimiento y limpieza de productos de goma".</p>																												
Exámenes visuales	Antes de utilizar, realizar una inspección visual del estado general de la Testor 2100 para detectar señales de grietas o daños y luego realizar una prueba como se describió anteriormente.																												
Mantenimiento de tiempo/previsto de vida	<p>El fabricante no especifica una vida útil para este equipo y puede utilizarse indefinidamente siempre y cuando se proporcionen inspecciones periódicas y mantenimiento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Trabajo a realizarse</th> <th>Antes de cada gama de pruebas</th> <th>Después de cada gama de pruebas</th> <th>Cada año</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prueba auto-diagnóstica</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Limpia el dispositivo de prueba</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prueba funcional y prueba de filtraciones</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Revisar la exactitud del manómetro</td> <td></td> <td></td> <td>X¹⁾</td> </tr> <tr> <td>Calibrar los sensores de presión alta, media y baja</td> <td></td> <td></td> <td>X¹⁾</td> </tr> <tr> <td>Reacondicionamiento total de los componentes de presión alta</td> <td></td> <td></td> <td>X¹⁾</td> </tr> </tbody> </table> <p>1) llevado a cabo por Dräger</p>	Trabajo a realizarse	Antes de cada gama de pruebas	Después de cada gama de pruebas	Cada año	Prueba auto-diagnóstica	X			Limpia el dispositivo de prueba		X		Prueba funcional y prueba de filtraciones			X	Revisar la exactitud del manómetro			X ¹⁾	Calibrar los sensores de presión alta, media y baja			X ¹⁾	Reacondicionamiento total de los componentes de presión alta			X ¹⁾
Trabajo a realizarse	Antes de cada gama de pruebas	Después de cada gama de pruebas	Cada año																										
Prueba auto-diagnóstica	X																												
Limpia el dispositivo de prueba		X																											
Prueba funcional y prueba de filtraciones			X																										
Revisar la exactitud del manómetro			X ¹⁾																										
Calibrar los sensores de presión alta, media y baja			X ¹⁾																										
Reacondicionamiento total de los componentes de presión alta			X ¹⁾																										
Requisitos de la prueba de calibración	Se recomienda realizar inspección y mantenimiento por parte de Dräger cada año																												

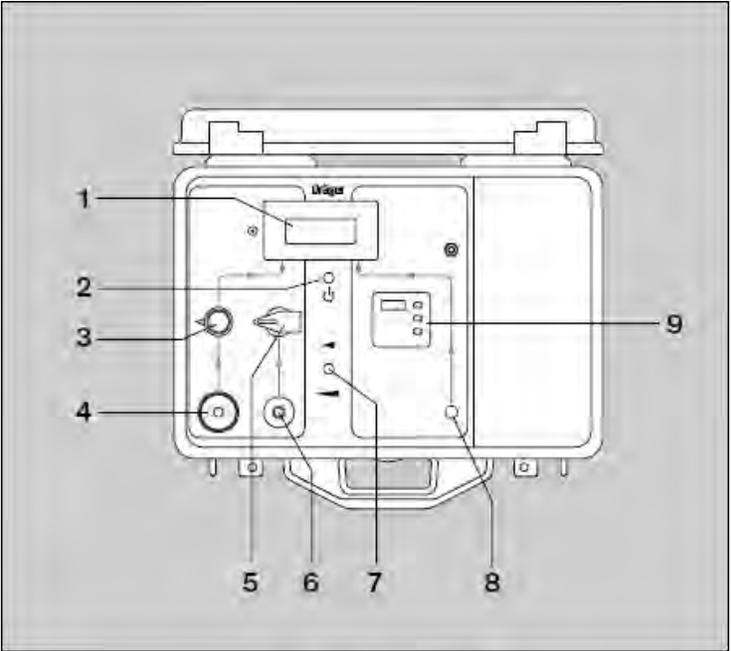
4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas

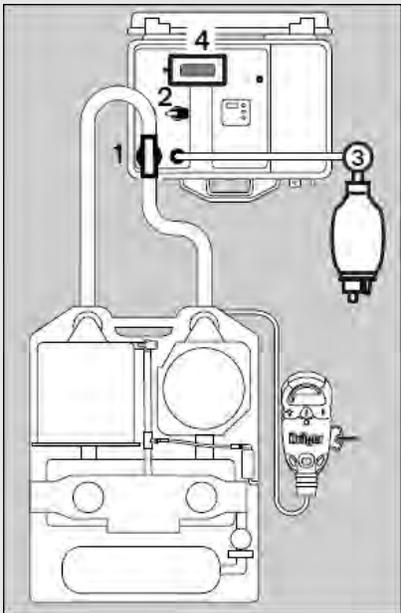
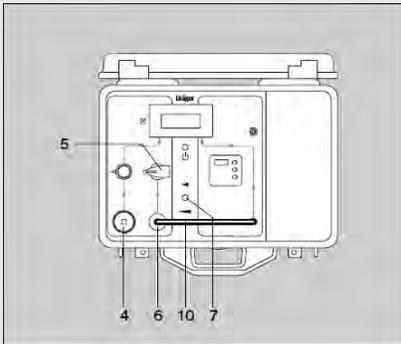
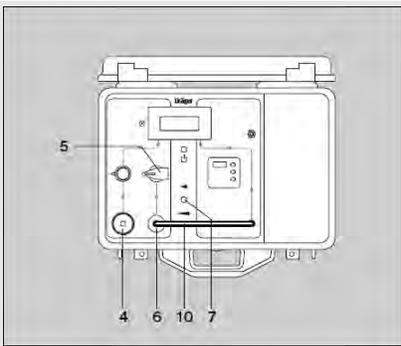
Responsabilidades	Técnicos		
Solución de problemas	Falla	Causa	Solución
	La cabeza de prueba pierde aire	La cabeza de prueba tiene fugas	Apretar nuevamente la abrazadera conectora Revisar las conexiones de la manguera
	Presión positiva en la máscara	La boquilla para la boca en la cabeza de prueba tiene fugas	Enviar a Dräger para ser reparado
	No se alcanza la presión de prueba	Presión de suministro muy baja	Revisar la presión de suministro: llenar el cilindro según lo requerido
		Adaptador incorrecto o presenta fugas	Revisar
	El temporizador no funciona	La batería está vacía	Reemplazar la batería
Equipo alternativo	Dräger Testor 3100 Prueba de Dräger-ti 4100 Dräger Prestor 5000 Dräger Quaestor 5000 Dräger Quaestor 7000		

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas



Número Asociado a la Matriz de Equipos: 124

Nombre del equipo	Dräger Test-it 6100
Fabricante	Dräger
Breve descripción	El dispositivo de prueba Test-it 6100 se utiliza para probar los equipos de respiración de circuito cerrado de Dräger y para realizar pruebas de fuga a las máscaras de cara completa para equipos de respiración de circuito cerrado, en talleres de protección respiratoria, en centros de mantenimiento o en laboratorios de pruebas.
Función	<p>El dispositivo de prueba proporciona las siguientes funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - generación de presión positiva y/o negativa mediante una bola de bomba o una bomba manual - medición de la presión de ± 25 mbar de presión positiva y/o negativa con una precisión de $\pm 1\%$ de escala completa - Para ± 25 mbar y más, la pantalla parpadea para indicar la escala completa. - generación de flujo con una bola de bomba o una bomba manual - flujo de medición 0,5 a 5 L/min gas mezclado (60% N₂/40% O₂) o el oxígeno puro con una precisión de 5% del valor de medición - prueba de estanqueidad mediante válvula de cierre - medición del tiempo mediante temporizador suministrado <p>El dispositivo de prueba Test-it 6100 fue diseñado para pruebas de fuga según la Directiva 0804 de la Asociación Alemana de Protección contra el Fuego (GFPA).</p>
Cómo usar o manejar el equipo	 <p>El diagrama muestra el dispositivo de prueba Dräger Test-it 6100 con los siguientes componentes numerados:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: Pantalla digital 2: Válvula de control de flujo 3: Válvula de control de presión 4: Válvula de control de gas 5: Válvula de control de tiempo 6: Válvula de control de temperatura 7: Válvula de control de humedad 8: Válvula de control de oxígeno 9: Válvula de control de nitrógeno



- 1 Pantalla (presión o flujo)
- 2 Botón de encendido/apagado
- 3 Botón "Vent"
- 4 Conexión de rosca redonda
- 5 Válvula de cierre
- 6 Conexión a la bola de bomba/ bomba manual
- 7 Botón "Toggle" (alternar). Presionar brevemente: Alternación de la lectura de presión/flujo en la pantalla. Presionar largamente: Anular el ajuste de ambos sensores
- 8 Conector de medición del flujo
- 9 Temporizador

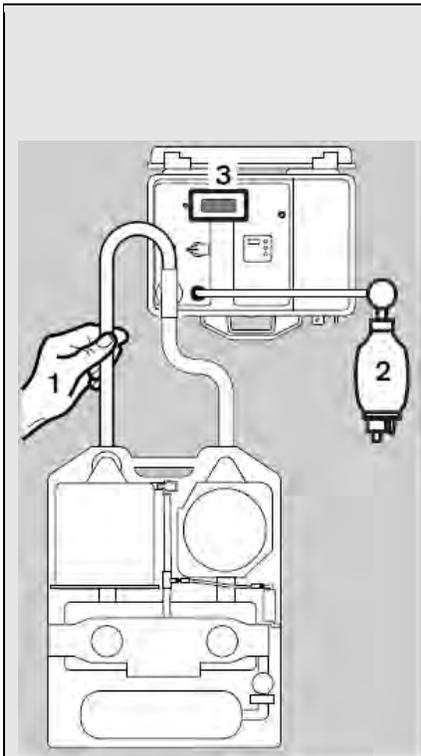
Prueba auto-diagnóstica

- Conecte la bola de la bomba/ bomba manual y el conector de la bola de la bomba/ bomba manual (6). La flecha de la bomba indica la dirección del flujo de la bomba.
- Utilice el tapón de sellamiento (R 53 344) para sellar la conexión de rosca redonda (4).
- Ponga la válvula de cierre (5) en posición abierta
- Ajuste el temporizador a un minuto.
- Cree una presión negativa de -10 mbar.
- Cierre la válvula de cierre.
- Inicie el temporizador.

La acumulación de presión dentro de un minuto debe ser menos de 1 mbar. Si esta prueba falla, envíe el dispositivo a Dräger para ser inspeccionado.

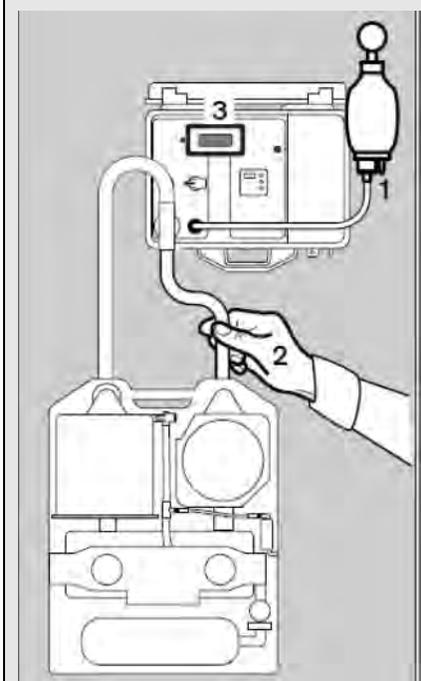
Medición de flujo

- Cierre la válvula de cierre (5).
- Ponga la tapa dosificadora AG 02 768 en el conector de la bola de la bomba/ bomba manual (6).
- Conecte la tapa del dosificador y el conector de "medición del flujo" (10) a la manguera sin tapón conector.
- Cambie el dispositivo de prueba para medición de flujo, pulsando el botón "Toggle" (alternar) (7) hasta que aparezca "L/min".
- Ponga la válvula de cierre en posición abierta (5).
- Abra la válvula del cilindro.
- Cuando el flujo que se muestra en la pantalla sea estable, lea y tome nota del valor. Posteriormente compárelo con el valor de consigna proporcionado en las instrucciones de uso de los aparatos de respiración de circuito cerrado. Si los valores difieren, el dispositivo de prueba tiene que ser reparado.



Prueba de la Presión de Apertura de la Advertencia de Baja Presión

- Enrosque el adaptador de prueba de R 50 028 en el conector de la unidad de prueba (1).
- Retire la tapa de sellado del acoplamiento insertable de la manguera de respiración y ponga el acoplamiento insertable en el adaptador de prueba.
- Ajuste el dispositivo de prueba para que se muestre la presión.
- Abra la válvula de cierre en el dispositivo de prueba (2).
- Conecte la bomba manual en el lado de presión al conector de la bomba del dispositivo de prueba (3).
- Bombee lentamente.
- Observe la pantalla del dispositivo de prueba (4): la advertencia de baja presión debe activarse antes de que la presión sea mbar 1.4.
- Utilice el dispositivo de prueba para purgar el aire del PSS BG 4 hasta el punto en que ya no suene la advertencia de baja presión.

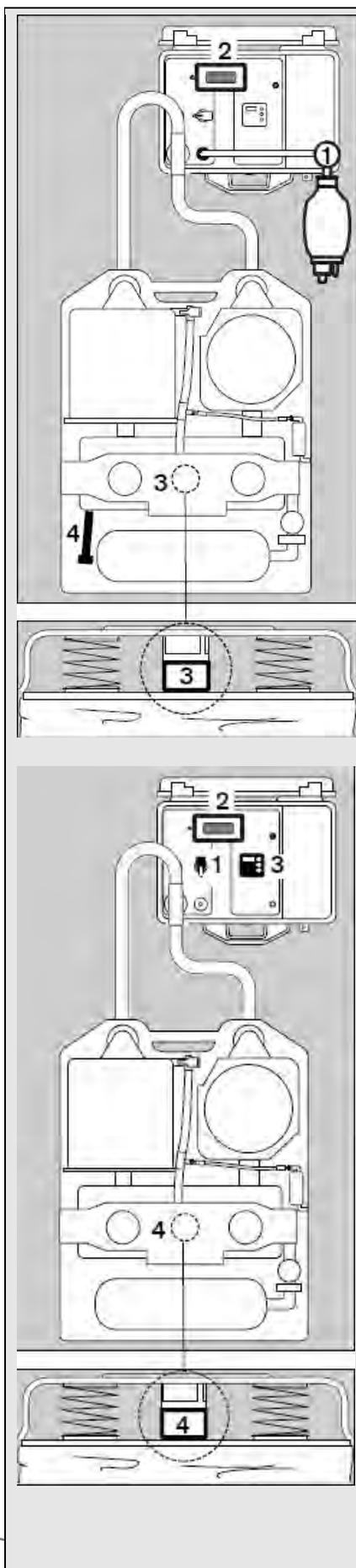


Comprobación de la Válvula de Inhalación

- Presione firmemente la manguera de la exhalación con la mano (1). Si es necesario, utilice la llave con espigas al frente 16 28 089 del equipo de prueba R 33 777.
- Empezar a bombear lentamente hasta que la pantalla indique por lo menos 10 mbar (3).
- Si no se alcanzan los 10 mbar, reemplace la válvula de inhalación o el disco de la válvula.

Comprobación de la Válvula de Exhalación

- Conecte la bomba manual al conector de la bomba del dispositivo de prueba, por el lado de la aspiración (1).
- Apriete firmemente la manguera de inhalación con la mano. Si es necesario, utilice la llave con espigas al frente 16 28 089 del equipo de prueba R 33 777 (2).
- Empiece a bombear lentamente hasta que la pantalla indique por lo menos -10 mbar (3).
- Si no se llega a -10 mbar, reemplace la válvula de exhalación o el disco de la válvula.

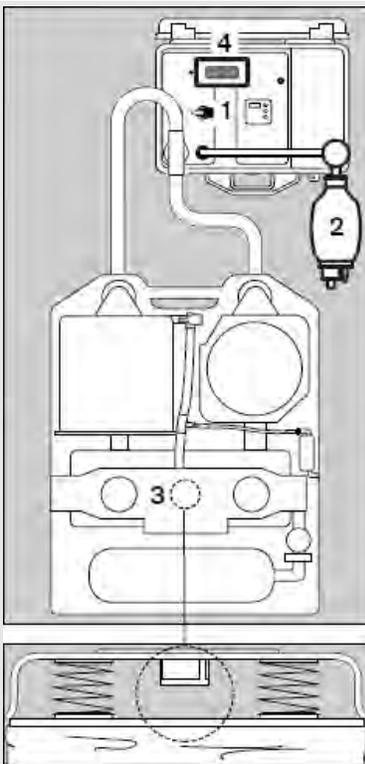


Comprobación de la Válvula de Drenaje

- Conecte la bomba manual al conector de la bomba del dispositivo de prueba, por el lado de la presión (1).
- Bombee hasta que el dispositivo de prueba indique al menos 10 mbar (2).
- Mientras bombea, ajuste el lado abierto del tapón de sellamiento R 22 086 sobre el taqué de la válvula de descarga y reténgalo ahí hasta que la bolsa de respiración inflada ejerza presión para ubicarlo en su lugar (3).
- La válvula de drenaje (4) no debe abrir a 10 mbar (sin ruido audible de flujo) y debe abrir antes de que se alcancen 18 mbar (ruido audible de flujo).

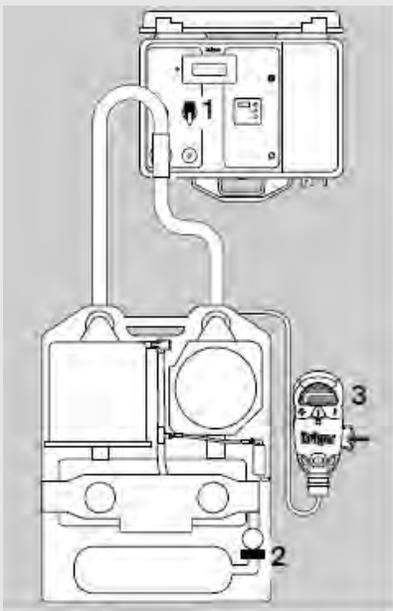
Prueba de Filtración de Presión Posiva

- Cierre la válvula de cierre en el dispositivo de prueba (1).
- Reduzca la presión en el dispositivo de prueba hasta aprox. $7 + 0,5$ mbar. Tome nota del valor inicial (2).
- De inicio al cronómetro (3). Durante el siguiente minuto, la lectura de la presión debe permanecer estable, hasta 1 mbar.
- Utilice el dispositivo de prueba para purgar el aire del PSS BG 4.
- Retire la tapa de sellado R 22 086 (4).



