

GUÍA DE SEGURIDAD PARA VENTILACIÓN DE MINAS SUBTERRÁNEAS



GUÍA DE SEGURIDAD PARA VENTILACIÓN DE MINAS SUBTERRÁNEAS

Año de publicación:
2017

Lugar y fecha de la edición:
Bogotá, Diciembre de 2017

Apoyo y Revisión:
**Agencia Nacional de Minería, Sena, Ministerio de Trabajo y
Ministerio de Minas y Energía**

“PORQUE LO BUENO DEBE SER PARA TODOS”

ÁLVARO VÉLEZ MILLÁN

Presidente Positiva Compañía de Seguros S.A.

GLORIA MARÍA MORGAN TORRES

Vicepresidenta de Promoción y Prevención

FRANCISCO ORTIZ LEMOS

Gerente de Investigación y Control del Riesgo

HUGO RAMÓN VÁSQUEZ NIÑO

Gerente de Administración del Riesgo

SALIN EDUARDO AVELLANEDA PINZON

Líder de Programas y Productos

JOSÉ ALFREDO GUIO GARZÓN

Líder Unidad Estratégica de Prevención Sector Minero

HENRY AMARIS JACOME

Líder Línea de Acción Positiva Comunica

Todos los derechos reservados de Positiva Compañía de Seguros S.A. Se prohíbe la reproducción o copia total o parcial de este material sin expresa autorización. Se prohíbe la venta de este material, ya que es un producto técnico educativo realizado para las empresas afiliadas al Sistema General de Riesgos Laborales.

ISBN XXXXXXX



MISIÓN

“Protegemos integralmente a las personas y a sus familias con un equipo humano competente y comprometido, ofreciendo soluciones de aseguramiento y prevención para generar valor a la sociedad”.

VISIÓN

Ser la compañía líder en seguros de personas, reconocida por la calidad de sus servicios.

GUÍA DEL EMPLEADOR

Esta guía está dirigida a los responsables de Seguridad y Salud en el Trabajo, a los gerentes, administradores y trabajadores de las empresas del sector que desarrollan actividades en minería subterránea.

En el desarrollo de dichas actividades, los trabajadores están expuestos a condiciones de trabajo peligrosas que generan accidentes con consecuencias graves como pueden ser: la muerte, su incapacidad temporal o permanente, la destrucción parcial o total de la mina, daños en equipos e instalaciones o daños al medio ambiente.

Las actividades desarrolladas en el marco del convenio 273 de 2015, propenden por aunar esfuerzos para la reducción de la accidentalidad en las empresas del sector minero, lo cual permite efectuar un diagnóstico de estas condiciones de trabajo y un análisis de los riesgos presentes en este sector.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. ASPECTOS GENERALES	6
1.1 Objetivo	6
1.2 Normativa vigente	6
1.3 Justificación	7
1.4 Alcance	7
2. VENTILACIÓN DE MINAS	8
2.1 Definición	8
2.2 Ventilación y atmósfera minera	9
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MÉTODOS DE VENTILACIÓN DE MINAS SUBTERRÁNEAS	10
3.1 Ventilación natural	10
3.2 Ventilación auxiliar	10
4. PROGRAMA DE GESTIÓN EN LA VENTILACIÓN DE MINAS	13
4.1 Requerimientos generales de un sistema de ventilación en minas	13
4.2 Estudio técnico de la ventilación de minas	13
4.3 Diseño de la ventilación de la mina	14
5. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA LA MEDICIÓN DE GASES	15
5.1 Procedimiento para la medición de gases	15
5.2 Mediciones de la humedad	16
5.3 Medida de la temperatura en las minas	17
5.4 Prevención de las explosiones	17
6. RECOMENDACIONES GENERALES	24
7. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	25
8. BIBLIOGRAFÍA	27
9. GLOSARIO	28

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
1. CLASIFICACIÓN DE GASES	34
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES	35
3. VALORES PERMISIBLES DE LOS GASES PRESENTES EN LA MINAS	36
4. VALORES PERMISIBLES DE GAS METANO	36





1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Objetivo

El objetivo principal de esta guía es proporcionar las indicaciones necesarias, para orientar a los productores y explotadores mineros en las consideraciones que se deben tener desde el punto de vista de seguridad en la ventilación de las minas subterráneas, con el fin de brindar una herramienta sencilla para el control de la seguridad en las instalaciones mineras, la vida y la integridad de los trabajadores.

1.2 Justificación

La accidentalidad provocada por deficiencias en la ventilación o circunstancias ligadas a éstas, hacen que la presente Guía de Seguridad para la Ventilación de las Minas Subterráneas, sea importante para el empresario minero en el desarrollo de sus labores cotidianas y para la prevención de accidentes laborales relacionados con la ventilación en las minas.

1.3 Normatividad Vigente

La Constitución Nacional es el marco fundamental de toda la legislación colombiana (Artículos 25, 80, 330, 332, 334, 360 y 361), incluidas las normas que desarrollan temas específicos que regulan y definen las políticas del sector minero como son:

- Ley 685 del 2001, conocida como Código de Minas; cuyo objetivo es fomentar la exploración técnica, la explotación racional y armónica de los recursos mineros.
- Decreto 35 de 1994. Disposiciones en materia de seguridad minera, medidas y procedimiento de aplicación.
- Decreto 1072 de 2015. Decreto único reglamentario del sector del trabajo.
- Decreto 1886 de 2015. Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas.
- Resolución 368 del 26 de mayo de 2016, emitida por la Agencia Nacional de Minería, en la que se establecen las características técnicas mínimas de los equipos autorrescatadores.
- Resolución 958 de 2016, emitida por la Agencia Nacional de Minería, por la cual se modifica la Resolución No. 368 del 26 de mayo de 2016

1.4 Alcance

El alcance de la presente guía es orientar al empresario minero, a los trabajadores y a los líderes de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa, acerca de los peligros generados por la ventilación en las minas subterráneas, explicar cómo se puede mejorar y cómo se pueden controlar los peligros generados por condiciones inseguras producto de la falta de controles relacionados con la ventilación en el interior de las minas, con el objeto de prevenir la accidentalidad en el sector minero.





2. VENTILACIÓN DE MINAS

2.1 Definición

La ventilación de una mina consiste en el proceso de hacer pasar un flujo de aire considerable y necesario para crear las condiciones óptimas para que los trabajadores se encuentren en una atmósfera agradable, limpia y sin gases.

La ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores. Para ello es indispensable que la mina tenga dos labores de acceso independientes: dos pozos, dos socavones, un pozo y un socavón.

En las labores que sólo tienen un acceso (por ejemplo, una galería en avance) es necesario ventilar con ayuda de una tubería. La tubería se coloca entre la entrada a la labor y el final de la labor. Esta ventilación se conoce como secundaria, diferente a la que recorre toda la mina que se conoce como principal.

Necesidad de la ventilación.

Es necesario establecer una circulación de aire dentro de una mina subterránea por las siguientes razones:

- **Se debe asegurar un contenido mínimo de oxígeno** en la atmósfera de la mina para permitir la respiración de las personas que trabajan en su interior
- **Se requiere diluir los gases, los cuales pueden ser tóxicos, asfixiantes y/o explosivos** por debajo de los valores límites permisibles legales establecidos en el país
- **Se hace necesario ventilar la mina para climatizarla**, a medida que aumenta la profundidad de la misma, la temperatura aumenta, adicionalmente, los equipos y máquinas presentes en el interior contribuyen a elevar la temperatura del aire
- **Se requiere que los frentes de trabajo tengan un confort térmico**, que permita que el trabajador labore en condiciones óptimas de rendimiento y seguridad

2.2 Atmósfera Minera

La atmósfera de la mina debe tener una composición, temperatura, grado de humedad, entre otros, óptimos para desarrollar una labor con seguridad, salud y que se obtengan altos rendimientos de los trabajadores.

