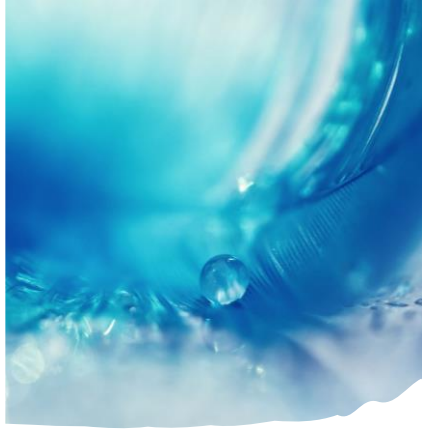
Primer congreso de
Prevención
y seguridad Minera

# AGUA

*Generación va, y generación viene; más la tierra siempre permanece. [5] Sale el sol, y se pone el sol, y se apresura a volver al lugar de donde se levanta. [6] El viento tira hacia el sur, y rodea al norte; va girando de continuo, y a sus giros vuelve el viento de nuevo. [7] Los ríos todos van al mar, y el mar no se llena; al lugar de donde los ríos vinieron, allí vuelven para correr de nuevo. Eclesiastés 1*

***Sandra Milena Bulla Ortega***

es.wikipedia.org - Texto bajo Licencia CC-BY-SA



## Balance Hídrico

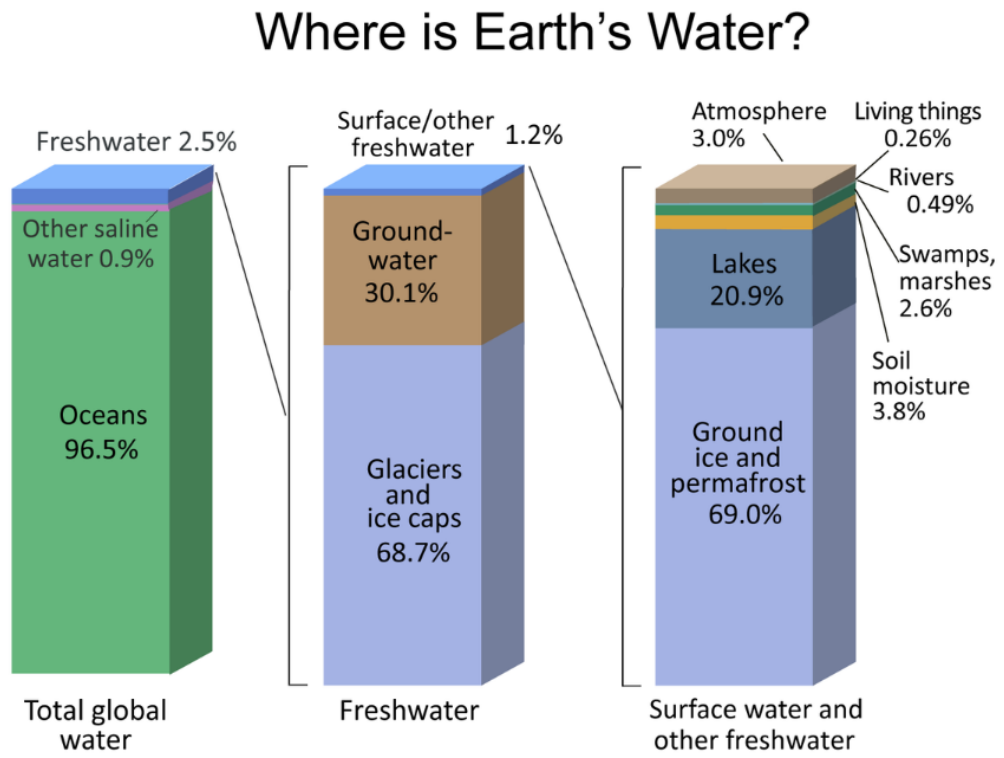
1. Precipitación
2. Recolección
3. Evaporación
4. Condensación
5. Filtración

# *Ciclo del agua "Un Viaje Infinito..."*

es.wikipedia.org - Texto bajo Licencia CC-BY-SA

# Recurso Hídrico

Se calcula que **el agua dulce solo es alrededor del 2,5% del agua total** del planeta, el restante **96.5% es agua salada**. Además, de este pequeño porcentaje de agua dulce, se calcula que entorno al **1% es agua potable** para nosotros.