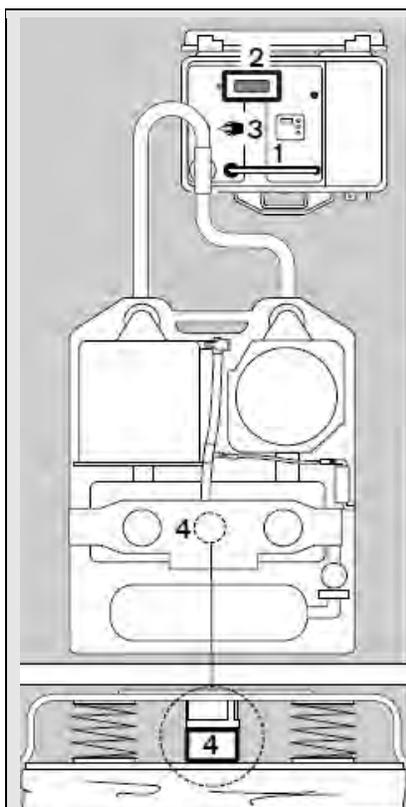
Comprobación de la Válvula de Descarga

- Abra la válvula de cierre en el dispositivo de prueba (1).
- Empiece a bombear lentamente (2) hasta que la válvula de liberación de presión abra (ruido audible de flujo) (3).
- La presión de apertura indicada en el dispositivo de prueba debe ser de 4 a 7 mbar (4).
- Retire la bomba manual del dispositivo de prueba. Automáticamente se purga el aire del circuito de respiración.



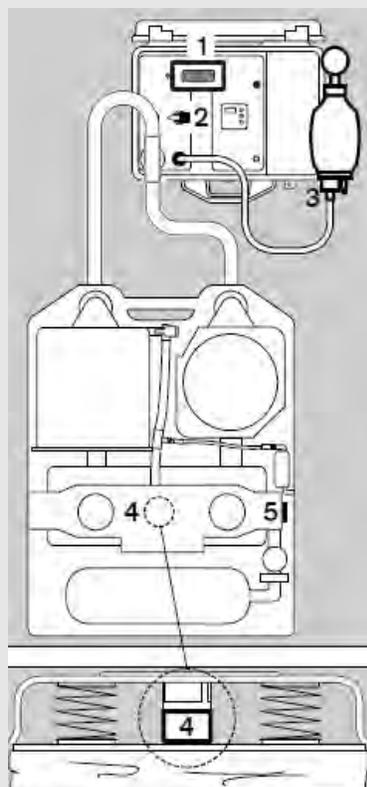
Prueba de fugas de alta presión

- Cierre la válvula de cierre en el dispositivo de prueba (1).
- Abra la válvula del cilindro (2).
- Ver el indicador del Bodyguard: la presión del cilindro se indica aquí (3).
- Si la presión del cilindro es menor a 165 bar, cargue el cilindro de oxígeno.



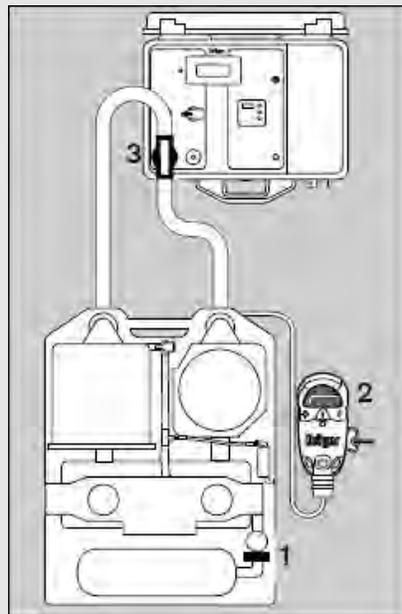
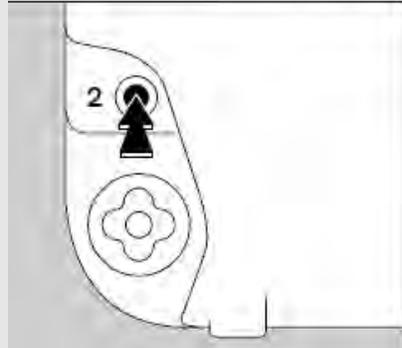
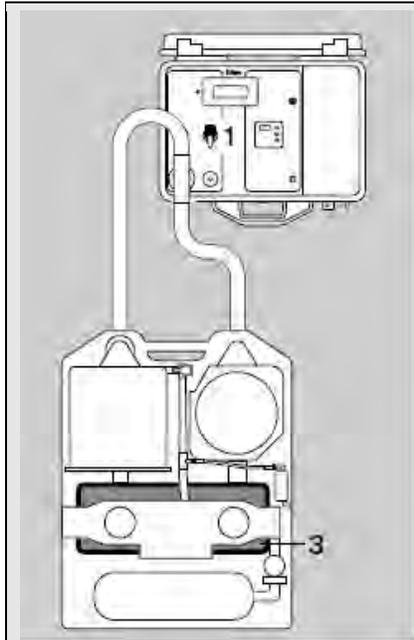
Comprobación de la Válvula de Dosificación Constante

- Conecte el conector de la bomba y el conector de flujo del dispositivo de prueba a la manguera de flujo (1).
- Ajuste el dispositivo de prueba para que indique el flujo (pantalla "L/min") (2).
- Abra la válvula de cierre del dispositivo de prueba (3).
- Mientras se infla la bolsa de respiración, coloque el lado abierto del tapón de sellamiento sobre el taqué de la válvula de descarga. Manténgalo apretado hasta que la bolsa de respiración inflada ejerza presión para ubicarlo en su lugar (4).
- La dosificación constante indicada en el dispositivo de prueba debe ser 1.5 a 1.9 L/min¹.



Comprobación de la Válvula Mínima

- Ajuste el dispositivo de prueba para que se muestre la presión (1).
- Asegúrese de que la válvula de cierre en el dispositivo de prueba esté abierta (2).
- Retire la manguera de flujo del conector de la bomba.
- Conecte la bomba manual al conector de la bomba del dispositivo de prueba, por el lado de aspiración (3).
- Bombeo lentamente. Se purga el aire del circuito de respiración.
- Quite la tapa de sellado de la válvula de liberación de presión (4).
- Siga bombeando hasta que abra la válvula mínima en la bolsa de respiración (ruido audible de flujo) (5).
- La presión de apertura indicada en el dispositivo de prueba debe estar entre 0.1 y 2.5 mbar.



Comprobación de la Válvula de Derivación

- Cierre la válvula de cierre del dispositivo de prueba (1).
- Presione ligeramente el botón rojo de la válvula de derivación [en la parte posterior del BG4 \(2\)](#).
- El oxígeno debe fluir en el circuito (ruido audible de flujo).
- Se infla la bolsa respiratoria (3).

Prueba de Advertencia de Presión Residual

- Cierre la válvula del cilindro (1).
- Observe el Bodyguard (2). Se debe activar una advertencia en aprox. 55 bar (≈psi 710). La alarma acústica suena intermitentemente y los LEDs rojos parpadean.
- Desconecte el acoplamiento del dispositivo de prueba y vuelva a colocar la tapa de sellado en el acoplamiento insertable (3).

Exámenes visuales	Antes de usar, realizar una inspección visual y general de la condición del Test-it 6100 para detectar señales de grietas o daños y luego realizar una prueba de auto-diagnóstico como se describió anteriormente.						
Mantenimiento durante el tiempo previsto de vida útil	<p>El fabricante no especifica una vida útil de este equipo; puede utilizarse indefinidamente siempre y cuando se inspeccione regularmente y se le de mantenimiento.</p> <table border="1" data-bbox="643 499 1399 762"> <thead> <tr> <th data-bbox="643 499 1187 541">Trabajo previsto</th> <th data-bbox="1187 499 1399 541">Anualmente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="643 541 1187 688">Realizar pruebas al dispositivo y a las válvulas para asegurar que funcionan adecuadamente y llevar a cabo una prueba de fugas</td> <td data-bbox="1187 541 1399 688">X</td> </tr> <tr> <td data-bbox="643 688 1187 762">Verificar la exactitud de la pantalla del sensor</td> <td data-bbox="1187 688 1399 762">X</td> </tr> </tbody> </table>	Trabajo previsto	Anualmente	Realizar pruebas al dispositivo y a las válvulas para asegurar que funcionan adecuadamente y llevar a cabo una prueba de fugas	X	Verificar la exactitud de la pantalla del sensor	X
Trabajo previsto	Anualmente						
Realizar pruebas al dispositivo y a las válvulas para asegurar que funcionan adecuadamente y llevar a cabo una prueba de fugas	X						
Verificar la exactitud de la pantalla del sensor	X						
Requisitos de la prueba de calibración	Se recomienda una inspección anual y mantenimiento a cargo de Dräger.						
Responsabilidades	Técnicos						
Solución de problemas	<p>Falla – filtración en el sistema, errores repetitivos durante la prueba.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posiblemente haya filtraciones en las conexiones de la manguera – revise las conexiones de la manguera. • El dispositivo de prueba tiene filtraciones- realice prueba de auto-diagnóstico, ubique y selle la filtración. • La válvula tiene una filtración- Reemplace la válvula. • Un botón tiene filtraciones- Reemplace el botón <p>Falla - no se alcanza la presión de prueba.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La bola de bomba/ bomba manual no está conectada correctamente - Compruebe la conexión de la bola de bomba/ bomba manual y corríjala, si es necesario. 						

- Palanca de la válvula está en posición incorrecta – corrija la posición de la palanca de la válvula.
- La válvula no cambia - Reemplace la válvula.

Falla: pantalla en blanco.

- Incorrecta conexión de alimentación o fuente de alimentación defectuosa - verificar fuente de alimentación o unidad de fuente de alimentación y corregir la conexión, si es necesario.
- Pantalla defectuosa: sustituir la pantalla.

Mensaje de error: ¡Error al abrir la interfaz!

- La interfaz de COM para la comunicación (vía conexión USB y la interfaz virtual COM) con el Test-it 6100 no está disponible (Test-it 6100 no está conectado) o ya está siendo utilizado por otro programa (por ejemplo, el Software Adaptador II se inició dos veces por error) - en la configuración del sistema, seleccione la interfaz que se instaló para la comunicación con el Test-it 6100 (la información se encuentra en el administrador de dispositivos).

Mensaje de error - Error de comunicación: ¡Test-it 6100 no está conectada/ apagada/ interfaz incorrecta!

- La interfaz de COM se ha abierto exitosamente, pero usted no tiene acceso al Test-it 6100 - utilice el administrador de dispositivos para comprobar si la interfaz de COM está disponible para comunicarse con el Test-it 6100, por ejemplo Dräger Test-it 6100 (COM4).

Mensaje de error – ¡Error de sistema en Test-it 6100!

- Error interno en el Test-it 6100 - contacte a Dräger.

Mensaje de error - Punto cero del transductor de baja presión, sensor de flujo fuera de tolerancia.

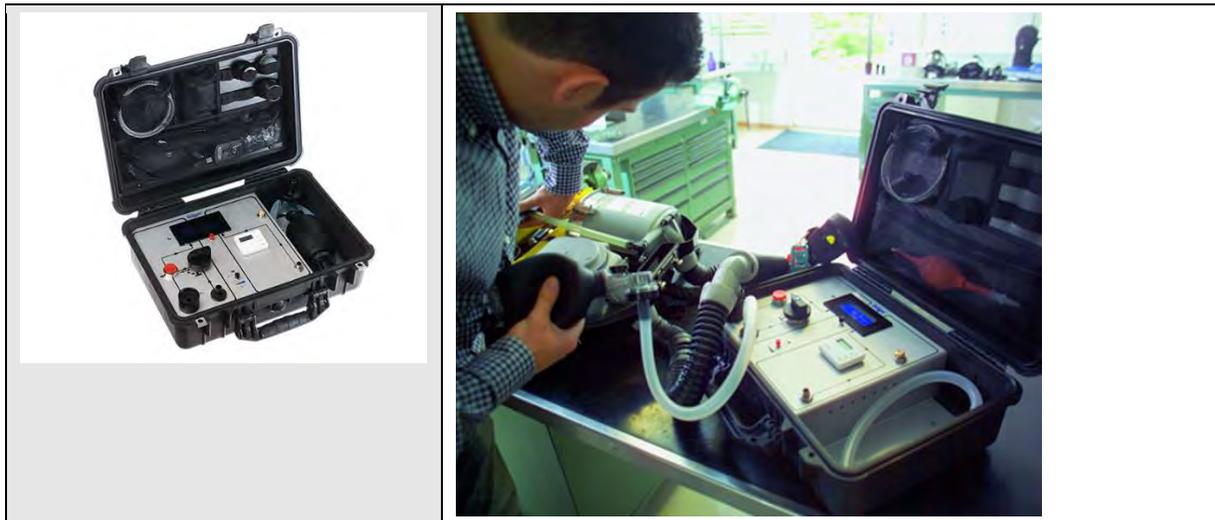
- El sensor correspondiente tenía una presión o flujo que se desviaba de cero durante la inicialización o el "Toggle" (alternar) se presionó durante demasiado tiempo- asegurarse de que no se aplica presión o flujo durante la fase de encendido. Puede ser necesario que Dräger realice un ajuste.

Código de error – E1 Compensación del sensor de flujo excede la tolerancia

- El ajuste de compensación se llevó a cabo mientras que se aplicaba presión - cerrar las válvulas de suministro, quite la línea de suministro y realice el ajuste de compensación sin flujo.

	<ul style="list-style-type: none"> • El voltaje de compensación está fuera de tolerancia debido a una sobrecarga o envejecimiento - permita que Dräger ajuste la compensación. <p>Código de error – E2 Compensación del sensor de presión está fuera de tolerancia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se realizó el ajuste de la compensación mientras se aplicaba presión- cerrar las válvulas de suministro, quite la línea de suministro y lleve a cabo el ajuste de compensación sin presión. • Voltaje de compensación está fuera de tolerancia debido a una sobrecarga o envejecimiento - permita que Dräger ajuste la compensación. <p>Código de error – E1; E2 Compensación del sensor de flujo y presión está fuera de tolerancia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de compensación se llevó a cabo mientras que se aplicaba flujo. Se excedió la compensación permitida debido a la presión dinámica que se creó en la tapa dosificadora - cierre las válvulas de suministro, quite la línea de suministro y lleve a cabo el ajuste de compensación sin flujo. • El voltaje de compensación está fuera de tolerancia debido a una sobrecarga o envejecimiento - permita que Dräger ajuste la compensación. <p>Código de error – E3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los datos del sistema de los sensores están defectuosos – Dräger debe realizar nuevamente el ingreso de los datos al sistema. <p>Código de error-E4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los datos del sistema de los sensores no se pudieron escribir porque la unidad de control está defectuosa, póngase en contacto con Dräger. <p>Código de error-E5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los datos del sistema de los sensores no se pudieron leer porque la unidad de control es defectuosa - póngase en contacto con Dräger.
Equipo alternativo	Dräger RZ 7000

4. Equipos y Elementos usados en la atención de Emergencias en labores mineras subterráneas





Psicología en la atención de una emergencia minera.



5. Psicología en la atención de una emergencia minera.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>	<u>Página</u>
5.1	Lo que pueden esperar los miembros del equipo de salvamento minero781	<u>Anexo 1</u> Estrés por sucesos traumáticos: Información para el personal de emergencias 797
5.1.1	Cooperación, coordinación y confianza781	
5.1.2	Problemas únicos781	<u>Anexo 2</u> Ejemplo de Ejercicio de Primeros Auxilios 800
5.1.3	Condiciones peligrosas782	
5.1.4	Precauciones adicionales para garantizar la seguridad de los miembros del equipo de salvamento minero782	<u>Anexo 3</u> Guía de Entrenamiento de Salvamento Minero 804
5.1.5	Concurso de salvamento minero vs. emergencia minera real782	
5.1.6	Definiciones783	<u>Anexo 4</u> Ejemplo de Formato de Planificación de turnos 816
5.1.7	Testimonio783	
5.2	Introducción a los conceptos de estrés por incidente traumático784	
5.3	Estrés por incidente traumático785	
5.3.1	Síntomas de estrés785	
5.3.2	Recomendaciones para controlar y mantener la salud en el sitio786	
5.3.3	Recomendaciones para mantener la salud después del incidente787	
5.4	Rescate de sobrevivientes y recuperación de cuerpos.788	
5.4.1	Preparación del socorredor antes del incidente788	
5.4.1.1	Evaluación médica788	
5.4.1.2	Capacitación para los instructores ..788	
5.4.1.2.1	Evaluación de desempeño del equipo789	
5.4.1.3	Ejemplo de organización del ejercicio789	
5.4.1.4	Primeros auxilios realistas789	
5.4.1.5	Preparativos del equipo de salvamento minero para la recuperación de las víctimas790	
5.4.2	Durante una emergencia790	
5.4.2.1	Planificación de turnos791	
5.4.2.2	Evaluación de cada socorredor791	
5.4.3	Seguimiento posterior a una emergencia792	
5.5	'Las familias mineras primero': plan de implementación de respuestas y comunicaciones.....792	
5.5.1	Propósito792	
5.5.2	Responsabilidades del gobierno: Enlace con las familias mineras primero793	
5.5.3	Responsabilidad del operador de la mina794	
5.6	Referencias795	

5. Psicología en la atención de una emergencia minera.

5.1 Lo que pueden esperar los miembros del equipo de salvamento minero¹

Como miembro del equipo de salvamento minero, usted puede anticipar que realizará trabajos que son extremadamente difíciles, así como excesivamente gratificantes. Hacer parte de un equipo de salvamento minero le exige a usted comprometerse a estudiar mucho, trabajar más, practicar a menudo y convertirse en el mejor miembro del equipo que pueda llegar a ser. El salvamento minero no tiene cabida para un segundo mejor.

Al ser llamado a cumplir con sus responsabilidades, usted tendrá la responsabilidad más importante que pueda tener una persona – salvar vidas. Durante un desastre u otra emergencia, los mineros y sus compañeros de equipo pondrán sus vidas en sus manos. Las vidas de los mineros atrapados, las de sus compañeros de equipo, e incluso su propia vida dependerán de qué tan bien usted hace su trabajo como miembro del equipo de salvamento minero.

Existen muchas razones positivas por las que usted se ofreció a ser un voluntario. La mayoría de los socorredores maneja bastante bien la exposición al trauma. **La psicología en la acción de salvamento de una emergencia minera** tiene como objetivo brindarle conocimientos y experiencia de capacitación que le ayudará a lidiar con fuertes reacciones emocionales ante una respuesta a emergencias.

Lo que usted puede esperar...

Existen grandes diferencias entre el entrenamiento tradicional de salvamento minero en campos de práctica y el trabajo real de salvamento minero durante emergencias en la mina. Los miembros del equipo deben conocer estas diferencias para que puedan tomar decisiones correctas rápidamente, bajo niveles extremos de estrés y en situaciones o condiciones peligrosas.

5.1.1 Cooperación, coordinación y confianza

- Una operación de salvamento y recuperación minera no consiste simplemente en un equipo que va a una mina y rescata sobrevivientes o apaga un incendio. Consiste en mucho más—toda una red de personas y servicios para

dirigir y respaldar toda la operación, especialmente los equipos de salvamento minero.