2.2.1 El aire en las minas

a. El aire atmosférico normal (seco) está compuesto por:

- N₂ 78% Vol.
- O₂ 20.86 Vol.(21%)
- CO₂ 0.20% Vol.
- Argón 0.93% Vol.
- Otros gases 0.01% Vol.

b. Otras impurezas que contiene el aire provienen de:

- Humos y gases de voladura
- Gases de las mismas formaciones geológicas
- Polvo de las labores mineras

c. Los principales contaminantes de la atmosfera minera son:

- CO Monóxido de Carbono
- CO₂ Gas Carbónico
- CH₄ Metano
- H₂S Ácido Sulfhídrico
- NO -NO₂ Gases Nitrosos
- SO₂ Anhídrido Sulfuroso
- Polvos de Roca
- Radón y minerales radiactivos

2.2.2. Clasificación de gases

- a. **Gases Asfixiantes:** Producen una disminución de oxígeno en el aire, debido a que ocupan el volumen de éste en la atmósfera del lugar
- b. **Gases tóxicos:** Provocan una disminución de oxígeno, penetrando a los pulmones y luego al resto del organismo
- c. **Gases Explosivos:** Producen efectos nocivos, tales como intoxicación, envenenamiento, destrucción de los tejidos, alteración de órganos y en última instancia la MUERTE; gases que mezclados con el aire producen en presencia de un iniciador (chispa) una explosión



Sitios en donde se miden los gases en el frente de trabajo debido a la diversidad de los mismos

Estos componentes del aire pueden presentar un peligro por ser nocivos a la salud de las personas

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MÉTODOS DE VENTILACIÓN DE MINAS SUBTERRÁNEAS

3.1 Ventilación natural

Sistema de ventilación que tiene dos accesos, uno que funciona como entrada y el otro como salida del aire; se emplea en las labores mineras subterráneas, principalmente las localizadas en montañas, que se consigue por diferencia de cota, sin utilizar ninguna clase de equipo mecánico o eléctrico como ventiladores y extractores. La única fuerza natural que puede crear y mantener un flujo apreciable de aire es la energía térmica, debido a la diferencia de temperatura y presión barométrica que genera una diferencia de peso específico entre el aire saliente y entrante. La ventilación natural depende de la diferencia de elevación entre la superficie y las labores mineras subterráneas; la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la labor (a mayor diferencia, mayor presión y por lo tanto es mayor el flujo).

La ventilación natural es muy cambiante, depende de la época del año, incluso en algunos casos, de la noche y el día.

Se denomina así porque el aire que recorre las labores mineras no es forzado ni se utilizan equipos para que el aire entre a la excavación minera.

Este tipo de ventilación, no es suficiente de acuerdo a lo establecido en el artículo 40 del decreto 1886 de 2015. “toda labor subterránea debe contar con un circuito de ventilación forzada”



3.2. Ventilación auxiliar:

Presión de ventilación que se establece como resultado de un efecto mecánico, en particular un ventilador, el cual suministra la energía de ventilación para el flujo de un volumen de aire.



Para **galerías horizontales de poca longitud y sección** (menores a 400 metros y de 3.0 x 3.0 metros de sección), lo conveniente es usar un sistema impelente de mediana o baja capacidad, dependiendo del equipo a utilizar en el desarrollo y de la localización de la alimentación y evacuación de aire del circuito general de ventilación de la zona.

Sistema aspirante: El aire fresco ingresa al frente por la galería y el contaminado es extraído por la ductería. Para ventilar **desarrollos de túneles desde la superficie**, es el sistema aspirante el preferido para su ventilación, aún cuando se requieren elementos auxiliares para remover el aire de la zona muerta, comprendida entre el frente y el extremo del ducto de aspiración.

Sistema combinado: Aspirante-impelente, que emplea dos tendidos de ductería, uno para extraer aire y el segundo para impulsar aire limpio al frente en avance. Este sistema reúne las ventajas de los dos tipos básicos, en cuanto a mantener la galería y el frente en desarrollo con una renovación constante de aire limpio y en la velocidad de la extracción de los gases de disparos, con la desventaja de su mayor costo de instalación y mantenimiento.

Para **galerías de mayor sección (mayor a 12 m²) y con una longitud sobre los 400 metros**, el uso de un sistema aspirante o combinado es más recomendable para mantener las galerías limpias y con buena visibilidad para el tráfico de vehículos, sobre todo si éste es equipo diésel. Hoy día, es la ventilación impelente la que más se usa, ya que el ducto es una manga totalmente flexible, fácil de trasladar, colocar y sacar. En este caso, el ventilador al soplar infla la manga y mueve el aire. En el caso de la ventilación aspirante, estas mangas deben tener un anillado en espiral rígido lo que las hace muy caras.

3.3 Ventilación Principal

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la misma el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos. La ventilación se realiza estableciendo un circuito de ventilación, para la circulación del aire a través de todas las labores.

La ventilación principal de la mina es la que recorre todas las labores mineras y de ese circuito se desprende la ventilación a los frentes de trabajo de la mina.

La ventilación principal de la mina debe ser forzada, de acuerdo a lo establecido en el artículo 40 del decreto 1886.



El caudal de aire que circule por la mina dependerá del número de trabajadores, la extensión y sección de las labores, el tipo de maquinarias de combustión interna y las emanaciones de gases naturales de la mina.

3.4 Planeación de ventilación de una mina

Es el conjunto de etapas y procesos que involucran el diseño ingenieril de la ventilación de la mina. Para esto se debe tener en cuenta que una persona competente, ingeniero en minas y metalurgia o especialista en ventilación de labores subterráneas, calcule y diseñe el circuito de ventilación de la mina.

Con el cálculo de ventilación de la mina, esta debe ser adaptada de acuerdo al diseño ingenieril establecido, manejando dentro de la explotación un plano de la mina, con los valores definidos en el plan de ventilación de la mina y con los valores observados en las mediciones y en el monitoreo continuo, establecido de acuerdo a los protocolos de seguridad.

Para tal fin se puede tener un isométrico de ventilación, con los cálculos efectuados por el personal competente y con los valores dados de las mediciones efectuadas, con el fin de verificar el estado de la ventilación de la mina.

De la misma manera, se debe establecer la proyección de la ventilación, para que las exigencias de caudales, vayan cumpliendo las exigencias de aire en la mina.

4. PROGRAMA DE GESTIÓN EN LA VENTILACIÓN DE LA MINA

El programa adoptado debe incluir, la clase de ventilación a emplear, proporcionar capacitación y entrenamiento a los mineros asignados, historia de todas las mediciones de gases y de caudales de ventilación y una evaluación sistemática de la efectividad del sistema de ventilación de la mina.

Una copia del programa debe estar disponible para los trabajadores, siendo responsabilidad de éstos y del personal de supervisión examinar y comprobar el estado de ventilación de la mina.

4.1 Requerimientos generales de un sistema de ventilación en minas

A continuación se presenta la información que debe contener como mínimo un sistema de ventilación, cada empresa lo deberá ajustar de acuerdo a las características de la mina:

- Responsable calificado de la ventilación
- El plan general de ventilación
- Los planos del sistema de ventilación
- Los requisitos de seguridad para las obras de ventilación
- Las condiciones de seguridad de los ventiladores
- Las condiciones de seguridad para el control del volumen de aire
- Los procedimientos de seguridad para trabajos de mantenimiento y operación
- Las medidas de seguridad para cuando se rebasen los límites de concentraciones de gases
- Las acciones a desarrollar en caso de paro del sistema de ventilación y para el restablecimiento de la ventilación

4.2 Estudio técnico de la ventilación de minas

El estudio técnico de la ventilación de la mina debe contemplar, como mínimo, los aspectos que se indican en los apartados siguientes:

- Diseño del circuito de ventilación
- Plano de ventilación de la mina
- Cálculo de ventilación de la mina
- Cálculo de ventiladores de la mina
- Medición de caudal requerido por el número de personal
- Medición de caudal requerido por temperatura
- Medición de caudal requerido por el polvo en suspensión
- Medición de caudal requerido por la producción
- Medición de caudal requerido por consumo de explosivos
- Medición de caudal requerido por equipo diésel
- Medición permanente de gases



4.3 Diseño de la ventilación de la mina

El diseño de la ventilación de la mina involucra el cálculo en cada explotación de los factores analizados en el numeral anterior. Para este diseño se debe contar con una persona experta que realice los cálculos necesarios y defina el circuito de ventilación de la mina, realizando el cálculo de los ventiladores principales y de los caudales necesarios.

De igual manera, cada explotación minera debe realizar permanentemente mediciones de gases en los frentes de trabajo activos y establecer tableros de control para que el personal tenga conocimiento de la atmósfera de la mina.

Como el avance de la mina es dinámico, cada explotación debe contar con un plano de ventilación actualizado semanalmente, con el fin de observar los problemas de aire y los frentes críticos.

Para el diseño de la ventilación de la mina, se debe tener en cuenta que el avance de los frentes ciegos se debe desarrollar con ventiladores auxiliares.

4.3.1 Consideraciones técnicas del polvo de carbón

- La mínima concentración del polvillo en una nube, capaz de propagar una explosión, varía entre 20 y 50 g/m³
- Una capa de polvillo con un espesor equivalente a una hoja de papel en la superficie del camino; cuando se dispersa lo suficiente puede generar la concentración requerida
- Las continuas operaciones de minería de carbón, inevitablemente generan más polvillo que el mínimo necesario para dar lugar a una explosión
- Se considera que las partículas de carbón > 240 micras no forman parte del polvillo explosivo y son generadas por corte con taladro
- El polvillo depositado en el techo y las paredes presentan un tamaño menor de 75 micras.