Texto bajo Licencia CC-BY-SA
Credit: Geological Survey, Water Sciencie School

# *Recurso Hídrico y sus amenazas*

1. *El consumo excesivo del recurso y la alteración de los cursos y Caudales Q.*
2. *Contaminación por actividad industrial y agrícola; química, desechos tóxicos, químicos, doméstico y metales pesados*
3. *Cambio climático que altera el ciclo del agua, generando sequías prolongadas e intensas.*
4. *Degradación de los Ecosistemas acuáticos, pérdida de biodiversidad, especies invasoras.*
5. *Conflictos sociales por el acceso al recurso.*

Texto bajo Licencia CC-BY-SA

Foto cabecera generada por Midjourney (IA)

# Regulación Recurso Hídrico

- ✓ La **Constitución Política** de la República.
- ✓ Decreto Ley 2811 de 1974, Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- ✓ Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015.
- ✓ Decreto 50 del 2018, por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuencas (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones“.
- ✓ Decreto 2820 de 2010, Decreto 2820, Por el cual se reglamenta el Titulo VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
- ✓ Decreto 1323 de 2007, Por el cual se crea el sistema de información del recurso hídrico que hace parte del sistema de información ambiental para Colombia.
- ✓ Ley 685 de 2001 Código de Minas.
- ✓ Resolución 143 de 2017 – ANM - Modificada por la 299 de 2018 – Res. 100 del 2020.
- ✓ Sentencia de Ventanilla Minera.

# DESAFÍOS ACTUALES EN EL SECTOR MINERO - RECURSO HÍDRICO

# *PREGUNTAS QUE DEBEMOS RESPONDERNOS

**¿Tenemos agua cerca del proyecto?**
**¿Existen recargas?**
**¿Cuánto es el consumo de agua por etapas del proyecto?**
**¿Es necesario un modelo Hidrológico? Ciclo del Agua**
**¿Tenemos que hacer un Estudio Hidráulico?**
**¿Debemos hacer un estudio Hidrogeológico?**
**¿Tendremos algún riesgo de contaminación?**

**Datos**

La obtención de Datos, su Monitoreo y su Captura.
Prospección

**Análisis**

Análisis de los datos recolectados.
Datos históricos. Cambios globales.
**DATA SCIENCE**

**Interpretación**

Recargas (entradas y salidas), balance hídrico, anisotropía.

**Puesta de marcha:**

Modelo de monitoreo óptimo – para planificar los diseños de extracción subterránea - cielo abierto – Open Pit

**MONTAJE DE INFRAESTRUCTURA**

Hidrogeología + Geotecnia

**SUELOS**
**(Mecánica de suelos USCS)**
Hidrogeología + Geotecnia + Geoquímica

ACUÍFEROS

Hidrogeología + Geoquímica


Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC
Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-ND
Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC

# ETAPA DEL PROYECTO MINERO / RECURSO HÍDRICO

| Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 |
|---|---|---|
| Prospección | Montaje | Cierre |
| Exploración | Explotación | Entrega del proyecto |

**Primera Etapa**: Reconocimiento de sus recursos hídricos superficial, atmosférico y subterránea. Cantidad de m³ a utilizar en la exploración. Obtención de la licencia social.
**Segunda etapa**: Cuanta agua va a necesitar el proyecto minero “Ningún proyecto es posible sin agua”.
**Tercera etapa**: Restauración, recuperación y cero subsidencias.

**METALÍFEROS**
Hierro, plomo, zinc, cobre, molibdeno, litio, plata y oro.

**NO METALÍFEROS**
calizas, arenas, pizarras, arcillas, sal común, yeso, sales de potasio, otros

**ROCAS DE APLICACIÓN**
pórfidos (adoquines, baldosas), piedras lajas, mármoles (rosado, blanco, travertinos, tipo ónix, negro y otros), granitos y granulometrías.

Imagen. Beatriz Labarca

# RECOLECCIÓN DE DATOS

## INFILTRACIÓN

La base del inicio de los estudios de hidrogeología es conocer, la capacidad de Infiltración o porosidad de los suelos en sus labores.
Tener el perfil de análisis permite tener un planeamiento seguro y adecuado para el sostenimiento y la resistencia de los materiales; “ingreso vertical de agua al suelo desde su superficie, por diferentes causas”.