- Cuando los equipos de salvamento minero llegan a una mina para comenzar su trabajo, la operación de salvamento y de recuperación ya habrá comenzado en la superficie. Varios funcionarios del gobierno y el personal de la mina habrán sido llamados al sitio de la mina para asumir sus obligaciones en una cadena de mando.
- Un Centro de comando y los canales de comunicación serán establecidos o estarán en proceso de ser establecidos.
- En una emergencia minera, los equipos podrían estar formados por miembros de distintas compañías. Confíe en miembros del equipo que estén más familiarizados con esa mina en particular.
- Los miembros del equipo tendrán un respaldo hombre a hombre en la Base de Aire Fresco y en la superficie.
- Los socorredores que lleven a cabo operaciones de salvamento deben desplazarse a través de áreas afectadas para obtener una evaluación inicial de los daños y buscar sobrevivientes que estén heridos o que por otros motivos no puedan ponerse a salvo.

5.1.2 Problemas únicos

- Cada emergencia minera presenta problemas únicos dependiendo de la naturaleza del evento, las condiciones en la mina, y otros hallazgos. Las prácticas *siempre* deberán ser modificadas para que se ajusten a las situaciones encontradas durante los esfuerzos de salvamento y recuperación en minas.
- Los equipos de salvamento minero no son auto-dirigidos durante las exploraciones. Deben seguir las instrucciones desde el Centro de Comando. Sin embargo, podrán encontrarse condiciones o situaciones inesperadas que requieran decisiones y acciones inmediatas por parte del equipo.
- Como miembro del equipo, usted debe estar preparado para manejar una amplia variedad de situaciones, incluso si nunca espera encontrárselas. Algunos

¹ Este documento está modificado a partir de la Serie IG7a de Guía de Instrucciones de MHSA, Actividades de Capacitación de Habilidades Avanzadas (AST) para Equipos de Rescate en Minas

de Carbón, Departamento de Trabajo de Estados Unidos, Administración de Seguridad y Salud en Minas, 2013, páginas 51-53.



5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

ejemplos de situaciones que los equipos de salvamento minero han encontrado que requirieron una decisión y acción inmediatas incluyen:

- gas con tendencia de aumentar su concentración hacia el rango de explosión.
- presión barométrica cambiando rápidamente.
- relámpagos, lo cual crea un riesgo de ignición.
- soporte de techo inestable o dañado.

5.1.3 Condiciones peligrosas

- Los socorredores usualmente son los primeros en encontrar los diversos peligros generados por la emergencia. Aunque usted por lo general no es responsable de la corrección de estos peligros, se recomienda que realice una evaluación inicial e informe la ubicación de los peligros que observa.
- Anticipe que deberá desarrollar una actividad física extenuante a altas temperaturas y con una alta humedad durante las operaciones de salvamento y recuperación.
- Las condiciones del techo y los hastiales podrán estar degradadas debido al calor, la humedad, los equipos y herramientas lanzados a distancia por la fuerza de la explosión, y la sobrecarga y/o métodos mineros. A medida que se adentren en la mina, es probable que los miembros del equipo deban participar en las labores de reponer los soportes de techo y estabilizar los respaldos en la entrada de la mina.
- Elementos tales como las alternativas de refugio, los tanques de oxígeno, y las unidades autónomas de auto-rescate pueden presentar riesgos después de un incendio o una ignición.
- Durante la respuesta a una inundación, el agua puede estar contaminada con combustibles, petróleo y otras sustancias químicas o biológicas.
- Debido a los diferentes productos que se utilizan bajo tierra, durante una operación de salvamento o recuperación después de un incendio o una ignición, pueden generarse o presentarse gases tóxicos poco comunes.
 - Los miembros del equipo deberían ser competentes en el muestreo utilizando una variedad de dispositivos de muestreo, tales como jeringas, bombas, bolsas, etc.
 - Los miembros del equipo deberían prepararse con dispositivos especiales de detección de gases y tener un análisis disponible para estos gases.
- Es probable que el equipo deba administrar primeros auxilios para salvar la vida de alguien tan pronto avancen

al interior desde la Base de Aire Fresco, incluso a un compañero del equipo que se lesione mientras que cumple con sus obligaciones de salvamento minero.

- Los miembros del equipo que apliquen procedimientos básicos de primeros auxilios podrán exponerse a riesgos biológicos potenciales tales como agentes patógenos en la sangre. Utilice los procedimientos de Aislamiento de Sustancias Corporales (BSI).
- Utilice los protocolos establecidos para la recuperación de los cuerpos y la descontaminación de los miembros del equipo de salvamento minero y el equipamiento.

5.1.4 Precauciones adicionales para garantizar la seguridad de los miembros del equipo de salvamento minero

- Verifique los niveles en sangre de CO y O₂ de los miembros del equipo frecuentemente debido a la posible exposición a niveles elevados de CO.
- El estrés físico y psicológico afectará a todos los que participaron en el salvamento minero. Después de una operación de salvamento y recuperación en la cual se encuentren víctimas, la ANM y/o el empleador debería iniciar en el lugar de la emergencia una Entrevista de Estrés por Incidente Crítico para el equipo (que la debe realizar un tercero independiente y competente) y se debe poner a disposición de los miembros del equipo actividades de seguimiento grupal e individual [Kowalski 1995].

5.1.5 Concurso de salvamento minero vs. emergencia minera real

- Aunque los concursos de salvamento minero son un método de capacitación de gran valor, los miembros del equipo deben prepararse para condiciones muy peligrosas e impredecibles en una emergencia minera real.
- Durante los concursos de salvamento minero las condiciones peligrosas u otra capacidad requerida del equipo se indican en carteles, mientras que las condiciones peligrosas en una emergencia real en la mina deben ser determinadas e informadas por los miembros del equipo. En otras palabras, el equipo debe averiguar activamente las condiciones y mantener la seguridad del equipo durante la experiencia real.
- Una emergencia minera real no es un evento programado; por lo tanto, los equipos deberían proceder de manera calculada y segura, no necesariamente lo más rápido posible. Es probable que haya un sentimiento real de urgencia si los mineros no se han reportado y se

encuentran desaparecidos. Esto no justifica la negligencia de la seguridad del equipo.

- Los equipos podrán experimentar retrasos considerables en su desplazamiento o exploración subterránea debido al tiempo necesario para que la comunicación sea transmitida del equipo a través de la Base de Aire Fresco al Centro de Comando y transmitida de vuelta.
- Todas las prácticas deberían ser llevadas a cabo en condiciones lo más realistas posible. Esto incluye lesiones simuladas utilizando un Kit de Simulación de Trauma. Esto ayudará a preparar a los socorredores en cuanto a lesiones reales.

5.1.6 Definiciones

Salvamento minero	La tarea principal para los equipos de Salvamento minero es SALVAR Y PRESERVAR LA VIDA QUE SE ENCUENTRA EN PELIGRO. Hasta donde usted sabe, durante un incidente de búsqueda y salvamento, hay mineros atrapados o lesionados en la mina que no pueden evacuar sin ayuda.
Esfuerzos de recuperación	En este caso, la RECUPERACIÓN se refiere a recoger a los mineros fallecidos y de manera respetuosa, sacar los cuerpos fuera de la mina para ser manejados adecuadamente. También podrá incluir la restauración de la mina a una condición en la que los mineros puedan hacerse cargo de manera segura de la rehabilitación de la mina para que pueda volver a su funcionamiento normal.
Sustancia peligrosa	Una sustancia clasificada por la regulación colombiana como un material peligroso, un residuo peligroso o una sustancia que, al exponerse la persona a ella, puede dar lugar a efectos adversos en la salud o en la seguridad de los socorredores.
Entrevista de estrés por incidente crítico	Esta es una reunión entre consejeros especialmente capacitados en salud mental relacionada con la ocurrencia de desastres (pueden ser especialistas en Primeros Auxilios Psicológicos o Psicólogos de desastres) y los socorredores. Pueden ser grupales o individuales, y llevarse a cabo después de las jornadas de trabajo durante la atención de una emergencia o después de finalizada la emergencia. Esta intervención inicial puede mitigar los efectos emocionales potencialmente perjudiciales asociados con el trabajo de salvamento.

Kit de simulación de trauma

Heridas de plástico reutilizables y accesorios recargables le permiten practicar las técnicas de vendaje y entablillado repetidamente. Los kits usualmente incluyen: fracturas, diversas heridas y laceraciones, pintura y aplicadores de sangre, simulación de cianosis y maquillaje artificial que simula sangre coagulada

5.1.7 Testimonio

Este testimonio fue adaptado de una publicación en línea del Presidente de la Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración durante 2016, [Timothy D. Arnold](#) [Arnold 2016]. Se incluye aquí para ilustrar el impacto de lidiar con lesiones severas y fatalidades sobre los compañeros de trabajo, socorredores, amigos y familiares y para demostrar que el estrés traumático puede afectar a todo el mundo. Esta discusión tiene la intención de mejorar su entrenamiento y ayudarlo a prepararse para su trabajo como Socorredor de Emergencias Mineras. También enfatiza que usted no está solo y la ayuda está disponible, haga uso de ella.

“El 5 de febrero de 2007, Rick Smith, un minero de 35 años, fue mortalmente herido en un deslizamiento de tierra a las 6 a.m. Smith tenía siete años de experiencia minera, toda en esta operación minera. La conclusión parcial del Informe de Investigación de Accidentes fue: “El accidente se debió a que la víctima estaba en un lugar peligroso en relación con el material que estaba retirando del techo y lados de la mina.”

Yo era un superintendente subterráneo en la mina donde Rick Smith estaba trabajando. Era un compañero de trabajo y amigo mío, así como todos los demás en la mina. Era un hombre muy simpático; muy positivo y optimista y uno de los que trabajaba más duro en la propiedad. Ingresó como un trabajador de nivel básico, y se distinguió como un buen trabajador; dispuesto a intervenir y ayudar con cualquier cosa, en cualquier momento. Justo el tipo de persona que uno quisiera en su equipo. Infortunadamente, nuestras últimas palabras no fueron agradables. Estaba irritado por los acontecimientos de un torneo de la compañía y salió de mi oficina enojado. Es sorprendente la claridad con la que recuerdo cada palabra de esa conversación después de todos estos años.

Me sentía culpable por el accidente. ¿Qué podría haber hecho para evitar que este accidente sucediera? ¿Nuestro entrenamiento no fue lo suficientemente bueno? ¿Éramos lo suficientemente estrictos en cuanto a la seguridad? ¿Estábamos aplicando en la práctica las medidas de seguridad que decíamos que aplicábamos? Hubo miles de otras preguntas que me hice a mí

mismo, y yo no tenía las respuestas. No estaba solo. El ingeniero jefe vino a mí a hacer las mismas preguntas. Lo mismo hizo el capataz general, los jefes de turno, el geólogo jefe, el ingeniero superior, etc. Todos en la propiedad sentían que habían fallado de alguna manera. Era cierto. Una fatalidad se había producido en nuestra guardia, y él era nuestro amigo.

La cicatriz por la pérdida de Rick Smith es profunda y larga. Se extiende desde la parte superior de mi alma hasta el fondo de mi corazón. Esa cicatriz nunca se sanará.

5.2 Introducción a los conceptos de estrés por incidente traumático

Los socorredores de la mina y el personal de la ANM, los mineros y sus familias y otros expuestos a emergencias en la mina podrán experimentar fuertes reacciones emocionales que los afecten durante el evento o posteriormente. Esta respuesta podrá ser denominada con varios nombres tales como “Estrés por Incidente Traumático” o “Estrés por Incidente Crítico” y es el resultado de la exposición a eventos catastróficos, mineros gravemente heridos, cadáveres o partes de cuerpos, o la pérdida de amigos y familiares. Estas reacciones pueden abrumar el comportamiento normal de una persona y evitar que se comporten del modo en que lo harían normalmente. Con un entrenamiento apropiado, los compañeros de trabajo podrán reconocer cuando una persona está teniendo dificultad haciendo frente a sus emociones y le pueden ayudar a obtener ayuda profesional.

El personal de gestión de emergencias a menudo no ha entendido o no ha tenido las herramientas para hacer frente a los efectos del Estrés por Incidente Traumático (TIS) y por lo tanto no las incluyó en los planes de gestión de emergencias. El TIS puede ser un problema emocional significativo que puede ser tratado en varias etapas. La primera es preparar a los socorredores y a otros para la posibilidad de una emergencia. La segunda es entrevistar a los equipos en el sitio, mientras trabajan en turnos durante la atención de la emergencia. La tercera es proporcionar asesoramiento de desastres después del evento [Kowalski 1995].

Aspectos Psicológicos (de Kowalski-Trakofler en [Alexander, et al 2010])

Las investigaciones empíricas en torno a las consecuencias humanas de la crisis y el desastre sobre el

personal, las organizaciones, las familias y las comunidades han documentado la naturaleza de la respuesta al estrés humano y las consecuencias a corto plazo y a largo plazo de la exposición a un desastre. También han examinado el impacto psicológico de la crisis y los desastres en el liderazgo, la gestión de los incidentes, las familias y las comunidades. Cada vez más, la salud del comportamiento es parte de la planeación y la respuesta en un sistema de respuesta a las emergencias de una nación. A nivel internacional, el Comité Permanente entre Organismos de la Organización de las Naciones Unidas (IASC) publicó la Guía sobre Salud Mental y Apoyo Psicosocial en Emergencias [IASC 2008], que también promueve la incorporación de la salud del comportamiento en la planeación de la respuesta a emergencias.

La mejor práctica es desarrollar un enfoque de sistemas de gestión de seguridad que incorpore controles de ingeniería, intervenciones administrativas con problemas de salud del comportamiento que incluyen la atención a la cultura de seguridad, el criterio y la toma de decisiones bajo coacción, la dinámica de centro de comando, fatiga, respuesta de la comunidad y el apoyo psicológico antes, durante y después del incidente [NMA 2008]².

La gravedad de la respuesta al estrés experimentado es una función de la interpretación de la persona del evento. Esta comprensión respalda la necesidad de entrenamiento de expectativas para mitigar las posibles reacciones negativas cognitivas y de comportamiento tales como la ansiedad, la confusión, el miedo, la dificultad para la toma de decisiones, el trastorno del sueño, la depresión, el trastorno por estrés postraumático (PTSD) o la Fatiga de la Compasión, que puedan desarrollarse ayudando o rescatando a las víctimas.

Los datos sugieren que, en su mayoría, los trabajadores de emergencias han aprendido a lidiar con eventos traumáticos y a tomarlos con calma. Sin embargo, existen ciertas circunstancias cuando los socorredores desarrollan una conexión emocional con la víctima o su familia, en cuyo caso los socorredores han reportado un aumento de los síntomas de estrés traumático. Esto es relevante en la pequeña comunidad minera donde “todos se conocen

de Quecreek, Pensilvania. El primer equipo tuvo que ser rescatado a través de un orificio de perforación de 0,7 m después

² Un ejemplo de la eficacia de las intervenciones oportunas ocurrió en 2002 cuando dos equipos de nueve mineros fueron atrapados por una inundación en la mina subterránea de carbón

entre sí” y muchas veces conocen a sus familias y parientes, y el efecto sobre la comunidad es a largo plazo³.

Las Intervenciones Psicológicas después de un incidente minero por lo general son delegadas a una agencia local de salud mental que rara vez tiene entrenamiento en salud mental o suicidios asociados a desastres, a pesar de que hay mejores tratamientos disponibles. Los expertos sugieren utilizar **Primeros Auxilios Psicológicos**, un programa de la Cruz Roja que brinda ayuda profesional y que entrena a la comunidad para ayudar a los demás. [Brymer, Jacobs, et al, 2006]. Este apoyo in situ se limita al período inmediatamente después de un incidente. Por lo tanto, se necesita apoyo a largo plazo al menos durante 6 meses hasta 1 año por parte de otros proveedores de salud mental de desastres.

Las intervenciones pueden disminuir la exposición a riesgos y/o aumentar el número de factores de protección para la salud del comportamiento. La investigación en esta área ha demostrado que tales intervenciones pueden mitigar graves consecuencias emocionales, de comportamiento, físicas y cognitivas para el personal.

Psicológicamente, la preparación es la actividad más importante que ayuda a mitigar el estrés de un desastre porque **“la información reduce la ansiedad; la planeación calma los temores”** [Alexander, et al 2010].

El Manual de Entrenamiento en Salvamento Minero y las Operaciones de Recuperación [Workplace Safety North 2014 Inglés, 2011 Español] incluye una guía sobre el TIS pero está menos completa que el resumen en la Sección 5.4 del Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos, escrito para ayudar a los trabajadores de respuesta a emergencias. Un folleto de dos páginas para el entrenamiento se reproduce en el Anexo 1 [Número de Publicación del Departamento de Salud y Servicios Humanos 2002-107 en inglés y en español]. Incluye los síntomas que debe buscar en sí mismo, los compañeros de trabajo u otros, lo que puede hacer en el lugar de la emergencia y lo que puede hacer en su casa.

de un calvario de tres días. El segundo equipo apenas escapó con vida vadeando a través del agua corriente que les llegaba hasta el cuello. Este segundo equipo participó en una Entrevista de Estrés por Incidente Crítico con profesionales capacitados después de varias semanas del incidente. El seguimiento un año más tarde indicó que ocho de los nueve mineros en el segundo equipo había logrado volver a trabajar en la mina con éxito. Varios mineros se lo atribuyeron a la intervención el haberles ayudado a reanudar los trabajos subterráneos. La mayoría de miembros del primer equipo no regresó a los trabajos subterráneos.

5.3 Estrés por incidente traumático

[reproducido de Kowalski-Trakofler et al. 2006]

Los trabajadores de emergencias deben responder rápidamente a desastres naturales, tales como terremotos o huracanes, y a los desastres provocados por el hombre, tales como fallas tecnológicas o ataques terroristas. Estos trabajadores están en riesgo de experimentar estrés a partir de lo que los psicólogos denominan un *incidente traumático*. Un *incidente traumático* es uno que puede implicar la exposición a los eventos catastróficos, a niños o adultos gravemente heridos, cadáveres o partes de cuerpos, o la pérdida de compañeros de trabajo. Esta sección describe síntomas de estrés ordinario que los trabajadores de emergencias pueden experimentar durante los esfuerzos de recuperación o en las semanas o los meses posteriores a un evento traumático. También recomienda métodos simples para reconocer, hacer seguimiento y mantener la salud en el sitio de la emergencia y después de tales experiencias. El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) recomienda que todos los trabajadores implicados en las actividades de respuesta utilicen los métodos presentados en el panfleto del Anexo 1, **Estrés por Incidente Traumático: Información para Trabajadores de Respuesta a Emergencias** para ayudarse a sí mismos, a sus compañeros de trabajo, y para reducir el riesgo de experimentar estrés asociado con un incidente traumático.

5.3.1 Síntomas de estrés

Los trabajadores podrán experimentar muchos síntomas de estrés físicos, cognitivos, emocionales o de comportamiento. Algunas personas experimentan estas reacciones inmediatamente en la escena, mientras que los síntomas para otros pueden ocurrir semanas o meses más tarde.