4.3.2 Dispersabilidad

Se habla de dispersabilidad cuando el polvillo depositado es elevado al aire, lo que produce una nube de partículas que sí tiene suficiente concentración. Los principales sitios donde se genera esta condición son:



- a. Descargue
- b. Tolvas
- c. Silos
- d. Bandas

4.3.3 Fuentes de ignición

Existen varias fuentes potenciales de ignición de mezclas de metano, clasificadas en cinco categorías.

- a. **Por fricción:** Entre herramientas, máquinas de corte o perforación, caída de rocas
- b. **Eléctricas:** Chispas por equipo no permisible, cortocircuitos, arcos
- c. **Llamas:** Soldaduras, encendedores, lámparas de carburo
- d. **Explosivos:** No permisibles como fulminantes, anfo, dinamitas, sobrecargas, cargas cercanas, tiempos entre barrenos no apropiados
- e. **Misceláneas, brocas y dientes de perforación calientes, lámparas no seguras**

4.3.4 Material volátil

Los carbones con contenidos de materia volátil $>25\%$ se pueden considerar como altamente explosivos.

Los carbones con $<5\%$ de materia volátil se consideran incombustibles. Nunca se han presentado explosiones con $<10\%$ de materia volátil.

5. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA LA MEDICIÓN DE GASES

5.1 Procedimiento para la medición de gases

- a. Se calibra el aparato para que emita una alarma sonora cuando el contenido de los gases tome lecturas que excedan los límites permisibles. Esta operación se realiza haciendo un bump test al equipo con un cilindro patrón, operación que se debe hacer cada vez que se vaya a hacer una medición.
- b. Se ingresa a los frentes de trabajo de la mina y se miden los gases que se relacionan a continuación: O₂, CO, CH₄, H₂S, CO₂ y Gases nitrosos.



- c. Si los valores medidos son superiores a los valores permisibles, se deja firmado un acta de compromiso donde no se puede ingresar a ese frente de trabajo hasta que se inyecte aire al frente, éste puede ser suministrado con la instalación de un ventilador auxiliar soplante
- d. Se deja registro de los principales valores de los gases medidos, la fecha y hora de medición y el profesional que realizó la medición. Esto puede ser materializado en un tablero de medición de gases

El contenido de los gases debe ser medido de la siguiente manera teniendo en cuenta su peso específico:

CH₄ y CO en las partes altas de la excavación minera, ya que son más livianos que el aire

CO₂ y gases nitrosos en la parte baja de la excavación minera ya que son más pesados que el aire

O₂ y H₂S en la parte media de la excavación minera

5.2 Mediciones de la humedad

La humedad del aire se puede definir por la humedad absoluta, la humedad relativa, al grado de saturación y punto de rocío. La humedad se determina con higrómetros y psicrómetros.

5.2.1 Causas que elevan la temperatura del aire en la mina

El aumento de profundidad correspondiente a una elevación de temperatura de 1°C cada 100 m de profundidad.

Las principales causas son:

1. Compresión adiabática del aire en el pozo de entrada
2. Calor del terreno
3. Formas de oxidación, motores, explosivos, lámparas, respiración
4. Temperatura del aire en superficie
5. Intensidad de ventilación

5.3 Medida de la temperatura en las minas

Se pueden usar:

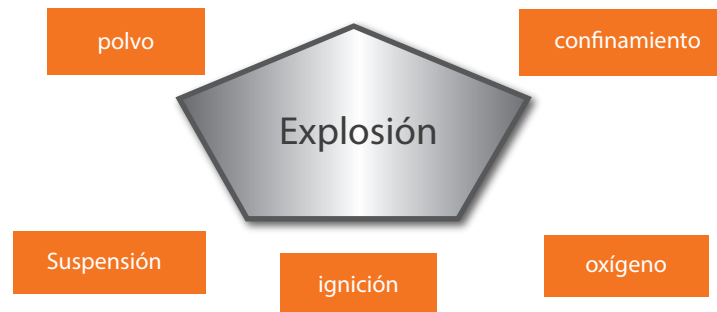
1. Termómetros ordinarios (psicrómetro, termo-anemómetro)
2. Pares - termo-eléctricos
3. Medidores de resistencia variable. Con coeficientes de temperatura positiva o negativa.
Los más importantes son los negativos llamados termostatos, fabricados en sustancias semiconductoras y cuya resistencia varía según la temperatura absoluta
4. Psicrómetros
5. Termohigroanémómetros, éste toma también lecturas de velocidad y humedad

5.4 Explosividad del polvo de carbón

Un factor importante para una buena ventilación de una mina es el tipo de materia volátil que tiene el carbón el cual puede producir un polvo explosivo.

El pentágono de explosividad del polvo de carbón es el siguiente:

- **Polvo:** Tamaño de partícula, calidad y cantidad
- **Ignición:** calor, chispa, soldadura + 29 factores
- **Oxígeno**
- **Suspensión:** dispersión del polvo de carbón (nube)
- **Confinamiento**



El problema del polvo de carbón es que después de una explosión de metano, se produce una explosión de polvo de carbón debido al pentágono de explosividad del polvo de carbón, ya que después de la explosión de metano existen todas las características para producirse explosión de polvo de carbón.

5.4.1 Prevención de las explosiones

Solo con remover alguno de los lados del triángulo o del pentágono, se elimina la amenaza de explosión. En caso de las explosiones de polvo de carbón, la mejor defensa es eliminar el combustible y la fuente de calor (ignición).

- **Eliminar la ignición:** Las igniciones por fricción pueden ser controladas con buen mantenimiento, con el uso de agua en regadera
- **Eliminar el metano:** Aunque haya fuentes de ignición, si no hay metano, no hay explosión. Aunque es fácil decirlo, el metano debe ser controlado con buenas prácticas de ventilación



- **Eliminar el polvo de carbón:** El polvo de carbón es inherente a la producción de carbón. Lavar los techos, cálices y paredes ayuda a remover el polvo de carbón presente. Es también necesario eliminarlo de los puntos de transferencia de carbón en la mina
- **Suspensión, confinamiento y oxígeno:** Mantener el polvo de carbón totalmente húmedo de tal forma que no se levante y sea aglomerado y **cambiar las propiedades** asegurando que no sea inflamable

En los frentes de producción **es común usar agua**, también en los puntos de transferencia, pero tiene que ser drenada.

Uso de **soluciones salinas** que al evaporarse forma costras sobre el polvo de carbón.

Adicionar **polvo de roca** a los techos, cálices, paredes y pisos hasta que el polvo de carbón sea inerte.

ES IMPORTANTE RECORDAR QUE: “El polvo fino de carbón en suspensión, es capaz de formar nubes de polvo inflamables, cuya explosión puede ser en ocasiones más grave que la del grisú, ya que por lo general, el polvo está más extendido en la mina y en las instalaciones de procesamiento”.

5.4.2 Construcción de barreras de polvo o agua

Para la construcción e instalación de las barreras de polvo o agua, se deben tener en cuenta las siguientes normas:

1. Las barreras de polvo inerte o de agua contra explosiones, se deben instalar en tramos de vías subterráneas
2. Los tramos de vías delante y detrás de la barrera contra explosiones, deben tener una longitud mínima de 25 metros
3. En la zona donde se instale la barrera contra explosiones, se debe indicar en un tablero
4. Las plataformas de las barreras de polvo, deben estar constituidas de tabloncillos no clavados y sin rebordes
5. El material inerte que se utiliza en las barreras de polvo, debe tener las mismas características del usado en los procesos de neutralización
6. El material utilizado en los recipientes de las barreras de agua, debe ser lo suficientemente frágil, para que se rompa al ser alcanzado por un golpe de polvo o una onda explosiva
7. Las barreras de polvo o agua, deben colocarse perpendiculares al eje de la galería

8. Las barreras de polvo o agua que se utilizan para aislar sectores de explotación, deben contener por lo menos, 400 litros de material por m² de sección transversal de la galería donde estén instaladas y su longitud debe ser inferior a 80 metros
9. Las barreras de polvo o agua que se instalan en las galerías de transporte de carbón, deben contener por lo menos 200 litros de material por m² de sección transversal de la galería donde estén instaladas y su longitud debe ser inferior a 40 metros

5.5 Plan de ventilación de la mina

Se sugiere un contenido del plan de ventilación de la mina, con los siguientes ítems:

CONTENIDO GENERAL DEL PLAN DE VENTILACIÓN

1. **GENERALIDADES** (Ver aspectos establecidos en el art 35 decreto 1886/2015)
2. **SISTEMA ACTUAL DE LA VENTILACIÓN DE LA MINA**
 - 2.1 Medición de caudales actuales de la mina
 - 2.2 Medición de Polvo de carbón presente en la explotación
 - 2.3 Descripción del circuito principal de ventilación actual
 - 2.3.1 Tipo de Ventilación principal
 - 2.3.2 Ventilación secundaria o auxiliar, para los frentes ciegos
 - 2.4 Plan de Mejora de la ventilación de la mina, donde se establezca actividad, responsable y tiempo de ejecución
3. **ESTUDIO PARA LA MEJORA DE LA VENTILACIÓN DE LA MINA**
 - 3.1 Cálculo de ventiladores
 - 3.2 Condiciones operativas de los ventiladores
 - 3.2.1 Protocolo de operación
 - 3.2.2 Protocolo y procedimiento para el mantenimiento de los ventiladores
 - 3.2.2.1 Mantenimiento preventivo
 - 3.2.2.2 Mantenimiento predictivo
 - 3.2.2.3 Mantenimiento correctivo



- 3.3 Estaciones de control
 - 3.3.1 Estaciones de control de aforos de ventilación
 - 3.3.2 Protocolo de medición de aforos de ventilación
 - 3.3.3 Equipos de medición de aforo de ventilación
- 3.4 Control y registro de gases explosivos y tóxicos
- 3.5 Sistema de monitoreo continuo de gases en la mina
- 3.6 Protocolo de medición de gases en frentes con voladura
- 3.7 Procedimiento para la medición de gases nocivos bajo tierra
- 3.8 Clasificación de la mina en cuanto al contenido de Metano. Art 58 dec 1886/2015
- 3.9 Equipos para la medición de gases en la mina
- 4. **DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACIÓN DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS MEDIDOS**
 - 4.1 Plano de ventilación mejorada de la mina
 - 4.2 Equipos necesarios en la mina para la ventilación
 - 4.3 Responsables de la ventilación de la mina
 - 4.4 Auditoria del Sistema de ventilación de la mina
- 5. **PLAN DE CONTINGENCIA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA MINA**
 - 5.1 Contingencias
 - 5.2 Identificar la contingencia
 - 5.3 Personal, materiales y equipos disponibles
 - 5.4 Formación del personal
 - 5.5 Vías de evacuación
 - 5.6 Puntos de reunión
 - 5.7 Ubicación de equipos de autorescate y de circuito cerrado
 - 5.8 Mantenimiento de EPP
 - 5.9 Teléfonos de emergencias
 - 5.10 Protocolo de suspensión de la ventilación en labores bajo tierra
 - 5.11 Protocolo de activación de la ventilación en labores bajo tierra
- 6. **PROYECCIÓN DE LA VENTILACIÓN EN LABORES BAJO TIERRA EN LA MINA**
 - 6.1 Diseño del circuito principal de ventilación en la mina
 - 6.2 Diseño del circuito auxiliar de ventilación en la mina
 - 6.3 Proyección de labores para la mina





6.4 Cronograma de actividades para proyección de ventilación para la mina

6.5 Esquema de Proyección-Isométrico de ventilación

6.6 Plan de acción para implementar la Ventilación Principal Proyectada

6.7 Plan de acción para implementar la Ventilación Auxiliar Proyectada

6.8 Auditoria de la proyección de la ventilación

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.6 Equipo de auto rescate

5.6.1 Qué es un equipo de auto rescate:

Es un elemento previsto para proteger el aparato respiratorio de los trabajadores, el cual es usado mientras se evacua la zona o área contaminada por gases tóxicos producidos por incendios en minas subterráneas o en donde la concentración de oxígeno no es suficiente para respirar ($<19.5\%$), este equipo es de uso personal.

5.6.2 Cómo funciona un autorescatador:

El autorescatador filtra los gases producidos por incendios, por medio de un elemento químico especial que actúa como catalizador, transformando el CO en aire respirable por un máximo de una hora, hay que recordar que el autorrescatador debe ser utilizado solo cuando sea estrictamente necesario, más no para desarrollar actividades laborales. Estos equipos tienen una fecha de caducidad a partir de la fecha de creación, de acuerdo a las especificaciones del fabricante el equipo trabaja a ciertas condiciones de temperatura entre los -5°C a 50°C .

5.6.3 Partes de un autorescatador:

De acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante el equipo de autorrescate puede contener las siguientes partes:

- Tapa de carcasa
- Carcasa
- Pinza para nariz
- Boquilla con muerdedientes
- Pieza de cierre
- Palanca roja para liberar pieza de cierre
- Horquilla para cinturón
- Sello



5.6.4 Características que debe cumplir un autorescatador

1. El equipo debe proteger individualmente las vías respiratorias del usuario
2. La temperatura de inhalación del equipo autorescatador en funcionamiento no debe superar los 60°C, lo cual protege las vías respiratorias de temperaturas altas
3. El equipo debe permitir escapar de atmósferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno
4. Tener una autonomía mínima de treinta (30) minutos en actividad
5. El autorescatador debe suministrar como mínimo un flujo de respiración de 35 l/min
6. Debe ser un autorescatador de oxígeno de circuito cerrado, es decir debe operar al 100% sin necesidad del ambiente externo
7. De activación e iniciación automática
8. De fácil disponibilidad de uso
9. Portátil
10. El equipo en conjunto debe ser antiestático y de resistencia al choque
11. Debe poseer dispositivo y/o indicador que le permita al usuario de manera inmediata determinar el buen estado del equipo
12. Debe ser un equipo debidamente certificado en normas para operar en atmósferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno y en atmósferas con gases explosivos y polvo de carbón. La certificación debe ser aportada por el fabricante

Las anteriores características, serán verificadas por la Autoridad Minera en las visitas de vigilancia y control, al igual se verificará el uso de equipos por parte de los trabajadores mineros. El titular del derecho minero, explotador minero y empleador que desarrollen labores mineras subterráneas, deberá disponer de las fichas técnicas de los equipos autorrescatadores adquiridos para su operación y realizar las capacitaciones sobre el uso del autorescatador a los trabajadores mineros de acuerdo a lo establecido en el artículo 21 del Decreto 1886 de 2015.

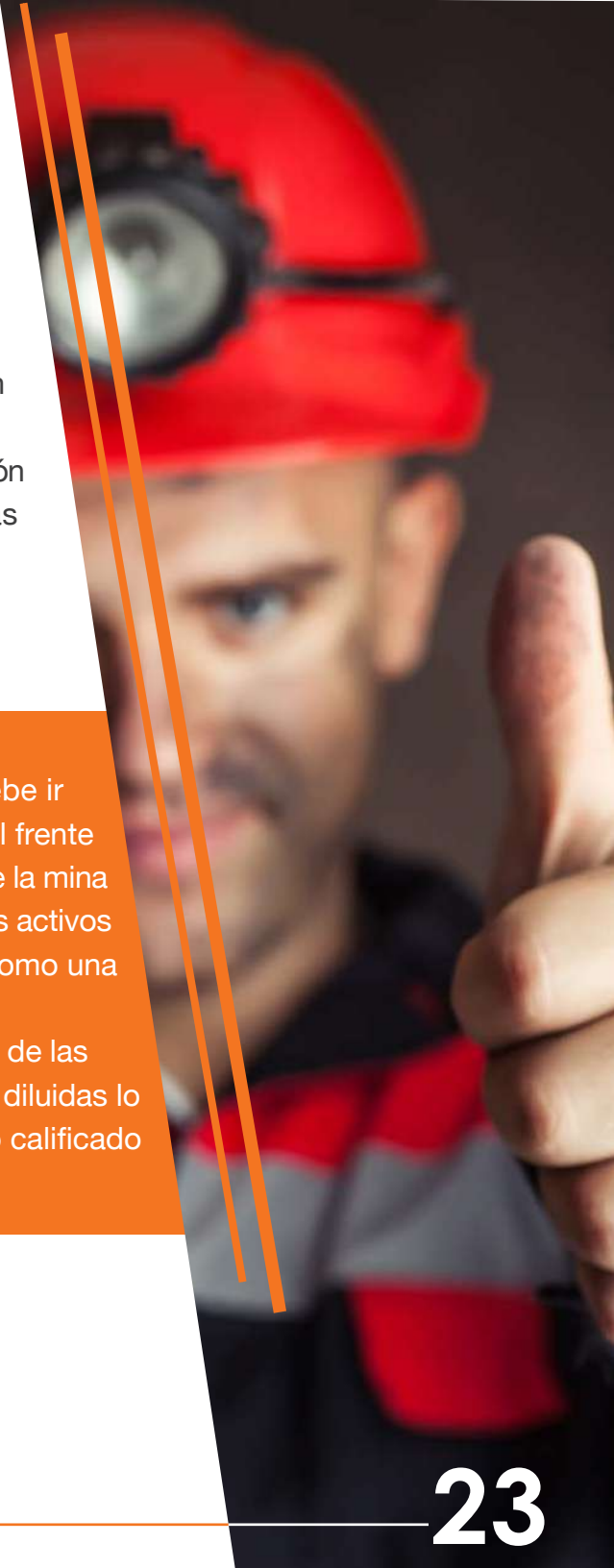
“Al adquirir un autorescatador tener en cuenta que en el mercado se consiguen remanufacturados y replaqueteados; se recomienda que el vendedor certifique el equipo de acuerdo a la norma, prevalece la vida del trabajador al costo del equipo” .