• Síntomas Físicos

Los trabajadores que experimenten cualquiera de los siguientes síntomas deberían **buscar atención médica INMEDIATA**:

³ La cruz roja Rusa inició un programa de apoyo psicológico para las familias de los mineros afectados por una explosión en dos minas de carbón rusas. Descubrieron que existen factores únicos que se presentan en las personas afectadas por los accidentes en las minas. Descubrieron que los accidentes en las minas tienen un mayor efecto en la vida cotidiana porque las minas siguen siendo operativas, que algunos mineros que habían sobrevivido al accidente a menudo no podrían volver al trabajo, y que las familias de mineros que regresaron a trabajar se preocupan constantemente por sus vidas.



- Dolor de pecho.
- Dificultad para respirar.
- Dolor intenso.
- Síntomas de conmoción (respiración superficial, pulso rápido o débil, náuseas, escalofríos, piel pálida y húmeda, confusión mental y pupilas dilatadas).

Los trabajadores también podrán experimentar los siguientes síntomas físicos. Si estos síntomas ocurren con el tiempo o se agravan, los trabajadores deberían buscar atención médica. Los síntomas físicos adicionales incluyen:

- Fatiga.
- Náuseas/vómito.
- Mareo.
- Sudoración profusa.
- Sed.
- Dolores de cabeza.
- Dificultades visuales.
- Mandíbulas apretadas.
- Dolores o molestias inespecíficos.

• Síntomas Cognitivos.

Si estos síntomas ocurren en el sitio, los trabajadores no podrán permanecer adecuadamente concentrados para mantener su propia seguridad o para rescatar víctimas heridas. Sin embargo, los trabajadores podrán experimentar síntomas cognitivos si los síntomas son crónicos o interfieren con las actividades diarias, los trabajadores deberían buscar atención médica. Estos síntomas incluyen:

- Confusión.
- Desorientación.
- Estado de alerta aumentada o disminuida.
- Concentración insuficiente.
- Dificultad para la solución de problemas.
- Dificultad al identificar objetos o personas conocidas.
- Problemas de memoria.
- Pesadillas.

• Síntomas Emocionales

¡Las emociones fuertes son reacciones comunes a una situación traumática o extraordinaria! Los trabajadores deberían **buscar apoyo en salud mental** si los síntomas o el sufrimiento continúan durante varias semanas o si interfieren con las actividades diarias. Los síntomas emocionales incluyen:

- Ansiedad.
- Culpa.

- Negación.
- Aflicción.
- Miedo.
- Irritabilidad.
- Pérdida de control emocional.
- Depresión.
- Sentido de haber fallado.
- Sentimiento abrumador.
- Culpar a otros o a sí mismo.
- Pánico grave (raro).

• Síntomas de Comportamiento

Como resultado de un incidente traumático, los trabajadores podrán notar los siguientes cambios de comportamiento en sí mismos o los compañeros de trabajo:

- Ira intensa.
- Retraimiento.
- Arrebato emocional.
- Pérdida o aumento temporal del apetito.
- Consumo excesivo de alcohol.
- Incapacidad de descansar, caminar constantemente.
- Cambios en el funcionamiento sexual.

5.3.2 Recomendaciones para controlar y mantener la salud en el sitio

Los participantes de una acción de salvamento necesitan cuidar de su propia salud para mantener la vigilancia constante que necesitan para su propia seguridad. Los intervinientes deben ser capaces de mantener la concentración en el trabajo en el entorno de emergencias dinámico y en constante cambio. A menudo los participantes en la acción no reconocen la necesidad de cuidar de sí mismos y de controlar su propia salud emocional y física. Esto es especialmente cierto si los esfuerzos de recuperación se prolongan durante varias semanas. Las siguientes directrices contienen métodos simples para que los trabajadores y sus líderes de equipo se ayuden entre sí y a los miembros de su equipo. Estas directrices deberían ser leídas mientras se encuentra en el sitio y de nuevo después de que los trabajadores regresen a su casa.

• Controle la organización y el ritmo de los esfuerzos de salvamento y recuperación:

- Asuma un ritmo adecuado. Los esfuerzos de salvamento y de recuperación en el sitio podrán continuar durante días o semanas.
- Cuide a los demás. Los compañeros de trabajo podrán estar concentrados en una tarea particular y

5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

- podrían no notar un peligro cercano o que se encuentre detrás de ellos.
- Sea consciente de las personas alrededor suyo. Los socorredores que están exhaustos, estresados o incluso temporalmente distraídos podrán ponerse a sí mismos y a otros en riesgo.
- Tome descansos frecuentes. Las operaciones de salvamento y de recuperación se desarrollan en entornos de trabajo extremadamente peligrosos. La fatiga mental, particularmente durante largas jornadas puede exponer a quienes participan en la atención de emergencias en un mayor riesgo de sufrir lesiones.
- Mantenga una nutrición adecuada y descanse
 - Coma y duerma con regularidad. Mantenga un horario lo más normal posible y adhiérase al horario de trabajo y la rotación del equipo.
 - Asegúrese de beber muchos líquidos, como agua y jugos.
 - Trate de comer una variedad de alimentos y aumente su ingesta de carbohidratos complejos (por ejemplo, panes y panecillos hechos con granos enteros, barras de granola).
 - Siempre que sea posible, tome descansos fuera del área de trabajo. Coma y beba en el área más limpia disponible.
- Haga seguimiento de la salud mental/emocional
 - Reconozca y acepte lo que no se puede cambiar – la cadena de mando, la estructura organizacional, la espera, las fallas en los equipos, etc.
 - Hable con las personas cuando **USTED** desee. Usted decidirá cuando quiere discutir su experiencia. Hablar acerca de un evento puede ser revivirlo. Escoja su propio nivel de comodidad.
 - Si su empleador le brindó apoyo formal de salud médica, ¡utilícelo!
 - Permítase sentirse mal: Usted está en una situación difícil.
 - No trate de evitar pensamientos recurrentes, sueños o recuerdos, son normales. Con el tiempo, irán disminuyendo
 - Comuníquese con sus seres queridos en su casa con la mayor frecuencia posible.

- **Primeros Auxilios Psicológicos**, un programa de la Cruz Roja que les proporcione consejeros profesionales en salud mental de desastres podrá estar disponible a través del personal de asistencia en el sitio.

5.3.3 Recomendaciones para mantener la salud después del incidente

Con el tiempo, las impresiones de los trabajadores y la comprensión de su experiencia van a cambiar. Este proceso es diferente para todos. No importa cuál sea el evento o la reacción de un individuo ante este, los trabajadores pueden seguir algunos pasos básicos para ayudarles a adaptarse a la experiencia

- Solidarícese – a las personas realmente les importa.
- Reconéctese con sus apoyos familiares, espirituales y comunitarios.
- Considere la posibilidad de llevar un diario.
- No tome decisiones trascendentales en su vida.
- Tome tantas decisiones diarias como sea posible para dar una sensación de control sobre su vida.
- Pase tiempo con otros o a solas haciendo las cosas que disfruta para refrescarse y recargar energías.
- Tenga en cuenta que puede sentirse especialmente temeroso por su familia. Esto es normal y va a pasar con el tiempo.
- Recuerde que “volver a la normalidad” toma su tiempo. Poco a poco trabaje de nuevo en su rutina. Permita que otros carguen un peso mayor por un momento mientras está en la casa o en el trabajo.
- Tenga en cuenta que la recuperación no es un camino recto sino un asunto de dos pasos al frente y uno atrás. Usted irá avanzando.
- Aprecie un sentido del humor en usted mismo y en otros. Es BUENO reírse de nuevo.
- Su familia experimentará el desastre con usted. Necesita apoyar a los demás. Es momento de paciencia, comprensión y comunicación
- Evite el uso excesivo de drogas o alcohol. No necesita complicar su situación con un problema de abuso de sustancias.
- Descanse mucho y haga un ejercicio normal. Aliméntese con comidas regulares bien balanceadas.

Recursos Adicionales

- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), 1-800-35-NIOSH, www.cdc.gov/niosh



5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

- Preparación, Respuesta y Recuperación de Desastres, SAMHSA les brinda a las comunidades y a los intervinientes recursos de salud de comportamiento que los ayuden a prepararse, a responder y a recuperarse de los desastres: <http://www.samhsa.gov/disaster-preparedness>
- Línea Nacional de Prevención del Suicidio de SAMHSA, La Línea Nacional de Prevención del Suicidio de Estados Unidos brinda apoyo emocional gratis y confidencial a personas con crisis de suicidio o angustia emocional 24 horas al día, 7 días a la semana.
- Inglés: <http://www.suicidepreventionlifeline.org/>,
Español:
<http://www.suicidepreventionlifeline.org/gethelp/spanish.aspx>
- Publicaciones y Recursos acerca de Preparación, Respuesta y Recuperación de Desastres de SAMHSA: <http://www.samhsa.gov/disaster-preparedness/publications-resources>

Preparación y respuesta de emergencias [Español] - Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos, Centros de Control y Prevención de Enfermedades (HHS, CDC). Esta sección en español del sitio web de CDC proporciona enlaces para la información y recursos de preparación y respuesta de emergencias. <http://emergency.cdc.gov/es/index.asp>

5.4 Rescate de sobrevivientes y recuperación de cuerpos

A lo largo de la historia, los mineros han ido bajo tierra con la certeza de que, si ocurre un desastre y se quedan atrapados en la mina, otros mineros harán todo lo posible por intentar rescatarlos. Esta es la tradición del rescate minero. Los esfuerzos de salvamento minero hoy son operaciones altamente organizadas llevadas a cabo por grupos de individuos capacitados y competentes que trabajan juntos en equipo. Pero los factores humanos afectan a los socorredores en una emergencia minera y probablemente se genere un impacto financiero significativo en la compañía. El entrenamiento de expectativas antes de un incidente y la adquisición exitosa de competencias en las habilidades de rescate y comunicación minera le ayudarán a prepararse para el trabajo.

5.4.1 Preparación del socorredor antes del incidente

5.4.1.1 Evaluación médica

La evaluación médica antes del despliegue pretende establecer una condición física y de salud emocional base.

Dicha información se puede encontrar en el examen físico de entrada para determinar la aptitud para el servicio o en exámenes de aptitud para servicio posteriores. Esta información base permite una interpretación más informada sobre posibles efectos adversos luego del despliegue y es potencialmente valorable cuando la información de exposición es difícil de obtener o interpretar o cuando está ausente. La evaluación sanitaria de referencia debería dirigir la salud física, emocional y el estado de vacunación del interviniente. Como mínimo, se recomiendan las vacunas actuales para el tétanos, hepatitis A y B y Polio. Además de proveer información sanitaria de referencia, la evaluación previa al despliegue puede servir como una oportunidad para evaluar si la respuesta tiene personas con la educación, capacitación y experiencia aprobada para ejecutar en las capacidades de respuestas asignadas.

5.4.1.2 Capacitación para los instructores

Los miembros del equipo de salvamento de la mina de carbón subterránea deben estar entrenados en procesos avanzados de salvamento minero. Terminar un ejercicio en cada área prescrita es el entrenamiento necesario para asegurar que los equipos pueden realizar deberes de salvamento minero. Los ejercicios del modelo están diseñados para ayudar a los instructores a construir las habilidades necesarias para que los equipos de salvamento minero realicen sus deberes efectivamente durante una emergencia minera real. Algunos de los ejercicios del modelo se enfocan en la capacidad del miembro del equipo individual para realizar habilidades esenciales, mientras que otros se dirigen a la capacidad del equipo para trabajar en conjunto bajo la dirección del Centro de comando para responder de forma apropiada a situaciones y asignaciones realistas de salvamento minero.

Su papel como instructor es vital. Depende de usted escoger ejercicios que sean apropiados para su equipo y planear y estructurar estos ejercicios para obtener el máximo beneficio. Por ejemplo, usted puede dirigir el entrenamiento en situaciones posibles o en problemas específicos de las minas que cubre su equipo. Usted también puede desarrollar nuevos ejercicios de entrenamiento. Cuando un ejercicio abarque otro requisito de capacitación de salvamento minero, como el requisito de usar un aparato mientras hay humo, usted puede dar crédito a los miembros del equipo bajo cada requisito.

Al desarrollar ejercicios de capacitación, asegúrese de considerar cuanto tiempo tomará:

- Preparar y evaluar los aparatos (si se usan).
- Viajar al área en donde se realizará la actividad.

5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

- Preparar el área para la actividad (si es necesario).
- Terminar la actividad.
- Restaurar el área a la condición original luego de la actividad (si es necesario).
- Limpiar, recargar y almacenar los aparatos (si son usados).
- Analizar el trabajo del equipo.
- Responder preguntas y discutir la actividad.

5.4.1.2.1 Evaluación de desempeño del equipo

La evaluación es una parte extremadamente importante del proceso de aprendizaje. El tiempo dedicado a la realización de una evaluación analítica, cuidadosa y específica es esencial para el desarrollo y mejora del equipo. Usted encontrará una sección de evaluación en el Ejercicio de Primeros Auxilios del Anexo 2 que contiene sugerencias para ayudarlo a evaluar el rendimiento del equipo o de los miembros del equipo y reconocer los sucesos traumáticos que puedan producir reacciones emocionales graves e inusitadas que podrían interferir con sus habilidades durante o después de los hechos.

Siga estos tres pasos para evaluar el rendimiento de su equipo:

- Observe y registre el rendimiento
 - Durante la ejecución de cada actividad, usted (o alguien que trabaje con usted) evalúa el equipo (o los miembros individuales del equipo) según como sea apropiado para la actividad.
- Revise los resultados de observación con el equipo
 - Sostenga una sesión de revisión tan pronto como sea posible luego de que el equipo haya terminado la actividad.
 - Revise los aspectos negativos y los positivos del rendimiento del equipo.
 - Concédales tiempo a los miembros del equipo para que hagan cualquier pregunta que puedan tener sobre la actividad o sobre la evaluación del instructor.
- Recomiende una capacitación futura
 - Con base en sus observaciones, usted debería estar en la capacidad de recomendar áreas en las que el equipo necesite más conocimiento o experiencia para demostrar competencia.

Por ejemplo, esto podría significar revisar cierta información o podría significar alterar una actividad futura

para darle al equipo más experiencia en un área específica (por ejemplo, preparar un accidente de transporte).

5.4.1.3 Ejemplo de organización del ejercicio

Ejercicios previos al incidente (tenga en cuenta que estos ejercicios están incluidos en el paquete inicial de capacitación de socorredores mineros de 11 días)

- Revise la información de la clase necesaria para el ejercicio.
- Pruebe el conocimiento y las habilidades de los socorredores en condiciones simuladas de emergencia en minas, incluyendo el Aislamiento de Sustancias Corporales (BSI) y procedimientos de descontaminación.
- Simule una variedad de heridas que puedan ocurrir en su mina (tales como BSI, huesos rotos, inconsciencia, hemorragia arterial, lesiones por aplastamiento, electrocución, miembros cortados, muertes) a una y luego a varias víctimas durante el periodo de capacitación bajo diferentes condiciones mineras (como humo o polvo, calor y humedad, inundación, atmósfera irrespirable, rescate vertical).
- Realice una capacitación práctica. Ver el Anexo 2 para un ejemplo de un Ejercicio de Primeros Auxilios [MSHA 2013a].
- Pregúnteles a los socorredores luego del ejercicio
 - ¿Cómo se manejó la emergencia y que se habría podido hacer mejor?
 - ¿Alguno de los miembros estuvo en riesgo en algún momento?
 - ¿El BSI se realizó correctamente?
 - ¿Las verificaciones de gas fueron reportadas y registradas?
 - ¿Los aparatos respiratorios se usaron apropiadamente en todo momento?
 - ¿Algún miembro del equipo tuvo una fuga de oxígeno?
 - Pregunte sobre las experiencias pasadas de socorredores que puedan ayudar a alguien a entender mejor lo que se requiere.
 - ¿Cómo se podría mejorar el ejercicio?

5.4.1.4 Primeros auxilios realistas

Es importante que se usen heridas realistas en la capacitación de los socorredores. Esto les permite a los instructores y a los evaluadores decidir si el aprendiz está



preparado para atender accidentes con heridas graves. Se podrá usar un Kit de Simulación de Trauma para dar lesiones realistas a las víctimas humanas durante los ejercicios. La víctima viva debería “actuar” y comportarse como si estuviera realmente herido.

Cada socorredor debería participar en este tipo de entrenamiento de rescate simulado en las Estaciones de Rescate Minero ANM. Es conveniente que el personal de ANM asista por lo menos a dos rescates como un observador en la superficie para familiarizarse con las condiciones del mundo real durante una emergencia antes de que ellos sean considerados como completamente entrenados y útiles bajo tierra. Cuando sea posible, los socorredores necesitan ver personas gravemente heridas y cadáveres antes de encontrarlos en una emergencia minera. Esto se puede lograr visitando una morgue y un hospital alguna vez antes del despliegue en un rescate. Como mínimo, los cuadrilleros deberían desarrollar experiencia en la identificación de comportamientos claves que indiquen Estrés por Incidentes Traumáticos. Otras actividades de sensibilización podrían incluir visitar a un pariente cercano de un minero fallecido y un minero rescatado en un incidente bajo tierra.

5.4.1.5 Preparativos del equipo de salvamento minero para la recuperación de las víctimas

Además de todo el entrenamiento normal que realizan las cuadrillas de salvamento minero con los dispositivos de respiración, equipos de seguridad, seguridad del equipo, ambientes irrespirables, terrenos inestables, incendios, inundaciones y explosivos, etc. hay preparativos especiales adicionales a los primeros auxilios requeridos para el rescate seguro de los sobrevivientes y la recuperación de los cuerpos. Los socorredores deben entender que el posible manejo de cuerpos mutilados, muertos o lesionados en algún momento después del incidente puede ser físicamente exigente y emocionalmente arduo.

Una vez los sobrevivientes sean ubicados, su objetivo es prestar los primeros auxilios de emergencia y transportarlos al exterior o a una ubicación segura en donde otros puedan prestarle asistencia. Las precauciones durante el Aislamiento de Sustancias Corporales (BSI), como guantes de protección, protectores faciales, ropa no porosa, deberán ser utilizadas antes de entrar en contacto con las membranas mucosas o los fluidos corporales. Si se hallan varias víctimas, las víctimas prioritarias deberán ser identificadas para rescatarlas primero. Mantener una actitud calmada le ayudará a hacer bien su trabajo y le ayudará a los demás. La comunicación con los

sobrevivientes tiende a aliviar el estrés psicológico y a reconfortarlos; nunca los deje solos.

Si su equipo encuentra un cuerpo, reporte y marque la ubicación, indíquelo en un mapa y asígnele a cada cuerpo un número. No altere el área ya que puede haber evidencia importante para la investigación. Se le puede indicar que continúe su búsqueda en lugar de recuperar un cuerpo de inmediato. Generalmente se requiere equipos adicionales que puede ser traído por otro grupo. La condición de un cuerpo cambia con el tiempo a medida que se descompone. Hay pocas cosas que se puedan hacer para preparar a un socorredor para lo que puede experimentar. Usted puede decidir si utiliza un dispositivo respiratorio con el fin de evitar el olor de un cuerpo en descomposición, pero no hay protección para la vista. Si empieza a sentirse enfermo trate de trabajar con una actitud empresarial y recuerde que les está permitiendo a los familiares sepultar a sus seres queridos. Si sabe que no puede proceder y está utilizando un dispositivo en un ambiente inseguro, infórmeselo al cuadrillero de su equipo. Si vomita, se desmaya o enferma, se convertirá en una carga para su equipo.