5.6.5 Reglas de oro en la ventilación

- **Disponer de una persona responsable de la ventilación** de la Mina
- **Llevar los registros y cálculos de las variables que afectan las condiciones del aire.**
(Presiones estáticas y dinámicas, abertura equivalente, cálculo de flujos que pasan por el ventilador, velocidad, caudales)
- **Tomar muestras de aire para análisis**, búsqueda de grisú, control de medidas contra incendio e higiene del personal en todos los sitios de la Mina para evitar que se produzcan basureros en la mina
- **Tener protocolos** sobre (Cálculo del sistema de ventilación de la mina, estándares de calibración de equipos. Qué hacer en caso de incendio, normas de barreras de ventilación, normas sobre toma de muestras de aire, etc.)
- **Publicar en carteleras** y varios sitios de la mina los registros de las lecturas de gases
- **Disponer de un reglamento de ventilación** para la labor subterránea

Tener en cuenta....

- En caso que sea necesario suspender la ventilación principal o auxiliar, esta medida debe ir precedida de una orden escrita de la persona técnicamente responsable de la mina o del frente
- Cuando por fallas del servicio de energía no haya ventilación, se debe evacuar el personal de la mina
- Al restituirse la ventilación antes de la entrada de personal, deben revisarse todos los frentes activos
- La presencia del 1% o más de metano, cualquiera que sea el sitio bajo tierra, se define como una acumulación de metano
- Estas acumulaciones de metano en minas de carbón, tienen lugar en las partes superiores de las excavaciones subterráneas o en zonas de derrumbe de bastante importancia y deben ser diluidas lo más rápido posible, bajo la dirección de un ingeniero de minas o de un supervisor minero calificado y capacitado



6. RECOMENDACIONES GENERALES



1. Mantener limpia la atmósfera de trabajo para hacerla respirable
2. El aire que se introduzca a la mina debe estar exento de gases, humos, vapores o polvos nocivos o inflamables
3. Ningún lugar de trabajo bajo tierra, debe ser considerado apropiado para trabajar si su atmósfera contiene menos de diecinueve por ciento (19%) de oxígeno
4. Realice el monitoreo permanente de gases
5. El volumen mínimo de aire que circule en las labores subterráneas, debe calcularse teniendo en cuenta el turno de mayor personal, la elevación de éstas sobre el nivel del mar, gases o vapores nocivos y gases explosivos e inflamables
6. Está prohibida la ventilación por difusión, excepto en túneles o galerías avanzadas hasta 10 metros donde no haya presencia de metano o de gases contaminantes, ni peligro de acumulación del mismo
7. La velocidad media de una corriente de aire en minas de carbón, en el área máxima libre no debe tener valores inferiores a los siguientes:
 - a. Excavaciones mineras con ventilación principal (Primaria)
 - Vías con locomotora Trolley: Un (1) metro/segundo (m/s)
 - Vías de explotación (galería o sobreguía): 0.5 m/s
 - b. Excavaciones mineras con ventilación auxiliar (Secundaria)
 - Vías en carbón: 0.3 m/s
 - Tambores, pozos o inclinados con avance hacia arriba: 0.5 m/s
 - Bajadas, pozos o inclinados con avance hacia abajo: 0.2 m/s
 - Vías en roca: 0.2 m/s
 - c. **La velocidad de una corriente de aire no debe exceder 6 m/s;** lo anterior no rige para tambores, bajadas inclinadas, canales de ventilación, pozos o vías que no sirven para el tránsito normal de personal



- d. La velocidad de la corriente de aire en tajos de explotación de carbón no debe sobrepasar de 45 m/s
- e. A una distancia de 30 metros detrás del sitio donde está laborando el personal de un frente ciego, debe existir una velocidad mínima de 10 m/min. Lo anterior rige para frentes de recuperación, preparación y desarrollo en minas de carbón
- 8. En toda mina subterránea, las instalaciones para entrada y salida de aire deben ser independientes, distantes no menos de 50 metros una de otra. **Los sistemas de ventilación no podrán formar circuitos cerrados**
- 9. **Las vías de ventilación deben someterse a un mantenimiento** adecuado para evitar posibles obstrucciones que puedan interrumpir el flujo normal del aire y mantenerlas accesibles al personal
- 10. **Las áreas de trabajo antiguo o abandonado deben ser aisladas** en lo posible herméticamente, del circuito de ventilación, para evitar el tránsito de personal

7. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Tener definido un circuito de ventilación de la mina
- Toda mina debe tener como **mínimo dos conexiones** o entradas y salidas de aire que desemboquen a superficie
- Las labores mineras de entrada y salida de aire deben tener **diferencia de cota** para tener diferencia de presión y de esta manera hacer que el aire circule por la mina
- Debe existir en cada mina un **circuito de ventilación definido**
- Toda mina debe tener ventilación mecánica
- Una mina que se encuentra a gran profundidad y tenga avanzados varios frentes de trabajo, debe trabajar con **ventilación principal** utilizando ventilación mecánica



- La corriente de aire debe garantizar el caudal necesario que garantice una **atmósfera limpia y respirable**, el caudal de aire por hombre es de 6m³/min de aire limpio
- Tener en cuenta **los límites permisibles de gases** en la mina
- Mantener **tableros de control de gases**
- Mantener las **vías de ventilación en buen estado**
- **Aislar las labores antiguas** y donde no necesite ventilación, prohibir el paso a esas labores
- Utilizar **ventilación auxiliar en frentes ciegos**
- **Las igniciones por fricción pueden ser controladas con buen mantenimiento**, con el uso de agua en regadera
- Aunque haya fuentes de ignición, si no hay metano, no hay explosión. Aunque es fácil decirlo, el metano debe ser controlado con **buenas prácticas de ventilación**
- **El polvo de carbón es inherente a la producción de carbón**. Lavar los techos, cápices y paredes ayuda a remover el polvo de carbón presente. Es también necesario eliminarlo de los puntos de transferencia de carbón en la mina
- **Mantener el polvo de carbón totalmente húmedo** de tal forma que no se levante y sea aglomerado y **cambiar las propiedades** asegurando que no sea inflamable
- En los frentes de producción **es común usar agua**, también en los puntos de transferencia, pero tiene que ser drenada
- Uso de **soluciones salinas** que al evaporarse forman costras sobre el polvo de carbón
- Adicionar **polvo de roca** a los techos, cápices, paredes y pisos hasta que el polvo de carbón sea inerte

Cuando la atmósfera de la mina se encuentra viciada (presencia de gases como el metano, monóxido o dióxido de carbono), el riesgo aumenta si el contenido de oxígeno es menor del 18%, se recomienda mejorar la ventilación a través de los siguientes medios: Definición de un circuito de ventilación de la mina, Instalación de ventiladores auxiliares, comunicación de vías, instalación de un ventilador principal, colocar puertas de ventilación en la mina, entre otros.

ES IMPORTANTE RECORDAR QUE: “El polvo fino de carbón en suspensión, es capaz de formar nubes de polvo inflamables, cuya explosión puede ser en ocasiones más grave que la del grisú, ya que por lo general, el polvo está más extendido en la mina y en las instalaciones de procesamiento”.

8. BIBLIOGRAFÍA

- **Decreto 1072 de 2015.** Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo
- **Decreto 1886 de 2015.** Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas
- **Ley 685 del 2001.** Código de Minas y otras disposiciones
- **Decreto 35 de 1994.** Disposiciones en materia de seguridad minera, medidas y procedimiento de aplicación
- **Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA.** Centro Nacional Minero Morca. Cartillas de Sostenimiento de Minas Sogamoso, 1985
- **Unimsalud.** Grupo técnico de ingenieros de minas especialistas de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2012
- **Santiago P.** Guía metodológica de seguridad para sistemas de fortificación y acuñadora, Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago de Chile, 2010





GLOSARIO

- **Accidente de trabajo:** Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o contratante durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, aún fuera del lugar y horas de trabajo. Igualmente se considera accidente de trabajo el que se produzca durante el traslado de los trabajadores o contratistas desde su residencia a los lugares de trabajo o viceversa, cuando el transporte lo suministre el empleador. También se considerará como accidente de trabajo el ocurrido durante el ejercicio de la función sindical aunque el trabajador se encuentre en permiso sindical siempre que el accidente se produzca en cumplimiento de dicha función. De igual forma se considera accidente de trabajo el que se produzca por la ejecución de actividades recreativas, deportivas o culturales, cuando se actúe por cuenta o en representación del empleador o de la empresa usuaria, cuando se trate de trabajadores de empresas de servicios temporales que se encuentren en misión.

- **Aire:** En minas, el aire atmosférico al ingresar a la mina sufre cambios en su composición. El N₂ sube, el O₂ baja, aumenta el CO₂ y también se produce un aumento del vapor de agua, y existe generación de otros gases y polvos que también se suman a esta nueva composición, debido a: respiración de los hombres; equipos de combustión interna; voladuras e incendios(explosivos nitrosos,anfo); descomposición desustancias o materias minerales u orgánicas; presencia de aguas estancadas; operaciones básicas de la explotación; empleo de lámparas de carburo (C₂H₂); talleres de soldadura y otros (humos nitrosos).

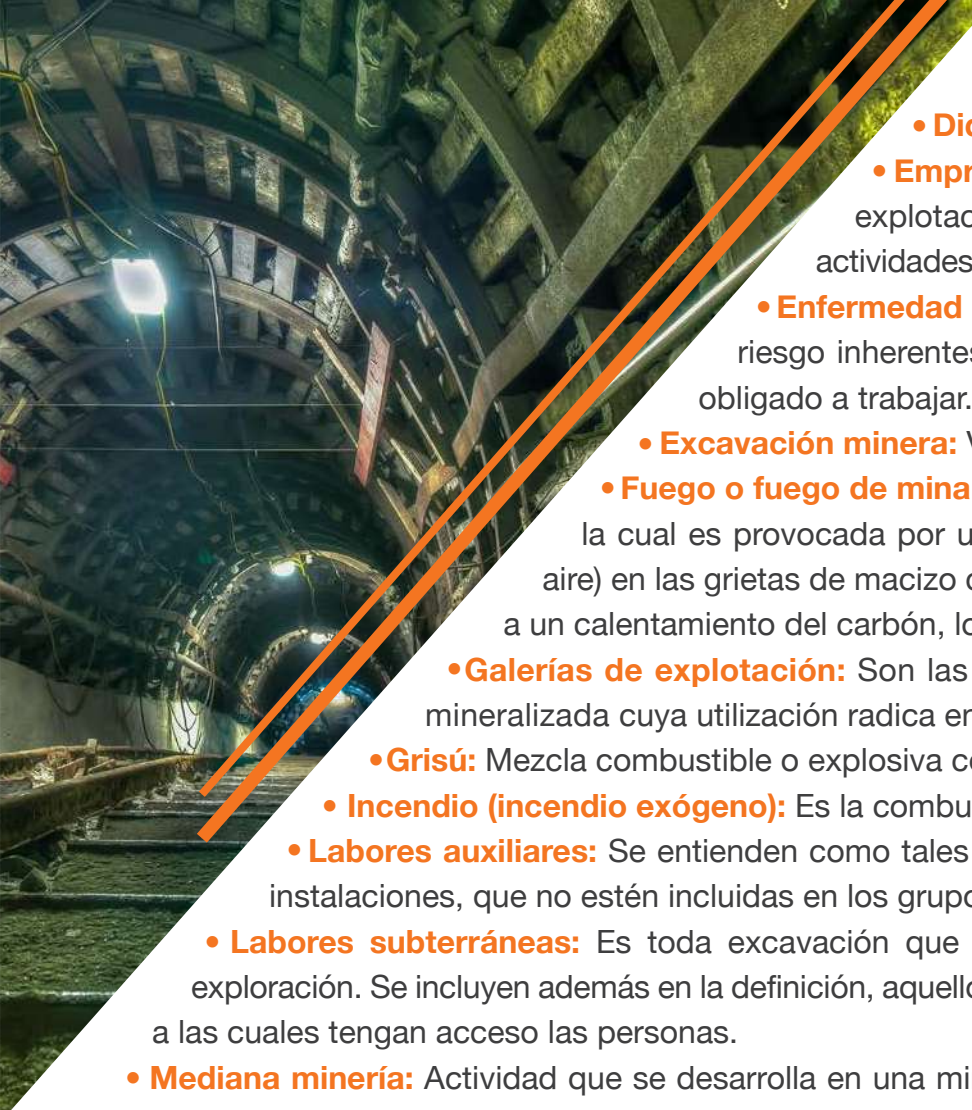
- **Anclajes de roca:** En minería, mecanismo utilizado para el sostenimiento de techos en galerías subterráneas o de taludes a cielo abierto; se utilizan pernos de acero anclados en barrenos (hoyos) perforados especialmente con este fin.

- **Arco:** Una cadena ordenada de vértices que inicia en una localización y termina en otra. La conexión de los vértices del arco crea una línea.

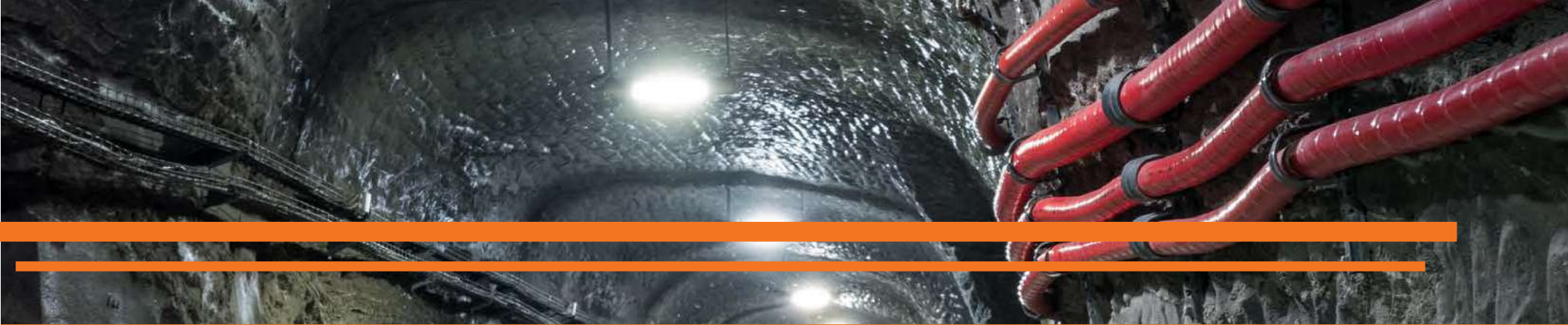
- **Arranque:** Se define como arranque de un mineral a la fragmentación del macizo rocoso hasta llevarlo a un tamaño que permita su manipulación para ser cargado y transportado. El arranque puede ser realizado con métodos mecánicos (forma continua y discontinua) y también por medio de la perforación con sustancias explosivas (forma discontinua).

- **Arranque con máquina:** Consiste en desprender el mineral del frente de explotación, con una máquina o equipo. Este arranque funciona en donde la resistencia insitu de la roca es de media a baja, o en rocas que tienen una alta resistencia, pero antes han sido fracturadas con voladura.
- **Arranque continuo:** Se realiza por medio de la interacción mecánica de una herramienta, máquina o pieza sobre la roca para superar su resistencia y cohesión, y que permite una extracción y un transporte en forma continua como, por ejemplo: rozadora, roto palas, minadores, dragas, entre otros.
- **Arranque discontinuo:** En este tipo de arranque hay unos procedimientos cíclicos e iterativos donde las técnicas más comunes son las siguientes: aplicaciones mecánicas, eléctricas, la energía química (explosivos), el láser, el calor, la energía hidráulica.
- **Arranque mecánico:** En este tipo de arranque se usan máquinas que utilizan los impactos, el rozado, la fuerza hidráulica, el rpiado o la excavación para desprender el mineral. Para el caso de la minería subterránea, se usan máquinas de impactos tales como: martillo hidráulico, martillo eléctrico y martillo neumático.
- **Canasta:** En minería, pedazos (trozos) de madera entrecruzados con rellenos de roca, elaborados para asegurar un frente o zona inestable dentro de una mina subterránea.
- **Cable anclado:** Cable de acero de alta resistencia capaz de soportar decenas de toneladas, el cual es instalado y luego cementado dentro de un barreno, que se utiliza como medio de sostenimiento en galerías en macizos fracturados.
- **Cochero:** Obrero que carga y transporta el carbón o el mineral en coches a los patios de acopio o tolvas.
- **Coches:** En minería, carros de madera o hierro para transportar el carbón o el mineral a la superficie. El término "coche" se utiliza especialmente en las labores mineras donde el transporte es manual (tracción humana).
- **Barrera de polvo o agua:** Son depósitos de polvo inerte o agua, que se ubican en forma inestable en el techo de una vía subterránea en sitios estratégicos. Tienen como objeto formar una nube incombustible en el momento de ser alcanzados por un golpe de polvo o una explosión de grisú, contribuyendo a frenar la propagación de éstos.
- **Corriente de aire o corriente de ventilación:** Es el sentido de recorrido de un determinado volumen de aire.
- **Difusión natural:** Es la ventilación que se establece en un frente ciego, sin intervención de ningún sistema mecánico, que suministre energía a la corriente de aire.