El Anexo 3 [MSHA 2013] incluye un curso recomendado por MSHA para familiarizar a los miembros y personal del equipo con los procedimientos de rescate de sobrevivientes y recuperación de cuerpos después de un desastre en la mina.

5.4.2 Durante una emergencia

Se asume que el personal de ANM está a cargo a nivel técnico y funcional durante una operación de rescate de emergencia. Por lo tanto, ANM y el cuadrillero deben confirmar que todos los socorredores son aptos para sus deberes con base en competencias de capacitación documentada, experiencia en campo, evaluaciones médicas y las observaciones de preparación actual, incluyendo la actitud apropiada. Los equipos deben seguir la cadena de comando mientras mantienen la seguridad del grupo y se debe recordar que están haciendo el mejor esfuerzo para preservar y salvar las vidas en peligro de sus colegas mineros.

La naturaleza solidaria del equipo construirá la capacidad de recuperarse, inculcará la confianza en que pueden hacer el trabajo y en se apoyarán el uno al otro. La coherencia del equipo y el tiempo de entrenamiento juntos ha sido relacionada con un mejor desempeño. Aunque todos los socorredores de la ANM hacen parte del “equipo” de salvamento minero, no es tan beneficioso como un grupo más pequeño que siempre entrene y se despliegue unido. Heobbel, et al. verificó esto en un escenario de

entrenamiento de inmersión en un teatro de realidad virtual, y concluyó lo siguiente [Hoebbel 2016].

“Confianza y Familiaridad del Equipo: Los equipos de salvamento minero cuyos miembros interactúan con frecuencia, ya sea en el trabajo, fuera del trabajo y/o que participan en entrenamientos combinados de salvamento minero, tienen niveles más altos de confianza en su capacidad de responder y desempeñarse de manera efectiva como equipo”.

“Confianza y Ambiente de Entrenamiento en Equipo: Los equipos que perciben un ambiente de entrenamiento solidario, en el que los miembros sienten que obtienen una retroalimentación constructiva de sus entrenadores y un entrenamiento práctico real, tienen más confianza en su capacidad de responder y desempeñarse efectivamente como un equipo en una emergencia”.

Adherirse a horarios con turnos estrictos, mantener la organización, proporcionar descansos y comida y agua adecuadamente, mitigará algo del estrés. Evitar la cafeína, un elemento biogenéticamente estresante [Kowalski-Trakofler y Vaught 2012] u otros estimulantes. Así mismo proporcionar los suministros necesarios para los familiares (Ver Sección 5.6).

5.4.2.1 Planificación de turnos

La planificación de turnos es un método formal utilizado para monitorear a los socorredores y supervisar los impactos a largo plazo en sus vidas. Una planificación se prepara para: (1) crear un registro de los que participaron en cada actividad de emergencia, (2) recoger información sobre la naturaleza de su asignación de trabajo y el entrenamiento que han recibido, y (3) crear un mecanismo para contactarlos con relación a posibles síntomas de enfermedades o lesiones relacionadas con el trabajo, durante y después de una respuesta a una emergencia, según sea necesario.

La planificación de turnos de los trabajadores de respuesta a emergencias es una herramienta esencial para la vigilancia de la salud en tiempo real, dependiendo de la duración de la respuesta, y para el monitoreo potencial a largo plazo del estado de salud. NIOSH y otras organizaciones de respuesta han notado el valor de la planificación de los turnos como una lección aprendida en la respuesta a la emergencia en el World Trade Center y

aplicaron este método por primera vez en el desastre de Deepwater Horizon⁴. Se recomienda una planificación potencial, centralizada de los trabajadores en eventos de desastres a gran escala naturales y causados por el hombre, pero también es apropiada para las organizaciones de respuesta a emergencias.

Las siguientes observaciones pueden extraerse con respecto a la planificación de turnos del evento de respuesta al Deepwater Horizon:

- Iniciar la planificación de turnos inmediatamente e integrarla a las actividades de respuesta tan pronto como sea posible, con el fin de asegurar que todos los socorredores estén incluidos. Considerar otros departamentos de salud pública como recursos posibles para esta actividad.
- Tener un formato de planificación listo para ser utilizado rápidamente (ver un ejemplo en el Anexo 4).
- Dirigir el programa de planeación de turnos en la estructura de comandos de incidentes: delegar a un Asistente de Salvamento Minero para completar los formatos de cada participante.
- Explorar la viabilidad de incorporar la planeación en las actividades de respuesta existentes (ejemplo, programas de capacitación y rendición de cuentas del personal), para mejorar la eficiencia de la actividad.
- Desarrollar los mecanismos para alentar y facilitar la participación del empleador, incluir la planificación como parte de la planeación previa al despliegue para los posibles intervinientes.
- Estandarizar los informes provisionales al Sistema Nacional de Salvamento Minero de la ANM y las organizaciones participantes, para maximizar la utilidad de la información recogida.

5.4.2.2 Evaluación de cada socorredor

Antes, durante e inmediatamente después de un despliegue subterráneo en cada turno que trabaje un socorredor, el cuadrillero y sus compañeros de cuadrilla deberán observar su comportamiento, cantidad de descanso y preparación para la labor designada antes de aprobar el despliegue. Si en el sitio hay un miembro del personal médico que cuente con entrenamiento especial en salud mental en desastres (enfermera, técnico médico de emergencias, auxiliar médico, médico o psicólogo), este

⁴ NIOSH Deepwater Horizon Rostering Summary Report, [2011] DHHS (NIOSH) Publicación No. 2011-175,

<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-175/pdfs/2011-175.pdf>, último ingreso 10/10/16 <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2016/10/03/deepwater-horizon/>



deberá participar en la evaluación médica y de comportamiento. Se recomienda que los informes de incidentes normales sin lesiones mayores o muertes sean manejados por el personal de ANM. A medida que aumenta el nivel de trauma, se requieren personas con mayor entrenamiento.

5.4.3 Seguimiento posterior a una emergencia

Todos los socorredores y el personal deberán tener acceso inmediato a asesoría personal después de la respuesta a una emergencia en la que se rescaten víctimas con heridas graves o se recuperen cadáveres. Normalmente se hacen sesiones en equipo o grupo en las que se revelan los indicadores de estrés por incidentes traumáticos y se ofrece asesoría personal privada, en caso de ser necesaria. Es importante evitar el estigma que los socorredores o el personal parezca débil ante sus compañeros debido a que buscan ayuda. Ya que muchos de los socorredores nunca han tenido asesoría de salud mental y no consideran que requieran tratamiento, es importante hacer un esfuerzo por lograr que este informe inicial sea un procedimiento operativo estándar. Los socorredores son personas normales que deben manejar experiencias anormales.

Discuta la experiencia cuando haya regresado a la superficie o estación como grupo para recordarles a todos:

- Las reacciones fuertes son normales.
- Hable de la emergencia.
- Está bien tener emociones fuertes al inicio; si estas emociones duran 2-6 meses, consiga ayuda.
- Observe si hay cambios comportamentales en sus compañeros.

Se requiere que la evaluación y reporte de seguimiento de TIS se haga en las semanas siguientes al incidente. El seguimiento puede ser necesario por al menos 6 o 12 meses con el fin de encontrar si el socorredor o el personal ha cambiado su comportamiento debido al TIS. Tener la información de la planificación de los turnos hace posible el seguimiento. Las disposiciones para que los socorredores estresados participen en papeles con responsabilidad reducida pueden ayudarles a volver a un estado de implementación total, con mayor prontitud.

El mayor registro de suicidios se da alrededor de los 6 meses posteriores a una experiencia traumática. “Un

entrenamiento especializado en la intervención de crisis puede duplicar prácticamente la efectividad clínica de las intervenciones de salud mental. Ya no es apropiado asumir que simplemente porque se tenga una licencia de práctica independiente en salud mental dicha persona es competente en esa área altamente especializada. En algunas comunidades, la Cruz Roja local está disponible para proporcionar ayuda calificada en salud mental en desastres, pero no está presente en el seguimiento. Las intervenciones en salud mental pueden mitigar consecuencias serias a nivel emocional, comportamental, físico y cognitivo en los individuos que experimentan un trauma. Los trabajadores de salvamento, personal de comando en incidentes, compañeros de trabajo y los familiares también están sujetos a los efectos posteriores de un incidente traumático” [Kowalski-Trakofler y Vaught 2012].

La ANM debe determinar si el Programa de Servicios de Salud Mental en Desastres de la Cruz Roja capacita profesionales en salud mental licenciados o si tiene servicios similares disponibles en Colombia. Es importante recordar que el sistema público de salud mental ayuda principalmente a las personas con enfermedades mentales y puede carecer de entrenamiento, experiencia o habilidades para intervenir individuos que de otro modo serían “saludables” después de una crisis.

Otras acciones que pueden estar incluidas en la mitigación sistemática de un incidente son 1) planear un homenaje u otro servicio para las familias de los fallecidos, la comunidad, los compañeros de trabajo y los socorredores, 2) incorporar los problemas de salud mental en desastres en las lecciones aprendidas, y 3) reconocer que la sanación psicológica toma tiempo.

5.5 ‘Las familias mineras primero’: plan de implementación de respuestas y comunicaciones⁵

5.5.1 Propósito:

El propósito de esta política es proporcionar asistencia a los familiares de las personas atrapadas o esperando a ser rescatadas durante una emergencia en una mina subterránea. La ANM desarrollará el Programa ‘Las Familias Mineras Primero’ para garantizar la comunicación recíproca entre las personas al mando de una operación de emergencia en una mina y las familias afectadas, por medio del personal de enlace del programa ‘Las Familias Mineras Primero’. Este plan le asigna responsabilidades al operador de la mina además de describir la respuesta de

⁵ Este resumen se basa en la ley de Pennsylvania de 2007 y la “Ley de las Familias de la Mina Primero”. <http://www.dep.pa.gov/Business/Land/Mining/BureauofMineSafet>

[y/Boards-Committees/Mine-Families-First-Response-Communication/Pages/default.aspx](http://www.anm.gov/Boards-Committees/Mine-Families-First-Response-Communication/Pages/default.aspx)



ANM en una emergencia minera que involucre mineros que estén atrapados o esperando a ser rescatados. Este plan constituye un documento fundamental, en cuanto asigna responsabilidades a diversas organizaciones en Colombia en el desarrollo de planes de apoyo y procedimientos.

A efectos de este plan, una emergencia en la mina se define como un evento en el que un minero o varios mineros quedan atrapados o esperan ser rescatados.

Declaración de política:

En Colombia, la política consiste en atender a las familias de los mineros atrapados o esperando a ser rescatados durante una emergencia minera, con la dignidad y el respeto que merecen. Adicionalmente, la política pretende garantizar que las familias reciban información actualizada con relación a los esfuerzos de salvamento antes que el público o los medios. Igualmente, la política pretende garantizar que las necesidades y las preguntas de la familia sean atendidas durante la emergencia en la mina. La ANM reconoce que todos los desastres inician a nivel local y que la respuesta inicial se da allí también. Los sistemas de apoyo local como los departamentos de policía, bomberos, Defensa Civil, la Cruz Roja, DAPARD, UNGRD, deberán ser utilizados para dar apoyo a las familias de la mina, pasando de recursos departamentales a los nacionales, solo en caso de ser necesario.

El operador de la mina continúa teniendo la responsabilidad primaria con los mineros y sus familias afectadas por una emergencia en la mina. El operador de la mina es el responsable principal de la notificación a las familias y todos los aspectos de apoyo logístico a las familias. Aunque las responsabilidades del operador de la mina no han cambiado, la ‘Política Las Familias Mineras Primero’ ubica al operador de la mina, así como a las demás organizaciones de apoyo, en una relación más colaborativa con las familias.

Discusión general sobre emergencias en minas:

La respuesta inicial de la mayoría de los desastres y emergencias en Colombia es manejada inicialmente por el titular minero, quien de acuerdo con el Decreto 1886 de 2015 tiene la obligación de contar con un plan de emergencias, en caso que la magnitud de la emergencia supere su capacidad, se requiere la intervención de la Estación de Rescate Minero de la ANM o el Punto de Apoyo más cercanos. Si el incidente parece aumentar más allá de las capacidades de la localidad, o si más de un municipio estaría involucrado en la respuesta, la ANM ayudará con la coordinación de los esfuerzos. Si los recursos locales se ven sobrepasados, el sistema de emergencias colombiano UNGRD, las alcaldías

municipales con sus comités locales de prevención y atención de emergencias y desastres, las gobernaciones departamentales, la Policía, los Bomberos de Colombia o la Cruz Roja proporcionarán asistencia adicional.

El operador de la mina, ANM, y las agencias locales de cooperación, incluyendo los departamentos de policía y bomberos trabajarán conjuntamente durante las emergencias en la mina. Esta cooperación incluye el establecimiento de un centro de comando de incidentes para vigilar las operaciones de rescate y recuperación durante una emergencia en la mina. Las instituciones que intervienen en los incidentes están compuesto por el operador de la mina, las agencias departamentales apropiadas, la ANM y, si corresponde, representantes de los mineros. Varias instituciones pueden intervenir en la atención de la emergencia minera de acuerdo a su magnitud. Las leyes colombianas ubican la primera responsabilidad en el empleador minero y el rescate y recuperación en la ANM. El operador debe tener planes previamente revisados por la ANM, antes de una emergencia. El operador también debe desarrollar planes de acción específicos durante una emergencia, que deberán ser aprobados por el centro de comando de incidentes.

5.5.2 Responsabilidades del gobierno: Enlace con las familias mineras primero:

La ANM deberá designar personal capacitado ubicado en las Estaciones de Seguridad y salvamento Minero o en los Puntos de Apoyo para que actúe como enlace del programa Las Familias Mineras Primero para cada emergencia minera en la que haya mineros atrapados o esperando ser rescatados. La ANM deberá coordinar el programa de enlace de Las Familias Mineras Primero con las demás instituciones para garantizar la consistencia con los procedimientos y protocolos generales de respuesta en emergencias.

El enlace de Las Familias Mineras Primero deberá como mínimo:

1. Coordinar con el representante designado por el operador de la mina para tratar con las familias.
2. Proporcionar a las familias de los mineros informes con relación al progreso de las operaciones de respuesta a la emergencia minera, de manera oportuna y efectiva.
3. Recibir y actuar sobre los comentarios, preocupaciones y necesidades de las familias de los mineros, durante e inmediatamente después de la respuesta a la emergencia en la mina.



4. Coordinar con el servicio social apropiado y las agencias y organizaciones de ayuda en desastres para que proporcionen la ayuda requerida por las familias de la mina.
5. Garantizar que la información con respecto a la respuesta ante la emergencia en la mina sea comunicada a las familias de los mineros antes que la información sea revelada al público o los medios.
6. Garantizar que los deseos de las familias de los mineros sean honrados con relación a la concesión de entrevistas y el acceso por parte de los medios.
7. Preparar un informe post-acción (AAR) dentro de los 30 días posteriores a la emergencia minera, que será parte de la documentación del caso que mantendrá la ANM.

Plan de acción:

La ANM desarrollará un grupo de personal calificado que estará preparado para actuar como enlace con las familias en caso de una emergencia en la mina en que haya mineros atrapados o esperando ser rescatados. El personal seleccionado tendrá la experiencia técnica, así como las habilidades para facilitar el apoyo en salud mental en desastres.

Tras la notificación de una posible emergencia en la mina en la que haya mineros atrapados o esperando ser rescatados, la ANM designará en el lugar de la emergencia de inmediato a una persona que actuará como enlace con la familia (típicamente será el ingeniero a cargo de la Estación o Punto de Apoyo más cercano o un delegado seleccionado por la ANM). La ANM desarrollará un método de identificación de los individuos que pueden acceder a las familias de los mineros, ello con el apoyo del empleador minero y las otras instituciones.

Programa de entrenamiento:

La ANM puede desarrollar un programa de entrenamiento para las personas que actúan de enlace con las familias de la mina con el fin de proporcionar un nivel básico de competencia en el manejo de situaciones de emergencia. El entrenamiento deberá incluir, por lo menos, técnicas efectivas de comunicación, entendimiento de los factores psicológicos experimentados por las familias de los mineros durante las situaciones de emergencia en la mina, las habilidades necesarias para coordinar el apoyo y remisión de salud mental, estándares de confidencialidad, desarrollo de informes y el papel de la ANM en la gestión de una situación de emergencia. Las sesiones de entrenamiento deberán ser programadas de manera regular, al menos anualmente, para garantizar que todos

los participantes entiendan completamente su papel como enlaces de familia en las emergencias mineras.

5.5.3 Responsabilidad del operador de la mina

Cada operación de minería subterránea en Colombia deberá incluir en su plan de emergencias un plan en el que se detallen los pasos que se tomarán para comunicarse con las familias de los mineros involucrados en una emergencia minera en la que haya mineros atrapados o esperando a ser rescatados. El personal de la estación de salvamento local de la ANM podrá ayudar en el desarrollo del plan, en caso de ser requerido por el operador de la mina.

El plan de comunicación y respuesta de las familias mineras primero del operador deberá contener como mínimo:

1. Designación de un empleado o agente que pueda ser contactado por el enlace con la familia de ANM.
2. Procedimientos para la notificación razonable y oportuna del familiar o el suplente designado por el empleado de la mina en caso de una emergencia en la mina, según lo indicado en el Plan de Comunicaciones y Respuesta de Las Familias Mineras Primero, específico para el sitio del operador de la mina.
3. Designación de una ubicación física para las familias de la mina para que se reúnan a obtener información con respecto a la emergencia en la mina y la operación de salvamento. Adicionalmente, para proporcionar el transporte a dicha ubicación, de ser necesario, de acuerdo a lo indicado en el Plan de Comunicaciones y Respuesta de Las Familias Mineras Primero, que debe ser específico para el sitio de operación de la mina.
4. Disposiciones de seguridad para garantizar la privacidad de las familias de la mina en la ubicación designada para los reportes sobre la emergencia en la mina para las familias, según lo descrito en el Plan de Comunicaciones y Respuesta las Familias de la Mina Primero, que debe ser específico para el sitio de operación de la mina.
5. Procedimientos para garantizar que las familias de los mineros atrapados reciben informes con regularidad, antes que los medios informativos, acerca del progreso de la respuesta a la emergencia en la mina. Los informes serán un esfuerzo coordinado por el operador de la mina, ANM, las instituciones, la ARL y los representantes de los mineros, según corresponda.
6. Los procedimientos y un proceso para integrar la participación de organizaciones sin ánimo de lucro y de servicio social público para proporcionar asesoría y

demás servicios sociales que las familias de la mina puedan requerir durante una emergencia en la mina, según lo indicado en el Plan de Comunicaciones y Respuesta de Las Familias Mineras Primero, que debe ser específico para el sitio de operación de la mina.