- **Dique contra incendio:** Ver tabique contra incendio.
- **Empresa minera:** Entidad que se dedica a la preparación, desarrollo, explotación de uno o varios minerales, con fines industriales o económicos, o actividades relacionadas en la construcción de obras civiles en labores subterráneas.
- **Enfermedad laboral.** Es la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar.
- **Excavación minera:** Ver labor subterránea.
- **Fuego o fuego de mina:** (Incendio endógeno): Es la combustión lenta y espontánea del carbón, la cual es provocada por una oxidación que tiene lugar en condiciones anormales (infiltración de aire) en las grietas de macizo de carbón o en el carbón abandonado en labores antiguas. Ello da lugar a un calentamiento del carbón, lo que acelera el proceso de combustión.
- **Galerías de explotación:** Son las obras de carácter lineal realizadas siguiendo una capa, filón o masa mineralizada cuya utilización radica en permitir la obtención de la sustancia que se desea explotar.
- **Grisú:** Mezcla combustible o explosiva constituida de gas metano (CH_4) con el oxígeno de aire.
- **Incendio (incendio exógeno):** Es la combustión viva de toda materia combustible que se encuentre bajo tierra.
- **Labores auxiliares:** Se entienden como tales las labores de reconocimiento, comunicación y complementarias para instalaciones, que no estén incluidas en los grupos anteriores.
- **Labores subterráneas:** Es toda excavación que se realice bajo tierra con propósito de explotación, cuantificación o exploración. Se incluyen además en la definición, aquellos trabajos subterráneos que se efectúen para el montaje de obras civiles, a las cuales tengan acceso las personas.
- **Mediana minería:** Actividad que se desarrolla en una mina que alcanza niveles de producción entre 18.001 a 60.000 toneladas año; genera rendimientos que varían entre 1 y 1.5 toneladas/hombre-turno; ocupa entre 51 y 200 personas dedicadas exclusivamente a las labores mineras; cuenta para conseguir los niveles de producción y rendimientos indicados con los equipos mineros indispensables para lograr una explotación carbonífera tecnificada y brinda seguridad personal a los trabajadores a su servicio, con los reglamentos aprobados por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- **Metanómetro:** Aparato con el cual se mide cuantitativamente la presencia de metano en la atmósfera de una labor subterránea.
- **Micro-minería:** Actividad que se desarrolla en una mina, que no alcanza niveles de producción superiores a 2.000 toneladas por año; genera rendimientos de 0.5 toneladas/hombre-turno; ocupa un número máximo de 20 personas que alternan las labores mineras con otra clase de actividades; carece de una organización empresarial y constituye una actividad de explotación minera básicamente de subsistencia, realizada sin ninguna dirección técnica u operacional.



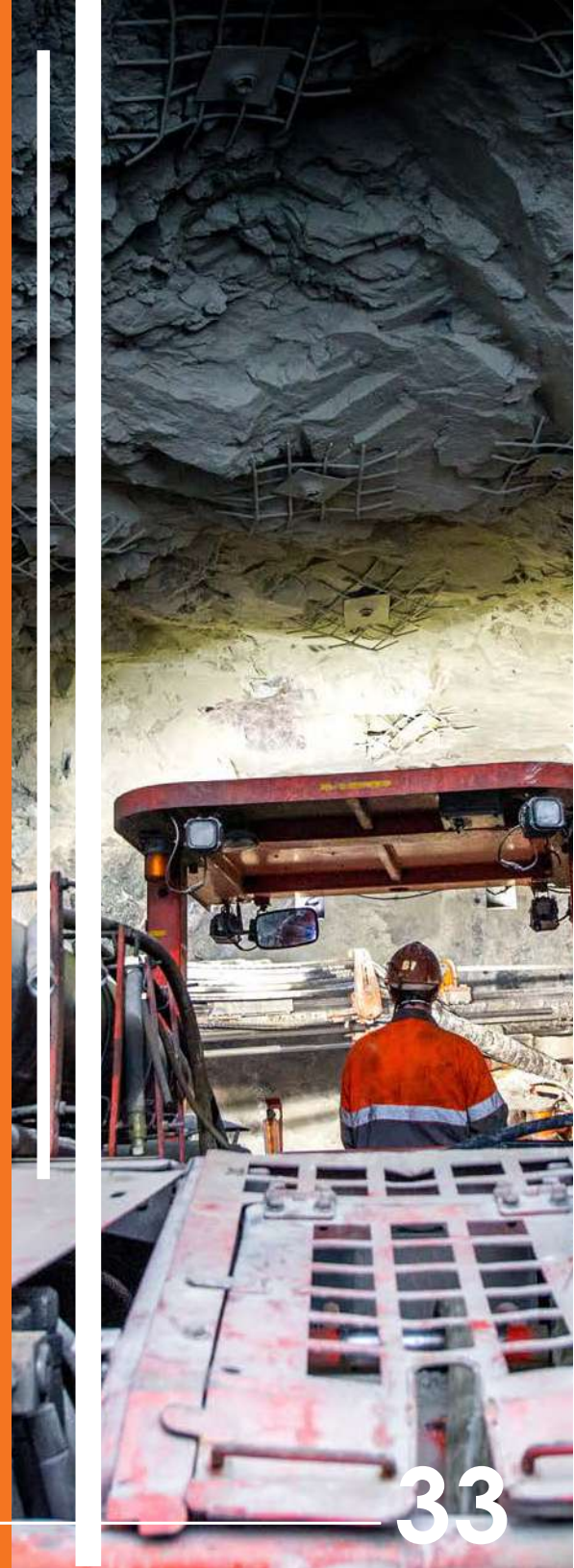
- **Mina:** Área dedicada a la extracción de carbón u otro mineral, que puede constar de uno o varios accesos, pero que en conjunto forman una unidad de explotación técnica o económica. Hacen parte de dicha unidad, los mantos de carbón u otro mineral contenidos en el área considerada, las instalaciones y obras del subsuelo y las de superficies necesarias para la explotación beneficio y cargue del mineral extraído.
- **Nudo de ventilación:** Punto de bifurcación con entrada y salida de uno o varios caudales de ventilación.
- **Onda explosiva:** Es un fuerte golpe de viento, con paso extremadamente rápido de la mezcla explosiva, (ejemplo: Mezcla explosiva de grisú: Metano + Aire. Mezcla explosiva de polvo de carbón: Polvo finísimo de carbón + aire, etc.) de un estado a otro, acompañado por la formación de una cantidad considerable de gases tóxicos y asfixiante, con desprendimiento de energía de calor que se convierte en trabajo mecánico destrozante.
- **Oxigenómetro:** Aparato para determinar cuantitativamente en volumen el porcentaje de oxígeno en la atmósfera.
- **Pequeña minería:** Actividad que se desarrolla en una mina que alcanza niveles de producción entre 2.001 y 18.000 toneladas por año, genera rendimientos que varían entre 0.5 y 1.0 toneladas/hombre-turno, ocupa entre 21 y 50 personas dedicadas a las labores mineras, cuenta para conseguir los niveles de producción y rendimientos indicados con equipos básicos de arranque y transporte manuales, organización centralizada en una persona y dispone de un cierto nivel de seguridad personal para sus trabajadores.
- **Plano de ventilación de nudos y vías:** Esquemas de ventilación de una mina, compuesto por los nudos y vías que forman la red de ventilación. Para definirlos, se acostumbra numerarlos.
- **Propietario de la mina:** Toda persona natural o jurídica que se acredite la titularidad de la propiedad privada de un yacimiento mineral.
- **Puertas de ventilación:** Son estructuras de madera o metálicas para frenar o regular el paso de aire a través de una labor subterránea.
- **Responsable técnico de la mina:** Es la persona o grupo de personas debidamente calificada(s) y capacitada(s) jurídica y técnicamente, responsable(s) de la ejecución técnica de los trabajos que se realicen en una mina o en una labor subterránea, la cual es nombrada o nombradas según el caso por el propietario de la mina o titular de derechos mineros.
- **Superficie de mina:** Comprende los edificios o instalaciones que allí se encuentren y los trabajos que en ella se realicen, relacionadas con las labores mineras.