7. Los procedimientos y un proceso para la notificación y, de ser necesario, el transporte para las familias de los mineros a las instalaciones en las que los mineros extraídos de las minas reciben seguimiento médico, de acuerdo a lo indicado en el Plan de Comunicaciones y Respuesta de Las Familias Mineras Primero, que debe ser específico para el sitio de operación de la mina.

5.6 Referencias:

Alexander, D.W., Bealko, S.B., Brnich, M.J., Kowalski-Trakofler, K.M. & Peters, R.H., (2010) **Strategies for Escape and Rescue from Underground Coal Mines**, NIOSH IC 9522, Pittsburgh, PA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública, Centros de Control y Prevención de Enfermedades, Instituto Nacional de para la Seguridad y Salud Ocupacional, DHHS (NIOSH), Feb. 2010, pp. 51.

Arnold, T.D. (2016) **Scars**, SME Community Digest para el martes, 11 de octubre de 2016, 10:07 AM, Sociedad de exploración y Extracción Metalúrgica, <http://www.smenet.org/>

Brymer, M., Jacobs, A., Layne, C., Pynoos, R., Ruzek, J., Steinberg, A., et al. (2006) **Psychological first aid: field operations guide**, 2a edición, Red Nacional para el Estrés Traumático Infantil y el Centro Nacional para el Trastorno por Estrés Postraumático (NCPTSD).

Commonwealth of Pennsylvania (2008) **Mine Families First Resource Reference Manual**, Commonwealth of Pennsylvania: Harrisburg, PA, USA

<http://www.dep.pa.gov/Business/Land/Mining/BureauofMineSafety/Boards-Committees/Mine-Families-First-Response-Communication/Pages/default.aspx>

DHHS (NIOSH) (2002) Publicación Número 2002-107, **Traumatic Incident Stress: Information for Emergency Workers**,

<http://www.cdc.gov/niosh/mining/works/coversheet643.html> y en español http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2002-107_sp/, consultado el 1 de agosto de 2016,

Hoebbel, C. T. Bauerle, L. Mallett, B. Macdonald (2016) **Moving Beyond Mandated Training: Preparing Mine Rescue Teams for Peak Performance**, Revista Coal Age, Mining Media International, 1 de septiembre de 2016 www.coalage.com

Comité Permanente entre Organismos (IASC) [2008]. **Mental Health and Psychosocial Support: Checklist for Field Use**. Geneva: IASC.

Kowalski, K.M. (1995) **A human component to consider in your emergency management plans: the critical incident stress factor**, Safety Science, Volume 20, Issue 1, Julio 1995, Páginas 115-123, <http://www2a.cdc.gov/nioshtic-2/BuildQyr.asp?s1=20024595&PageNo=1&RecNo=1&View=f&>

Kowalski-Trakofler, K.M., Ted Scharf y Joe Hurrell (2006). **TRAUMATIC INCIDENT STRESS**, presentado para revisión por Dames, Barbara L. (CDC/NIOSH/EIDIV), 24 de julio de 2006

Kowalski-Trakofler, K.M. y C. Vaught (2012) **Psychosocial Issues in Mine Emergencies: The Impact on the Individual**, la Organización y la Comunidad, Minerales 2, 129-168; doi:10.3390/min2020129 www.mdpi.com/journal/minerals/

MSHA (2013) **Advanced Skills Training (AST) Activities for Coal Mine Rescue Teams**, Departamento del Trabajo de los EE.UU., Administración de Seguridad y Salud en Minas, Serie de Guía de Instrucciones IG 7, pp6-1 to 6-15, <http://arlweb.msha.gov/MineRescue/Training/IG7.pdf>

MSHA (2013a) **Advanced Skills Training (AST) Activities for Coal Mine Rescue Teams**, Departamento del Trabajo de los EE.UU., Administración de Seguridad y Salud en Minas, Serie de Guía de Instrucciones IG 7a, pp35-38, <http://arlweb.msha.gov/MineRescue/Training/IG7a.pdf>

NMA (2007). **Mine Rescue Handbook – Emergency Response Procedures, Practices and Responsibilities**, 1 de enero de 2007. Washington, DC: Asociación Nacional de Minería. Disponible en: http://www.nma.org/pdf/010507_safety_handbook.pdf

NMA [2008]. **Testimonio de Bruce Watzman**, Vicepresidente de Seguridad y Salud, Asociación Nacional de Minería, ante el Comité sobre Salud, educación, Trabajo y Pensiones, Subcomité sobre Contratación y Seguridad en el Sitio de Trabajo, del Senado de los EE.UU., 19 de junio de 2008. Washington, DC: Asociación Nacional de Minería. Disponible en: [http://help.senate.gov/Hearings/2008_06_19/Watzman.pdf].

Workplace Safety North (2014) **Handbook of Training in Mine Rescue and Recovery Operations**, Ontario Mine Rescue, <https://www.workplacesafetynorth.ca/subsite/ontario-mine-rescue> y en español (2011)



<https://www.workplacesafetynorth.ca/products/manual-de-capacitati%C3%B3n-en-rescate-minero-e-book>.

Code of Federal Regulations [2016], 30CFR18.31 Enclosures (a)(3), 30CFR57.22202(c)(3) fan blades, 30CFR75.333 Ventilation Controls (e)(1)(ii), 30CFR75.1310 Explosives and Blasting Equipment, www.eCFR.gov accessed 9/30/2016

Denk, Joseph M., Francart, William J., and Baran, John N. [1987], Monitoring Mine Gasses During Shaft Filling Operations, Oct. 12-15, 1987, *Proceedings: Third U.S. Mine Ventilation Symposium*, Pennsylvania State University.

Diamond, WP and Schatzel, SJ [1998]. Measuring the gas content of coal: a review. *International Journal of Coal Geology*, 35:311–331].

Cashdollar, Kenneth L., Michael J. Sapko, Eric S. Weiss, Marcia L. Harris, Chi-Keung Man, Samuel P. Harteis, and Gregory M. Green [2010] RI9679, Recommendations for a New Rock Dusting Standard to Prevent Coal Dust Explosions in Intake Airways, OMSHR, NIOSH, Pittsburgh, PA.

Garcia, F. and Cervik, J. [1985] Methane Control on Longwalls with Cross-measure Boreholes (Lower Kittanning Coalbed) U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1985 Jan; :1-17 Report of investigations 8985.

Goodman G, Harris M, and Alexander D, [2012] Preventing Coal Dust Explosions in Underground Coal Mines – Workshop, Office of Mine Safety and Health Research, NIOSH, Pittsburgh, PA.

Kissell, F. (Ed.) (2006), Handbook for Methane Control in Mining, National Institute for Occupational Safety and Health, Information Circular No: 9486, June 2006, Pittsburgh, PA, Chapter 6, Coal Seam Degasification, Thakur, PC, pp77-96.

Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., Jordan, T. [2004] *Understanding Earth*, 4th Edition, W. H. Freeman.

Sapko MJ, Weiss ES, Cashdollar KL, and Zlochower IA [2000], *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2000 May; 13(3) :229-242.

SIMTARS [1990], Frictional Ignition Research Project, Report of Research conducted since May 1990, Safety in Mines Testing and Research Station, Red Bank, Queensland, Australia, Section 4.2, , funded by the National Energy Research Development and Demonstration Program (NERDDP), Australia.

Anexo 1 Estrés por Incidente Traumático: Información para Trabajadores de Respuesta a Emergencias



**Estrés por sucesos traumáticos:
Información para el personal de emergencias**

Del Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional

Las emergencias mineras pueden presentarse en cualquier momento y exigen una acción rápida del personal de socorro. Puede tratarse de incendios, derrumbes, explosiones, aparición de gases que hacen irrespirable la atmósfera de la mina o accidentes originados por otras causas. Los miembros de un equipo de socorro están expuestos a lo que los psicólogos denominan Estrés Postraumático—aquél que puede surgir cuando se ha estado expuesto a situaciones especialmente impresionantes como personas heridas de gravedad, cadáveres o cuerpos desmembrados, o la pérdida de compañeros de trabajo, por ejemplo.

Los sucesos traumáticos pueden producir reacciones emocionales graves e inusitadas que podrían interferir con sus habilidades durante o después de los hechos:

Usted podría experimentar cualquiera de los síntomas físicos, cognoscitivos, emocionales o de conducta enumerados en el Cuadro 1. Algunas personas presentan secuelas emocionales semanas o meses después de haber estado expuestos a un suceso traumático. Otras pueden presentar estas reacciones mientras aún se hallan en el lugar de los hechos, cuando deben concentrarse en los peligros que cambian continuamente a fin de velar por su propia seguridad y rescatar a los heridos.

¡Recuerde que las emociones intensas son reacciones normales en situaciones anormales!

Cuadro 1. Síntomas de estrés que se pueden experimentar durante o después de un suceso traumático

Físicos*	Cognoscitivos	Emocionales	De conducta
Dolor en el pecho*	Confusión	Ansiedad	Ira intensa
Dificultad para respirar*	Pesadillas	Culpa	Aislamiento
Shock*	Desorientación	Aflicción	Estallidos emocionales
Fatiga	Aumento o disminución del estado de alerta	Negación	Pérdida o aumento temporal del apetito
Náuseas/vómitos	Concentración deficiente	Pánico severo (raro)	Consumo excesivo de alcohol
Mareo	Trastornos de la memoria	Miedo	Incapacidad de descansar, intranquilidad
Sudoración excesiva	Dificultad para resolver problemas	Irritabilidad	Cambios en la conducta sexual
Aceleración del ritmo cardíaco	Dificultad para identificar personas u objetos conocidos	Pérdida del control emocional	
Sed		Depresión	
Dolor de cabeza		Sentimiento de fracaso	
Alteraciones visuales		Sentirse abrumado	
Espasmos de la mandíbula		Culpar a los demás o a sí mismo	
Dolores difusos			

* Solicite atención médica inmediatamente si experimenta dolor en el pecho, dificultad para respirar, dolor intenso o síntomas del estado de shock (respiración superficial, pulso rápido o débil, náuseas, temblores, palidez y sudoración, confusión y dilatación de las pupilas).

Información Adicional

Preparación para el desastre, Respuesta y Recuperación, SAMHSA ofrece a las comunidades y socorredores recursos de salud del comportamiento que los ayuden a prepararse, responder y recuperarse de los desastres (En inglés). <http://www.samhsa.gov/disaster-preparedness>

Línea de Vida Nacional de Prevención del Suicidio de SAMHSA. La Línea Nacional de Vida para la Prevención del Suicidio en Estados Unidos ofrece apoyo emocional confidencial sin costo para personas en crisis de suicidio o estrés emocional 24/7.

Inglés: <http://www.suicidepreventionlifeline.org>

Español: <http://www.suicidepreventionlifeline.org/gethelp/spanish.aspx>

SAMHSA Publicaciones y Recursos sobre Preparación, Respuesta y Recuperación en Desastres. (En inglés)



5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

<http://www.samhsa.gov/disaster-preparedness/publications-resources>

Preparación para la emergencia y Respuesta [En español] – Departamento de Salud y Servicios Humanos, Centro para la Prevención y Control de las Enfermedades (HHS, CDC) Esta sección en español del sitio web del CDC ofrece vínculos a preparación para las emergencias, información sobre respuesta y recursos de información.

<http://emergency.cdc.gov/es/index.asp>

Por favor mantenga la seguridad en el trabajo.

Estrés por sucesos traumáticos: Información para el personal de emergencias (continuación)

Lo que usted puede hacer en el lugar de los hechos

Prestar atención a sí mismo le ayudará a mantener su concentración en los peligros existentes y a permanecer alerta para velar por su propia seguridad. Con frecuencia el personal de socorro no está consciente de la necesidad de cuidarse y de preservar su bienestar emocional y físico, especialmente cuando las actividades de recuperación duran varias semanas. Las siguientes normas indican algunos métodos sencillos para cuidar de sí mismo. Léalas en el lugar de los hechos y nuevamente después de volver a su hogar.

- Controle su ritmo de trabajo. Las actividades de rescate y recuperación en el lugar de los hechos pueden prolongarse durante días o semanas.
- Descanse con frecuencia. Las operaciones de rescate y recuperación se caracterizan por condiciones de trabajo extremadamente peligrosas. El cansancio mental causado por el trabajo prolongado, el calor y la humedad, exponen al personal de socorro a un riesgo mayor de sufrir lesiones.
- Cuide a sus colegas. Los compañeros pueden estar concentrados en una tarea en particular y no percibir un peligro cercano o uno fuera de su campo visual.
- Preste atención a los que le rodean. El personal de socorro agotado, en situación de estrés e incluso distraído puede exponerse a sí mismo o a otros a un riesgo.
- Trate de mantener un horario lo más normal posible: es fundamental comer y dormir con regularidad. Respete el horario de trabajo y la rotación.
- Asegúrese de ingerir suficientes líquidos, como agua y jugos de fruta.
- Trate de variar su alimentación y aumentar su consumo de carbohidratos complejos (por ejemplo, pan y pastillitos fabricados con granos enteros, barras de granola).
- Siempre que sea posible, descanse en un lugar alejado del sitio de trabajo. Coma y beba en el área más limpia disponible.
- Reconozca y acepte las cosas que no puede cambiar, como jerarquía de mando, estructura organizacional, espera, averías del equipo, etc.
- Hable con otros cuando USTED lo desee. Usted decidirá cuándo desea discutir su experiencia. Discutir un suceso es como vivirlo nuevamente. Elija su propio nivel de lo que le haga sentir cómodo.
- Si su empleador decide proporcionarle apoyo psicológico formal, utilícelo.
- Deje aflorar sus sentimientos, por más negativos que sean: usted está en una situación difícil.
- Los pensamientos, sueños o recuerdos súbitos recurrentes son normales. No trate de combatirlos. Disminuirán con el correr del tiempo.
- Comuníquese con sus seres queridos con la mayor frecuencia posible.

5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

Lo que puede hacer en su hogar

Con el tiempo, sus impresiones y comprensión de su experiencia cambiarán. Este proceso varía de una persona a otra. Independientemente del suceso o de su reacción ante el mismo, a continuación se enumeran algunas acciones básicas para ayudarlo a ajustarse a la experiencia:

- Busque ayuda, la gente realmente se interesa.
- Obtenga apoyo familiar, espiritual y comunitario.
- Considere la posibilidad de llevar un diario.
- No tome decisiones trascendentales.
- Tome tantas decisiones cotidianas como sea posible para sentir que controla su vida.
- Pase tiempo con otros o a solas haciendo cosas placenteras para revigorizarse.
- Esté consciente de que puede sentir mucho miedo por los suyos. Esto es normal y desaparecerá con el tiempo.
- Recuerde que “volver a la normalidad” lleva tiempo. Reanude su rutina gradualmente. Durante algún tiempo deje que otros asuman mayores responsabilidades en su casa y lugar de trabajo.
- Esté consciente de que la recuperación no es un camino recto sino más bien dos pasos hacia adelante y uno hacia atrás. Usted avanzará.
- Aprecie su sentido del humor y el de los demás. No tiene nada de malo volver a reír.
- Su familia vivirá la tragedia junto con usted. Necesitarán apoyarse unos a otros. La ocasión requiere paciencia, comprensión y comunicación.
- Evite el consumo excesivo de medicamentos y alcohol. Usted no necesita agravar su situación con una dependencia de estas sustancias.
- Descanse bien y haga suficiente ejercicio. Aliméntese con regularidad y en forma balanceada.

DHHS (NIOSH) Publicación Número 2002-107



Anexo 2. Ejemplo: Ejercicio de Primeros Auxilios [MSHA 2013]

Ejercicio de Primeros Auxilios

Objetivos	Los miembros del equipo demostrarán cómo administrar apropiadamente los primeros auxilios en emergencias a un paciente herido (bajo tierra) y transportar al paciente de manera segura a la Base de Aire Fresco.
Materiales	<ul style="list-style-type: none">• Dispositivos• Materiales de primeros auxilios• Camilla• Otros equipos necesarios• Manual de primeros auxilios
Métodos de Entrenamiento	<ul style="list-style-type: none">• Guiado por el instructor• Práctico
Evaluaciones de Entrenamiento	<ul style="list-style-type: none">• Demostración• Verificación de competencias• Revisión de desempeño

Discusión de la Actividad:

Su equipo puede necesitar la aplicación inmediata de primeros auxilios en emergencias durante la exploración, combatir un incendio, u otro trabajo en la Base de Aire Fresco o en camino a esta. La atención de primeros auxilios será necesaria por las heridas a miembros de la cuadrilla, a personas rescatadas que están siendo transportadas o por las heridas que una persona rescatada tenga al momento de ser encontrada.

- La atención de primeros auxilios en camino a la Base de Aire Fresco se encarga de las **lesiones graves** o las lesiones que puedan volverse potencialmente mortales durante el transporte a la Base de Aire Fresco.
- **Las lesiones leves** deberán ser atendidas por el equipo después del transporte inmediato a la Base de Aire Fresco (“Cargue y Traslado”).

Descripción de la Actividad:

- Mientras tengan puesto y estén utilizando un equipo de respiración, los miembros del equipo encontrarán un paciente lesionado, durante la exploración en camino a la Base de Aire Fresco.
- Indíquelo al equipo que cuidadosamente realice las evaluaciones iniciales de las heridas del paciente.
- Después de hacer las evaluaciones iniciales, los miembros del equipo prestarán los primeros auxilios en emergencia y tratarán todas las lesiones graves de inmediato, según sea necesario.
- El equipo estabilizará al paciente y luego lo transportará de manera segura de regreso a la Base de Aire Fresco con el fin de completar el tratamiento de primeros auxilios requeridos para transportarlo a un hospital.

Puntos de Discusión con relación a los Primeros Auxilios:

Aislamiento de Sustancias Corporales (BSI, por sus iniciales en inglés)

- La protección de todo el personal de salvamento minero es **sumamente importante**. Los procedimientos básicos de primeros auxilios pueden exponer a los socorredores a amenazas biológicas potenciales, como agentes patógenos en la sangre. Se deberán tomar precauciones durante el uso de las medidas de Aislamiento de Sustancias Corporales (**BSI**).
- La primera línea de protección en el BSI es por medio del uso de guantes protectores efectivos por parte de los socorredores. Los guantes proporcionan una barrera entre las manos y la contaminación.

NOTA PARA EL INSTRUCTOR: Siempre utilice guantes nuevos, limpios o estériles inmediatamente antes de tocar las membranas mucosas del paciente. Debe haber elementos de protección personal libres de látex a disposición de los miembros del equipo.

Respiración Asistida

- Los miembros del equipo deberán estar entrenados y en capacidad de proporcionar respiración asistida a las personas que no estén respirando o que requieran asistencia respiratoria (hay varias opciones existentes y disponibles).
- Si la persona se encuentra en un ambiente **respirable** (en donde los miembros del equipo puedan estar sin máscara), hay métodos disponibles como respiración boca a boca, boca a nariz, etc. que pueden resultar exitosos.

NOTA PARA EL INSTRUCTOR: Los miembros del equipo deberán protegerse utilizando un dispositivo de barrera como una máscara de bolsillo con una válvula unidireccional. Estas mascarillas son suaves, plegables y lo suficientemente pequeñas como para ser cargadas en un bolsillo.

- Si la persona herida es encontrada en un ambiente **irrespirable** (en la que los miembros del equipo deban permanecer con oxígeno), se podrá utilizar un resucitador manual de respiración asistida o un dispositivo similar.

NOTA PARA EL INSTRUCTOR: Es sumamente importante que los miembros del equipo estén entrenados en el uso y cuidado de este tipo de dispositivos.



- Otras opciones de respiración asistida han sido utilizadas en el pasado y aún están disponibles, tales como la Unidad Auto-rescatadora (SCSR, por sus iniciales en inglés) o un Equipo de Respiración Autónomo (SCBA).

NOTA PARA EL INSTRUCTOR: Estos dispositivos solo son efectivos en personas que respiren por sí mismas.

Evaluación del Ejercicio de Primeros Auxilios: Utilice la lista de verificación para evaluar el desempeño de cada uno de los miembros del equipo. Asegúrese de incluir cualquier problema enfrentado por el equipo.

El equipo:	#1	#2	#3	#4	#5	#6
1. ¿Evaluó de manera apropiada y segura la escena en la que se encontró el paciente?						
2. ¿Hizo todas las revisiones de seguridad antes de evaluar al paciente?						
3. ¿Comunicó toda la información relevante a la Base de Aire Fresco?						
4. ¿Siguió todos los pasos necesarios para evaluar al paciente (evaluación inicial)?						
5. ¿Prestó los primeros auxilios con base en la evaluación correcta?						
6. ¿Estabilizó al paciente para su transporte a la Base de Aire Fresco?						
7. ¿Transportó de manera segura al paciente a la Base de Aire Fresco?						
8. ¿Completó los primeros auxilios en la Base de Aire Fresco de manera que el paciente fuera estabilizado para ser transportado a un hospital?						

5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

Ejercicio de Primeros Auxilios

REVISIÓN y RESUMEN

Usted:

- ¿Revisó los aspectos negativos y positivos de la actividad?
- ¿Alentó a los miembros del equipo para que hicieran preguntas?
- ¿Permitió tiempo para la discusión?

Comentarios o Problemas:

Recomendaciones para Entrenamientos Futuros:



5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

Anexo 3. Guía para Entrenamiento de Salvamento Minero – Carbón: Rescate de Sobrevivientes y Recuperación de Cuerpos Módulo 6 [MSHA 2013]

Objetivos de este Módulo

Proporcionar al equipo de salvamento minero con procedimientos recomendados para rescatar a los sobrevivientes y recuperar los cuerpos después de un desastre minero.

Los miembros del equipo deberán:

- X Describir los factores que le ayudarán a determinar la ubicación de posibles sobrevivientes durante una emergencia en la mina.
- X Describir el procedimiento apropiado para ingresar a una cámara de refugio o una barricada detrás de la cual se pueden encontrar los sobrevivientes.
- X Tener en cuenta la posible condición física de los sobrevivientes durante la emergencia minera.
- X Describir los procedimientos apropiados para transportar a los sobrevivientes fuera de la mina.
- X Describir los procedimientos apropiados para marcar las ubicaciones e identidades de los cuerpos hallados.
- X Tener en cuenta las posibles condiciones encontradas al momento de recuperar los cuerpos después de un desastre en la mina.
- X Describir los procedimientos apropiados para extraer, desinfectar y etiquetar los cuerpos, y ubicarlos en bolsas para cadáveres después de un desastre en la mina.

Materiales del Curso

Requeridos:

- X Papel y lápiz para cada miembro del equipo
- x IG7a – Actividades de Entrenamiento de Habilidades Avanzadas para Equipos de Salvamento en Minas de Carbón

NOTA PARA EL INSTRUCTOR: Además de estos materiales, se recomienda incorporar cualquier otro material de instrucciones actualizado adicional para el salvamento minero, folletos y/o métodos que aumenten la efectividad y retención del entrenamiento.

Esquema del Curso

I. Introducción

II. Rescate de sobrevivientes

A. Ubicar a los sobrevivientes

B. Apertura de Cámaras de Refugio, Alternativas de Refugio o Barricadas

C. Sobrevivientes Heridos

1. Sistema de Triage

2. Factores psicológicos

D. Sacar a los Sobrevivientes

1. Mineros encontrados en áreas abiertas

2. Mineros encontrados detrás de barricadas

III. Recuperación de cuerpos

A. Ubicar los cuerpos y marcar el área

B. Condición de los cuerpos

C. El Manejo de los Cadáveres

D. Familias Sobrevivientes



Notas del Instructor y Lectura Sugerida

Introducción

Esta sesión de capacitación es sobre cómo rescatar sobrevivientes y recuperar cadáveres de una mina en la que haya ocurrido un desastre. Rescatar sobrevivientes podría ser la parte más gratificante de su trabajo como miembro del equipo de salvamento minero, mientras que recuperar cadáveres es una tarea que todos esperan no enfrentar nunca.

No es fácil prepararse emocionalmente para estas dos tareas. Sin embargo, al aprender lo que usted puede ver y las condiciones que puede encontrar durante este tipo de trabajo, usted debería estar mejor preparado para manejar la situación.

Rescate de sobrevivientes

Ubicar a los sobrevivientes

Antes de entrar a una mina a buscar mineros perdidos, hay varias preguntas para las que usted debería tener respuestas.

1. ¿Cuántos mineros están perdidos?
2. ¿En qué sección o secciones se supone que estaban trabajando?
3. ¿En dónde están las rutas de escape de la mina?
4. ¿Dónde están ubicadas las alternativas de refugio o las cámaras de refugio?
5. ¿En dónde es probable que estén los mineros para protegerse en una barricada?
6. ¿Hay algún pozo de perforación de ventilación en el área en donde los mineros pudieran ir a tomar aire fresco?

Los sobrevivientes se pueden encontrar en pasillos abiertos, tal vez junto a las rutas de escape, heridos o con incapacidad para caminar fuera de la mina. Ellos pueden estar atrapados detrás de escombros u otras obstrucciones, o atrapados bajo una pieza de equipo o escombros. Ellos pueden estar en un refugio alternativo, cámara de refugio o pueden haber hecho una barricada ellos mismos en un área con aire fresco.

Cuando usted busca sobrevivientes, es importante **observar** y **escuchar** para obtener pistas. Los mineros que levantaron una barricada en un área normalmente intentarán dejar indicaciones de dónde están atrincherados para ayudar a los socorredores a encontrarlos. Por ejemplo, ellos pueden poner una nota en un cubo de comida o pueden dibujar una flecha a los lados o marcar un riel para indicar en qué dirección deben buscar los socorredores.

Afuera de la alternativa de refugio o barricada, los mineros atrapados probablemente escribirán cuántas personas hay adentro de la cámara o barricada y la hora y fecha en la que entraron. Otra pista para observar serían los artículos de ropa o posesiones, como la maleta o funda del respirador de rescate, tirados en el camino.

Mientras que ubicar algo como esto no indicaría la dirección en la que están viajando los sobrevivientes, mostraría que alguien ha estado en esa área. En algunas instancias, los equipos podrán encontrar huellas frescas (en el polvo de una explosión o en polvo de roca en áreas raramente transitadas) que indiquen la dirección que tomaron los sobrevivientes.

5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

Cuando **escuche** en la búsqueda de pistas, usted debe estar alerta por cualquier sonido, como voces o palpitaciones en rieles o tuberías. Cuando los sobrevivientes sean localizados, su ubicación, identidad (si es posible) y su condición deben ser reportadas inmediatamente al centro de comando. El centro de comando puede enviar entonces un equipo de respaldo con algún equipo que pueda ser necesario, como camillas o aparatos respiratorios. Así mismo, cuando se ubiquen los sobrevivientes, la ubicación, hora y fecha se deben marcar en el mapa de la cuadrilla y en la saliente en donde fueron encontrados.

Apertura de Cámaras de Refugio, Alternativas de Refugio o Barricadas

Cuando haya ubicado una alternativa de refugio (RA), cámara de refugio o barricada, intente determinar lo más rápido posible si los mineros que están adentro siguen vivos o conscientes. Haga esto estableciendo una comunicación verbal o creando ruidos para que los que están adentro respondan. Si usted no obtiene una respuesta no asuma que los mineros están muertos; ellos podrían estar inconscientes.

Si usted **obtiene** una respuesta, intente averiguar cuántos mineros están adentro y su condición. Entonces usted tendrá una mejor idea de qué suministros médicos puede necesitar cuando los alcance. Pregúnteles si han usado sus respiradores de rescate y hace cuánto están adentro.

El procedimiento más seguro para sacar a los sobrevivientes normalmente es potenciar el aire fresco a la barricada por el medio más rápido posible. Una vez entre el aire fresco, la barricada se puede abrir. Sin embargo, algunas veces puede ser necesario rescatar a los sobrevivientes antes de que el aire fresco pueda llegar a ellos.

Por ejemplo, el aire fresco no puede llegar a los sobrevivientes si hay un incendio que se está expandiendo y moviendo en su dirección. En estos casos, se debería establecer una trampa de aire afuera de la cámara de refugio o barricada antes de que se abra.

El centro de comando determinará si dejar entrar aire fresco o construir la trampa de aire. El centro de comando tomará esta decisión con base en todas las condiciones existentes en el área y en la información que esté disponible sobre la condición de los sobrevivientes. Si se decide establecer una trampa de aire, el equipo tendrá que construir un tabique de aislamiento con una puertecilla en él, lo más cerca posible a la barricada.

Se debería intentar una trampa de aire pequeña con el fin de reducir la cantidad de aire contaminado que entrará a la cámara de refugio o barricada una vez abierta.

La trampa de aire debe ser lo suficientemente grande para permitirles a todos los miembros de la cuadrilla que se muevan cómodamente y para permitir que todos los equipos necesarios quepan, como las camillas.

Una vez esté construido el tabique de aislamiento, la cámara o barricada se puede abrir. Una apertura lo suficientemente grande para permitir que los miembros del equipo y una camilla entren en la barricada y esta se cubra inmediatamente con una lona para mantener el aire lo más seguro posible.

Cuando alguna persona pase por la trampa de aire, se deben hacer el mayor esfuerzo para permitir que entre la menor cantidad de aire exterior posible.

Sobrevivientes Heridos

Luego de que los sobrevivientes hayan sido encontrados en la mina, el siguiente paso es llevarlos a un lugar seguro y con aire fresco lo más rápido posible. En algunos casos, los sobrevivientes podrán necesitar tratamientos de primeros auxilios de emergencia antes de que puedan ser transportados.



5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

Se debe tener precaución por medio del uso de las Precauciones de Aislamiento de Sustancias Corporales (BSI). Un medio simple y efectivo de protección se puede lograr por medio del uso de guantes de protección por parte de los trabajadores de salvamento. Los guantes proporcionan una barrera entre la mano y la contaminación. Los guantes se ponen:

- Inmediatamente antes de tener contacto con alguna membrana mucosa del paciente.
- Inmediatamente antes de tener contacto con la piel no intacta de algún paciente.
- Al realizar procedimientos de acceso vascular.
- Para evitar cualquier contacto con sustancias corporales húmedas.
- Al manejar o tocar superficies o elementos contaminados con sustancias corporales.

Las precauciones de control de infección efectivas dan protección tanto a los pacientes como a los trabajadores de salvamento. Siempre que se usen precauciones para proteger a los trabajadores de salvamento (es decir, ponerse guantes para tocar membranas mucosas de un paciente), el impacto sobre el paciente debe ser considerado y se debe cumplir con la protección (es decir, usando guantes frescos, limpios y estériles inmediatamente antes de tocar las membranas mucosas del paciente). El equipo de protección personal libre de látex está disponible.

NOTA: Los procedimientos de primeros auxilios no están cubiertos en este módulo. Hay varios programas ya disponibles para enseñar primeros auxilios. Refiérase a estos programas cuando sea necesario.

Sistema de Triage

Cuando se hayan ubicado varios sobrevivientes que han sufrido traumas físicos y/o psicológicos, el orden adecuado de prioridad de las víctimas podrá significar la diferencia entre la vida y la muerte. Este orden de víctimas es conocido más comúnmente como un sistema de "Triage".

Los sobrevivientes pueden ser categorizados en tres grupos de prioridad de acuerdo con su condición o sus heridas:

1. Ejemplos de condiciones de primera prioridad
 - a. Problemas de vías respiratorias o de respiración
 - b. Hemorragia grave
 - c. Shock o conmoción profundo
 - d. Inconsciencia
 - e. Quemaduras de segundo grado que cubren más del 30 por ciento del cuerpo
 - i. Quemaduras de tercer grado que cubren más del 10 por ciento del cuerpo o involucran manos, pies o cara
 - f. Inhalación de gases tóxicos
 - g. Desmembramiento
 - h. Dolores de pecho
 - i. Heridas graves en la cabeza
2. Ejemplos de condiciones de segunda prioridad
 - a. Laceraciones múltiples
 - b. Fracturas múltiples
 - c. Quemaduras de segundo grado que involucren del 15 al 30 por ciento del cuerpo
 - d. Quemaduras de tercer grado que cubran menos del 10 por ciento del cuerpo (sin incluir manos, pies y cara).
 - e. Shock o conmoción moderado
 - f. Agotamiento por calor moderado
 - g. Dolores de espalda con o sin lesiones vertebrales
3. Ejemplos de condiciones de tercera prioridad o baja
 - a. Histeria leve
 - b. Abrasiones
 - c. Hemorragia leve
 - d. Quemaduras de primer grado de menos del 20 por ciento del cuerpo (sin incluir cara, manos ni pies)
 - e. Quemaduras de segundo grado que involucren menos del 10 por ciento del cuerpo
 - f. Quemaduras de tercer grado que involucren menos del 2 por ciento del cuerpo
 - g. Brazo, mano o pie fracturado
 - h. Agotamiento por calor leve
 - i. Evidentemente fallecido (DOA)

Se recomienda que un técnico médico de emergencias (EMT) haga parte del equipo de salvamento cuando los mineros estén heridos, ya que él o ella tiene el entrenamiento para determinar el alcance de las heridas, especialmente si hay varias personas heridas.

Idealmente, el servicio médico de emergencia establecido en superficie deberá incluir un médico bajo tierra en el centro de comando. Este médico se podría comunicar con el EMT o miembro del equipo que esté atendiendo a los heridos. Esto es especialmente útil para aquellas víctimas que necesitan atención médica inmediata.

Si usted encuentra a un sobreviviente que tenga escombros pesados en el abdomen, área pélvica o en las piernas, usted debe ser extremadamente cuidadoso cuando remueva los escombros. El socorridor debe ver que la presión sanguínea de la víctima en el área crítica ha sido mantenida por la presión del escombros. Una vez se remuevan los escombros, la presión sanguínea de la víctima puede bajar rápidamente, lo cual puede resultar rápidamente en la muerte. Si usted encuentra este tipo de heridas, usted debe pedir instrucciones de la superficie sobre cómo mantener la presión sanguínea de la víctima. En todos los casos, cuando sea posible, las víctimas deberán ser estabilizadas antes de ser extraídas.

Una cosa para recordar al tratar con alguna herida es estar lo más tranquilo posible. Algunas veces al enfrentarse a una vista espantosa o inquietante, la mejor cosa por hacer es tomar aire y seguir respirando completamente y profundamente hasta que se termine el trabajo. Esto también ayuda a intentar concentrarse en el hecho que lo que usted está haciendo es un “trabajo” y ese “trabajo” está ayudando a alguien más a seguir con vida.

Factores psicológicos

Psicológicamente, cuando los sobrevivientes son hallados, su comportamiento puede estar entre temor e histeria incontrolable.

La mejor forma de liberar el estrés psicológico en los sobrevivientes es intentar comunicarse con ellos lo más pronto posible. Más importante aún, la comunicación debe ser continua. Si ellos pierden comunicación con el equipo de salvamento, ellos se podrán sentir abandonados e intentarán escapar al aire fresco incluso si no es seguro. Si usted ubica a un sobreviviente que está actuando de forma irracional, puede ser necesario restringirlo con el fin de protegerlo para que no se lesione.

Nota: Usted puede querer mencionar que ha habido situaciones en el pasado en donde los sobrevivientes han tratado de arrancar la careta de un miembro del equipo. Igualmente, ha habido casos en donde los miembros del equipo de salvamento se han puesto en peligro ellos mismos por arrancar inconscientemente sus caretas para darle oxígeno a un sobreviviente mientras hay aire de mala calidad.

Independiente de si los sobrevivientes están mostrando signos de histeria, ellos no se pueden dejar solos nunca. Usted debe hacer todos los esfuerzos para asegurarles que recibirán ayuda. Los sobrevivientes nunca deben tener permitido caminar por sí mismos incluso si parecen estar en buenas condiciones. Ellos necesitarán su asistencia y apoyo al abandonar la mina. Usted puede incluso necesitar restringir a una persona para prevenir que “huya” al aire fresco cuando se esté acercando.

Sacar a los Sobrevivientes

Mineros encontrados en áreas abiertas

Si los sobrevivientes son encontrados en aire contaminado o cuestionable, ellos necesitarán tener protección respiratoria si son transportados al aire fresco. Si un sobreviviente está en capacidad de caminar, él o ella deberá estar ubicado entre dos miembros del equipo de salvamento y ser guiado(a) al aire fresco. Si la persona no puede caminar, se tendrá que usar una camilla para sacar a esa persona.

5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

Mineros encontrados detrás de barricadas

Si los sobrevivientes encontrados detrás de una barricada pueden caminar, se les deberá suministrar los aparatos respiratorios necesarios y ser asistidos hasta el aire fresco. Si ellos no pueden caminar, tendrán que ser llevados en camillas.

Cuando varios sobrevivientes son encontrados detrás de una barricada, probablemente se enviará a un equipo de respaldo para facilitar el esfuerzo de salvamento y sacar a todas las personas al mismo tiempo.

De otro modo, el equipo tendrá que sacar a los sobrevivientes en camillas uno a la vez. El procedimiento para sacar a los sobrevivientes uno por uno es el siguiente:

- x La camilla debe ser llevada a la barricada y se debe verificar para asegurar que soportará el peso de una persona.
- x La persona que será sacada primero debe tener la protección respiratoria necesaria y debe ser cargada cuidadosamente en la camilla.
- x El equipo de salvamento entonces debe cargar la camilla a través de la trampa de aire y proceder hasta el aire fresco por la ruta más corta y más rápida.
- x Se debe hacer cualquier esfuerzo durante este proceso para prevenir que el aire irrespirable entre a la barricada.