- **Supervisor:** Es aquella persona nombrada por la persona técnicamente responsable de la mina o labor subterránea, para ejecutar diversas tareas de explotación, desarrollo y preparación minera; esta persona debe tener la competencia y calificación necesarias para los trabajos que deba realizar y será responsable de su buena ejecución.
- **Sistema General de Riesgos Laborales:** Es el conjunto de entidades públicas y privadas, normas y procedimientos, destinados a prevenir, proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrirles con ocasión o como consecuencia del trabajo que desarrollan. Las disposiciones vigentes de Seguridad y Salud en el Trabajo relacionadas con la prevención de los Accidentes de Trabajo y Enfermedades Laborales y el mejoramiento de las condiciones de trabajo, hacen parte integrante del Sistema General de Riesgos Laborales.
- **Seguridad y Salud en el Trabajo:** Aquella disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Tiene por objeto mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, así como la salud en el trabajo, que conlleva la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones.
- **Programa o Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST:** Este Sistema consiste en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la Seguridad y Salud en el Trabajo.
- **Palanca (industria minera):** Pieza de madera rolliza de unos 3 metros de largo, generalmente eucalipto o mangle, que se utiliza para la elaboración de estructuras para sostenimiento (entibado) y refuerzo de galerías y otras labores mineras en las excavaciones subterráneas.
- **Puerta:** Una estructura de madera que se utiliza para hacer de soporte en una mina subterránea.
- **Pozos y planos inclinados:** Son las obras subterráneas de carácter lineal cuya pendiente longitudinal es superior al 10 por 100 y su utilización está vinculada tanto a la actividad minera como a otras de uso civil.
- **Reforzador:** Entibador. Especialista en labores de entibación. Operario encargado de colocar madera en los avances y asegurar los frentes en una mina subterránea.
- **Tabique o dique contra incendio:** Es una instalación doble en madera, concreto ciclópeo

o ladrillo, en forma de un sello o muro, en toda la sección de una vía de ventilación con el fin de impedir el paso de cualquier volumen de aire a través de ella, para evitar la alimentación de un fuego o incendio. Cuando se desea darle una mayor hermeticidad se acostumbra rellenarla en roca, cemento, arena, o arcilla.

- **Tacos fallidos o tiros fallidos:** Son los cartuchos (tacos) que no logran ser iniciados durante el proceso de voladura (disparo o quema).
- **Tasa de neutralización:** Es el porcentaje de material incombustible e inerte que se determina mediante técnicas de laboratorio adecuadas, en los depósitos de polvo combustible que se forman en las labores subterráneas.
- **Titular de derechos mineros:** Toda persona natural o jurídica que sustente una licencia, permiso, concesión o aporte otorgado por el Ministerio de Minas y Energía, para la exploración y/o explotación de yacimientos minerales.
- **Tolva:** Silo de almacenamiento temporal utilizado en la minería especialmente al final de un tambor; éstas se pueden construir en madera o en metal.
- **Tolva subterránea:** Apertura subterránea en el fondo de una cámara o frente de explotación por donde se conduce el material extraído. Para designar las tolvas dentro de una mina subterránea se usa, informalmente, el término "chute". En su parte inferior posee una estructura, generalmente de madera, y equipada con una puerta, por la cual el material es evacuado o cargado en los coches, vagones y otros medios de transporte. Canal o clavada subterránea, o canal inclinado con origen en superficie, a través del cual cae, por gravedad, el material de la mina.
- **Ventilación forzada:** Es la presión de ventilación que se establece como resultado de un efecto mecánico, en particular un ventilador, el cual suministra la energía de ventilación para el flujo de un volumen de aire.
- **Ventilación natural:** Es la presión natural de ventilación que se establece sólo como resultado de efectos climatológicos, diferencia de altura, etc. que actúen sobre una labor subterránea, en la cual existen por lo menos dos (2) accesos, una entrada y una salida. Esta presión origina, entonces, la entrada de un volumen de aire a estas labores.
- **Vía de ventilación:** Elemento de una red de ventilación: Túnel, galería transversal, tambor, etc., compuesto por un punto inicial (nudo inicial) y un punto final (nudo final), a través del cual circula un determinado caudal de ventilación.



ANEXO N° 1

Clasificación de gases

IRRITANTES ASFIXIANTES	Monóxido de Carbono (CO) Hidrogeno Sulfurado H2S Humos Nitrosos NO2 Anhídridos Sulfurosos SO2
SOFOCANTES	Nitrógeno N Anhídrido Carbónico CO2 Acetileno HC Metano CH4
EXPLOSIVOS INFLAMABLES	Metano CH4 Monóxido de Carbono CO Hidrógeno Sulfurado H2S Acetileno

ANEXO N° 2

Características de los gases

CARACTERÍSTICA	METANO	MONOXIDO DE CARBONO	ACIDO SULFHDRIICO	GAS CARBÓNICO	NITRÓGENO	OXÍGENO
FORMULA QUÍMICA	CH ₄	CO	H ₂ S	CO ₂	N ₂	O ₂
GRAVEDAD ESPECÍFICA	0.555	0.967	1.191	1.5291	0.967	1.105
INCIDENCIA EN EL AIRE%	*	*	*	0.03	78.10	20.93
¿ES COMBUSTIBLE?	SI	SI	SI	NO	NO	NO
¿ES SOPORTE DE LA COMBUSTIÓN?	NO	NO	NO	NO	NO	SI
¿ES VENENOSO?	NO	SI	SI	NO	NO	NO
¿CÓMO SE DETECTA?	MULTIDETECTOR	MULTIDETECTOR ANÁLISIS QUÍMICO	MULTIDETECTOR ANÁLISIS QUÍMICO TUBO DE CONTROL	ANÁLISIS QUÍMICO	ANÁLISIS QUÍMICO	ANÁLISIS QUÍMICO MULTIDETECTOR
RANGO EXPLOSIVO EN EL AIRE	5 A 15%	12.5 A 73%	4.3 A 46%	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO
TEMPERATURA DE IGNICIÓN EN °C	593 A 749	593	371	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA
ORIGEN	Ocluido en el carbón y mantos de arcilla. Descomposición de material vegetal en el agua	Combustión incompleta. Fuegos de mina. Explosiones de metano y en voladuras con dinamitas	En aguas de mantos de carbón. En formaciones de sal, líneas de tuberías, tuberías en lugares pobremente ventilados	Combustión completa. Pequeñas cantidades son encontradas en forma natural en el aire	Es encontrado en forma natural en el aire. La oxidación de carbón libera nitrógeno	Se encuentra naturalmente en el aire
¿CUÁL ES EL EFECTO SOBRE LA VIDA?	Causa la muerte por sofocación si es respirado en altas concentraciones. El efecto pasa al refrescarse en aire limpio de metano	0.10% en el aire causa un colapso completo. Excluye el oxígeno de la sangre	0.07% causa la muerte en una hora, muy venenoso. Destruye el nervio del olfato	Causa la muerte por sofocación. Reemplaza el oxígeno de la sangre, respiración difícil	Causa la muerte por sofocación. Reemplaza el oxígeno de la sangre	Necesario para la vida

ANEXO N° 3

Valores permisibles de los gases presentes en la mina

NOMBRE DEL GAS CONTAMINANTE	FÓRMULA QUÍMICA	TLV-TWA PARTES POR MILLÓN (PPM)	TLV-STEL (PPM)
Bióxido de Carbono	CO ₂	5000	30000
Monóxido de Carbono	CO	25	-
Ácido Sulfhídrico	H ₂ S	1	5
Anhídrido Sulfuroso	SO ₂	-	0.25
Vapores Nitrosos	NO+NO ₂	25	-

ANEXO N° 4

Valores permisibles de gas metano

SITIO	Porcentaje (%) Máximo permisible de metano	% LEL
a) En labores o frentes de explotación	1.0	20%
b) En los retornos principales de aire	1.0	20%
c) En el retorno de aire de los tajos	1.5	30%
d) En el retorno de aire de los frentes de preparación y desarrollo	1.5	30%

ANEXO N° 5

Clasificación de las labores mineras subterráneas de carbón

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
I. Minas o frentes de trabajo no grisutuosos	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina no sobrepasa el cero por ciento (0%)
II. Minas o frentes debilmente grisutuosos	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina sea igual o inferior a cero coma tres por ciento (0,3%)
III. Minas o frentes fuertemente grisutuosos	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina sea superior a cero coma tres por ciento (0,3%)



AGRADECIMIENTOS

Sena
Ministerio de Minas
Ministerio del Trabajo
Agencia Nacional de Minería





POSITIVA
COMPAÑIA DE SEGUROS

VIGILADO SUPERINTENDENCIA FINANCIERA
DE COLOMBIA



Positiva prevención

WWW.POSITIVA.GOV.CO



GOBIERNO DE COLOMBIA