Este proceso para sacar a los sobrevivientes se debe repetir hasta que todos los mineros sean llevados al aire fresco.

Recuperación de cuerpos

Ubicar los cuerpos y marcar el área

Cuando un equipo ubica un cuerpo, el procedimiento usual es reportar la ubicación al centro de comando. Usted también debe marcar la ubicación y posición del cuerpo en el mapa y en el techo o pared cercana al cuerpo. Se sugiere que un miembro del equipo haga el contorno del cuerpo con tiza o pintura en el piso o que por lo menos marque en donde está la cabeza y los pies. Si el piso está muy fangoso para marcar, usted debe dibujar la posición del cuerpo en una pieza de papel o en el mapa de la mina si hay más de un cuerpo, usualmente se da un número para identificar a cada uno. Este número también debe estar marcado en el mapa y en el techo o pared cerca al cuerpo.

Cuando un cuerpo se encuentra primero, se deben hacer todos los esfuerzos para no perturbar la evidencia en el área. La evidencia será importante en las investigaciones posteriores. Usualmente, el primer equipo que descubre un cuerpo no es el equipo que realmente hace el trabajo de recuperación del cuerpo. La recuperación de cuerpos puede esperar hasta que haya aire fresco o se puede tomar la decisión de sacar los cuerpos inmediatamente. De cualquier forma, se enviará un equipo nuevo para hacer el trabajo.

Condición de los cuerpos

Recuperar cadáveres es una tarea sombría y difícil para los socorredores y es incluso peor cuando ha habido cierta esperanza de encontrar a los mineros vivos. Los equipos deben saber sin embargo que, para los cónyuges y demás miembros de la familia involucrados, es importante poder enterrar a sus seres amados.



Recuperar cadáveres es un trabajo que todos esperan no enfrentar nunca. Desafortunadamente, hay poco que prepare a los socorredores para lo que ellos van a encontrar. En algunos casos, los cadáveres no tendrán heridas obvias, mientras que otros pueden estar seriamente quemados o desfigurados, o incluso desmembrados.

Si los cadáveres no son recuperados luego de la muerte, ellos se empezarán a descomponer. Además de la repugnante que resulta un cuerpo descompuesto, también habrá un hedor por la putrefacción de la piel y otras partes del cuerpo. En operaciones de recuperación pasadas, los equipos han elegido usar aparatos respiratorios incluso cuando ellos estaban trabajando en aire de buena calidad, con el fin de evitar el olor.

Usted debe esperar ver cosas desagradables al recuperar cuerpos. Luego de la muerte, el cuerpo experimenta varios cambios y etapas de descomposición.

Algunos de los factores que influyen el deterioro del cuerpo y los cambios que ocurren son:

1. **Temperatura ambiente** – Un cuerpo a temperaturas heladas se puede preservar durante semanas.

Un cuerpo a 70^o F (21^o C) o más se descompondrá más rápido. Qué tan rápido se empieza a descomponer el cuerpo, dependerá de la temperatura en el área.

La temperatura en una mina de carbón usualmente es de 50 a 60 grados F (10 a 15.5 grados C). Por lo tanto, la putrefacción (descomposición) podría comenzar 10 o 12 horas luego de la muerte.

Las partes de un cuerpo que estén expuestas al aire se descompondrán más rápido que las partes que están cubiertas, por ejemplo, por ropa. Usted puede encontrar un cuerpo tumbado boca arriba y la cara estará bastante descompuesta, pero la parte trasera de la cabeza que estaba en contra del piso aún tiene cabello.

2. **Tamaño del cuerpo** – Entre más musculosa la persona, más rigor mortis (rigidez de los músculos esqueléticos) se desarrollará, probablemente dentro de 4 a 8 horas. Entre más obesa sea la persona, más tiempo tomará antes de que se desarrolle el rigor mortis, probablemente dentro de 6 a 10 horas. Sin embargo, una persona obesa comenzará el proceso de putrefacción (descomposición) más rápido que una persona musculosa.

3. **Fluido corporal** – El 80% del cuerpo está compuesto por líquidos. Durante la descomposición, el fluido se descompone y crea presión de gas. El fluido puede ser expulsado por la boca, nariz, oídos u otros orificios. Se formarán burbujas bajo la piel y harán que el cuerpo se hinche. Algunos cuerpos recuperados luego de un desastre en una mina han estado tan hinchados que la ropa se empieza a romper.

El cuerpo debe ser manejado muy cuidadosamente o la piel se puede romper. Si el socorredor no es cuidadoso con el manejo de un cuerpo, la piel se puede arrancar. En algunos casos, la piel se ha arrancado realmente de la mano y se asemeja a un guante, completa con uñas y pliegues en los nudillos.

4. **Olor** – Probablemente no habrá ningún olor a descomposición durante las primeras 4 a 8 horas luego de la muerte. Una vez comience el proceso de putrefacción, también lo hará el olor. El olor es el resultado de la descomposición y los gases que se escapan del cuerpo. Cuando un cuerpo se mueve, el olor se vuelve más fuerte. Cuando el cuerpo es sacado de la mina en un aire seco, tibio, el olor es abrumador.

En general, un cuerpo que sufrió traumas físicos sustanciales, por ejemplo, como resultado de un desprendimiento de rocas, se descompondrán más rápido y tendrán mucho más hedor que el cuerpo de una persona que murió por gases tóxicos. Además, un cuerpo que sufrió lesiones abdominales o genitales olerá peor que el cuerpo de una persona que solo tenga heridas en la cabeza.

En la medida que usted use su aparato respiratorio autosuficiente mientras recupera los cuerpos, usted no se verá afectado por los hedores. Usar un pañuelo alrededor de la cara no detendrá el fuerte olor a descomposición.

5. **Color del cuerpo** – El cuerpo muerto se volverá oscuro cuando la sangre se acumule. Si la víctima está tumbada boca abajo, la frente del cuerpo estará oscura. Sin embargo, si el accidente de la mina es el resultado de una explosión, la víctima podrá estar cubierta con hollín y la decoloración puede que no sea tan aparente.

5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

6. **Agua, ahogamiento** – Si un cuerpo está en agua fría, permanecerá en una condición casi perfecta durante 2 o 3 días. Entonces, éste comenzará a hincharse. Luego de sacar el cuerpo fuera del agua y exponerlo al aire, éste comenzará a descomponerse casi inmediatamente.

7. La mayoría de las veces el cuerpo permanecerá bajo el agua durante los primeros 2 días y entonces flotará. El cuerpo flota por los gases que se acumulan en el cuerpo.

Todas estas son cosas desagradables con las que el equipo tendrá que lidiar. Algunos miembros del equipo probablemente podrán afrontar mejor la recuperación de cuerpos que otros. A menudo en el pasado, equipos compuestos por voluntarios fueron enviados dentro para hacer el trabajo de recuperación de cadáveres. El equipo voluntario puede ser un grupo particular o puede estar compuesto por miembros de diferentes equipos.

Los socorredores, especialmente aquellos que recuperan cadáveres por primera vez, podrán empezar a sentirse enfermos o preocupados. El mejor consejo para usted es que intente trabajar con una actitud formal y profesional. La mayoría de sus reacciones a la situación serán desde sus sentidos de vista y olfato. Intente sobrepasar estas reacciones sensoriales.

Sin embargo, una reacción que lo puede ayudar es la producción de adrenalina de su cuerpo. La adrenalina es una hormona que hace parte del sistema de defensa natural del cuerpo. Ésta puede ser producida en una fracción de segundos y ayudará a hacer frente extraordinariamente bien a situaciones traumáticas o miedosas. La adrenalina estimula el corazón y aumenta la fuerza y resistencia muscular. Así que, si usted tiene un montón de adrenalina, usted se puede encontrar más fuerte y valiente de lo que usted pensó que sería.

Si usted sabe que no puede resistirlo, no intente engañarse. Sentirse con náuseas con su aparato puesto no es seguro. Si usted está en un aire inseguro y usted vomita en su careta, usted no podrá quitarse su careta. Así que, sea honesto y deje que el capitán de su equipo sepa si usted está experimentando náuseas que no puede controlar. Tenga en mente que incluso algunos de los mejores miembros del equipo de salvamento han tenido dificultades en el pasado lidiando con cadáveres. Si usted se desmaya o se indispone, usted se volverá un perjuicio para su equipo.

El Manejo de los Cadáveres

Normalmente, cuando los cuerpos son sacados de una mina, ellos son ubicados en bolsas de cadáver de caucho y son sacados en camillas. Si las bolsas de cadáver no están disponibles, los cuerpos pueden ser envueltos en una lona para tabiques de ventilación o en lonas.

No examine la ropa de la víctima buscando posesiones personales a menos que usted tenga la aprobación del capitán del equipo. No se debe remover nada de un cuerpo a menos que sea en presencia de testigos y luego de que se haga un registro escrito del material removido.

Usualmente, todas las pertenencias personales como un envase para el almuerzo, lámpara y el respirador de rescate, se sacan con el cuerpo. Esto es importante, ya que los mineros, especialmente aquellos que crearon barreras entre ellos, pueden haber escrito notas para sus seres queridos en sus envases de almuerzos o en otros elementos personales.

La ubicación de estos elementos debe estar marcada en el mapa de la mina y en el techo o pared. Así mismo, si la ubicación y posición del cuerpo y el número de identificación no han sido marcadas ya en la mina y en el mapa de la mina, esto lo debe hacer el equipo de recuperación de cadáveres antes de remover el cuerpo. Se debe adjuntar a cada bolsa de cadáver una etiqueta que muestre el número de identificación y la ubicación en la que se encontró cada cuerpo.

Al manejar cadáveres que han estado bajo tierra por un tiempo, usted debe asegurarse de usar guantes de caucho. Así mismo, los cadáveres deben ser rociados muy bien con desinfectante antes de que usted los toque o los manipule. Este desinfectante usualmente es suministrado para los equipos.

Una de sus principales preocupaciones en el trabajo de recuperación de cadáveres es no causar un mayor daño a un cadáver en el proceso para sacarlo de la mina. Los cuerpos recuperados poco después de la muerte no presentarán muchos problemas ya que ellos no se han comenzado a descomponer. Los socorredores pueden levantar los cuerpos por



los zapatos y axilas y ubicar las víctimas en bolsas de cadáver. Pero, con los cuerpos que se han comenzado a descomponer, usted deberá tener cuidado extra. Intentar poner estos cuerpos en las bolsas de cadáver será más difícil.

Si usted hala un brazo, una pierna o un pie, se puede desprender ya que los ligamentos, músculos y tendones se han deteriorado. Parte de la piel puede permanecer en el zapato si el zapato se sale. Si la pierna se retira de la media, usted puede escuchar un chasquido. Intente ser tan suave como sea posible con estos cadáveres.

Uno de los mejores métodos para mover un cuerpo descompuesto a una bolsa de cadáver es enrollar suavemente el cuerpo en una sábana de lona o plástico que esté ubicada al lado del cuerpo.

Usted puede enrollar el cuerpo usando sus manos o una tabla o algo similar. Una vez el cuerpo esté en la lona o plástico, usted puede levantar fácilmente las cuatro esquinas de la sábana y ubicar el cuerpo, junto con la sábana, en la bolsa de cadáver.

Si usted tiene que enderezar las extremidades que están rígidas por rigor mortis con el fin de que el cuerpo quepa en una bolsa de cadáver, usted tendrá que usar algo de fuerza. Sin embargo, solo sea cuidadoso de no causar un daño innecesario al cuerpo.

En casos en donde los cuerpos estén enredados en escombros o enterrados bajo los mismos, los cuerpos tendrán que ser extraídos muy despacio. Cualquier trabajo de extracción que esté en proximidad cercana a partes de cuerpo se deberá hacer a mano para asegurar que el cuerpo no tenga daños adicionales. Si usted alguna vez encuentra una extremidad o parte de cuerpo extra, ponga esa parte en una bolsa de cadáver y marque la bolsa con lo que contiene para que después pueda ser asociado al cuerpo correcto.

Familias Sobrevivientes

Recuperar los cuerpos del muerto proporciona un cierre al estrés de los miembros de la familia. Esto permite un funeral, por medio del cual puede haber un reconocimiento comunitario al fallecimiento de un ser querido.

También es importante por razones legales y de aseguramiento. Sin un cuerpo, una familia tendría que pedirle a un tribunal que declare a la persona muerta para que cualquier proceso legal o de seguros necesario se pueda llevar a cabo. En esta medida, los equipos involucrados en la recuperación de cadáveres pueden sentir que sus esfuerzos ayudan a sobrellevar el sufrimiento y el dolor de las familias que esperan.

Preguntas de repaso: Discuta las siguientes preguntas con los miembros del equipo. Luego de que haya discutido las preguntas, concédale tiempo al equipo para hacer preguntas o para desahogar sentimientos y preocupaciones acerca de los sobrevivientes de rescate o de la recuperación de cadáveres en la mina.

1. Discuta las posibles pistas que ayudarían a los equipos de salvamento minero en la ubicación de sobrevivientes durante una emergencia en la mina.
 - a. Notas en los envases de almuerzos
 - b. Flechas dibujadas en la pared o riel
 - c. Sonidos de golpes en un riel o tubería
 - d. Cubiertas o cajas de respiradores de rescate, o respiradores de rescate desechados
 - e. Elementos personales del minero, abandonados o desechados
 - f. Evidencia de huellas en el polvo
2. Discuta información importante que el equipo de salvamento minero deba tener mientras es informado cuando los mineros estén perdidos durante una emergencia en la mina.
 - a. Número de mineros perdidos
 - b. Sección o secciones en donde estaban trabajando
 - c. Rutas de escape usadas desde esas secciones
 - d. Lugares probables en donde los mineros pueden crear barricadas
 - e. Ubicación de algún orificio de ventilación en donde los mineros pueden obtener aire fresco
3. Discuta los procesos que un equipo de salvamento usaría para entrar a una cámara de refugio o barricada en la que estén ubicados los mineros.



5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

- a. Intente establecer comunicación con los mineros.
 - b. Si es posible, permita el ingreso de aire fresco en el área.
 - c. Si el paso “b” no es posible, levante una trampa de aire antes de entrar a la cámara de refugio o barrera.
 - d. Al abrir una barricada, use una apertura tan pequeña como sea posible y cubra la abertura con una tapa para prevenir la contaminación de la atmósfera.
4. Discuta el procedimiento normal cuando se encuentra un cuerpo durante la exploración.
- a. Informe la ubicación del cuerpo al centro de comando.
 - b. Marque la ubicación y posición del cuerpo en el mapa.
 - c. Marque la ubicación en la mina.
 - d. Adjunte el número de identificación a la bolsa de cadáver.
 - e. No remueva nada del cuerpo ni de los alrededores.
 - f. Mantenga todos los objetos personales del minero con el cuerpo.

Glosario

Trampa de aire – Un área en la mina cerrada en ambos lados por puertas o por tabique de aislamiento con tapas o puertas en ellas. Se usa para prevenir una mezcla de diferentes atmósferas mientras se permite la entrada y salida de los mineros.

Barricada – Parte encerrada de la mina para prevenir la entrada de gases nocivos de un incendio o explosión en una mina. Esto se puede hacer por medio de puertas o construyendo una o más paredes herméticas usando cualquier material disponible, como rocas, madera, lona, barro, ropa, etc., para encerrar una cantidad máxima de aire respirable.

Extraer – liberar.

Histeria – Miedo incontrolable o exceso emocional.

Putrefacción – La descomposición de materia orgánica por bacterias, hongos y oxidación, que resulta en la formación de productos fétidos.

Cámara de refugio – Un cuarto hermético, resistente a los incendios en una mina, que es usado como un método de refugio en emergencias por los mineros que no pueden llegar a la superficie.

Rigor mortis – La rigidez progresiva de los músculos que ocurre varias horas luego de la muerte como resultado de la coagulación de la proteína muscular.

Trauma, físico – Lesión a tejidos vivos.

Trauma, psicológico – Estado conductual o psíquico desordenado de estrés mental o emocional o lesión psicológica.

Triage – Sistema de asignación de prioridades de tratamientos médicos a las personas heridas.



Anexo 4 Ejemplo de Formato Planificación de Turnos

Formato de Lista de Socorredores ANM		Fecha	
Nombre (Apellido, Primer Nombre, Segundo Nombre)	Fecha de Nacimiento	Número de Identificación	Género
	___/___/___		M__ F__
Dirección/Calle	Ciudad	Departamento	Código Postal
Correo electrónico	Celular/Número de Contacto	¿Podemos contactarlo después de un evento?	
Nombre y Número de contacto de la persona que sabrá dónde estará usted en 6 meses			
Empleador u Organización	Nombre del Supervisor	Número de Contacto	
¿Cuál es su TRABAJO usual?	¿Cuántos años lleva en este trabajo?	¿Es usted un socorredor?	¿Cuántos años lleva como socorredor?
Asignación(es) de Trabajo de Respuesta			
¿Cuáles son sus responsabilidades en su trabajo?	¿Ha experimentado alguno de los siguientes?	¿Qué entrenamiento ha recibido?	
		Primeros Auxilios - Básico	
	Dolor en el pecho	Primeros Auxilios - Avanzado	
	Dificultad para respirar	Estrés por Incidente Traumático	
	Dolor severo	Primeros Auxilios Psicológicos	
¿Ha estado expuesto a materiales peligrosos? Sí__ No__ Si la respuesta es sí, describa a continuación.	Síntomas de shock	Transporte de Víctimas	
	Ansiedad	Aislamiento de Sustancias Corporales	
	Aflicción después de una emergencia	Respuesta Básica (11 días)	¿En qué año?
	Recuerdos repentinos	Actualización	¿Hace cuántos meses?
¿Dónde estaba asignado para trabajar?	Fuertes reacciones a heridas	Asistente de Rescate	¿Hace cuántos meses?
	Contacto con fluidos corporales sin protección	Técnico	¿Hace cuántos meses?
		Detector de gases, presión, flujo	
¿Cuántas veces ingresó a la mina?		BG 4	



5. Psicología en la Atención de una Emergencia Minera

		Resucitador	
¿Cuántas veces utilizó un BG4?	¿Usted fuma?	Primeros Auxilios Simulados	
		Caída del techo y soportes	
¿Se le realizó una prueba de ajuste de la máscara?	¿Qué vacunas tiene?	Víctimas atrapadas	
Sí ___ No ___ ¿En el último año?	Tétano ___ ¿Cuándo?	Equipo de comunicaciones	
¿Que otro EPP ha utilizado?	Hepatitis A	Condiciones calientes y húmedas	
Casco de seguridad y botas con punta de acero ___	Hepatitis B	Atmósferas irrespirables	
Gafas de Seguridad ___	Polio	Extinción de Incendios	
Protección Auditiva ___	Otros	Exploración bajo humo	
Guantes ___, tipo ___	Otros	Construcción de un aislamiento a prueba de explosiones	
<p>He leído y entiendo que esta información será utilizada para coordinar rescates de emergencia y hacer seguimiento a mi entrenamiento, salud y despliegues.</p> <p style="text-align: right;">Firma <input type="text"/></p>			