**Textura**: define número y tamaño de poros y la superficie específica de las partículas. (arenoso ≥ / Arcilloso ≤ )

**Materia orgánica**: incide directa e indirectamente en la estructura, porosidad y grado de humedecimiento.

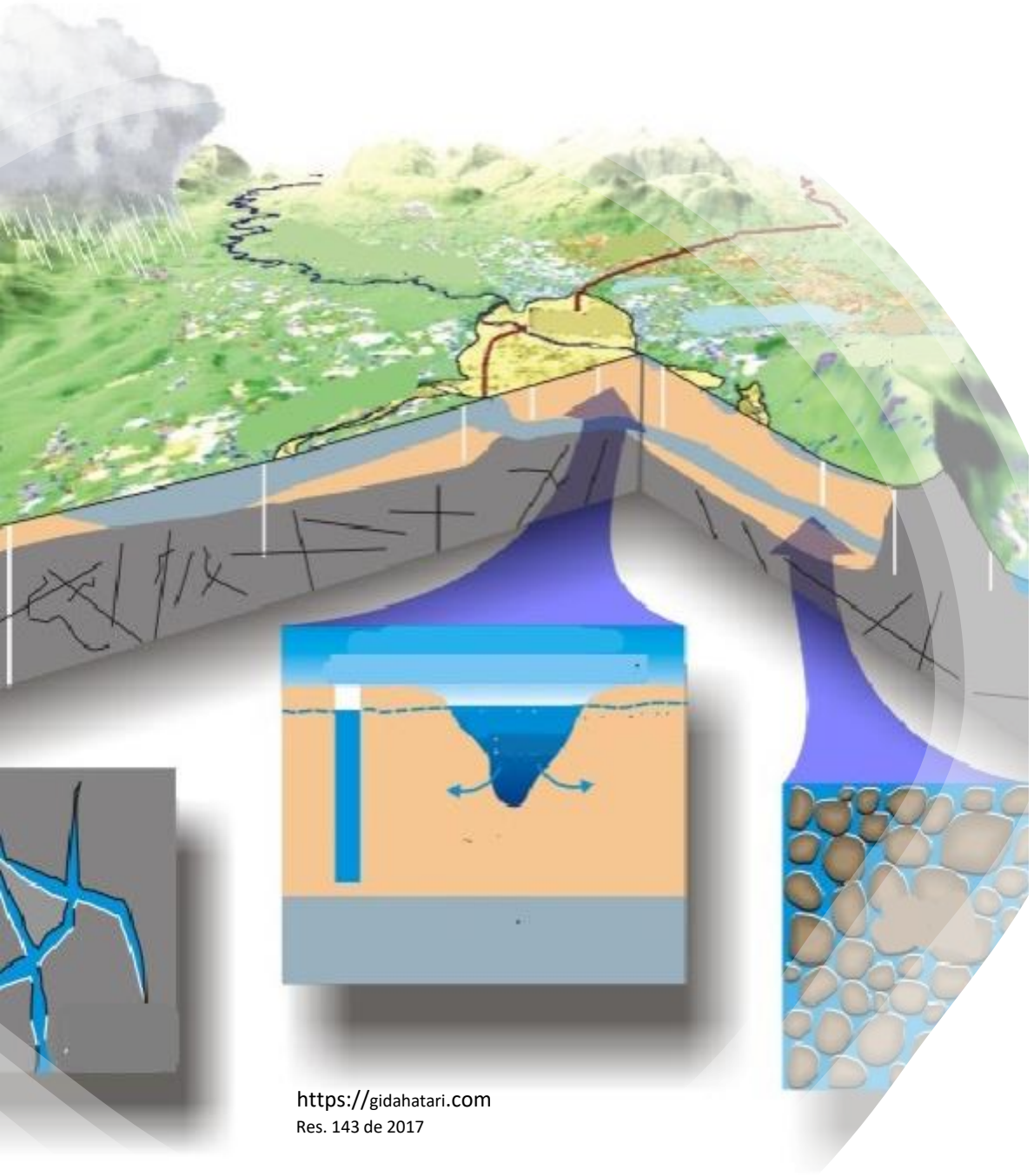
**Salinidad y sodicidad del suelo y del agua**: favorece la infiltración, mientras que el exceso de sodio y magnesio la disminuye.

**Estructura**: define tipo y distribución de la macro y microporosidad.

**Humedad del suelo**: la **dinámica hídrica** condiciona la velocidad del proceso de infiltración, debido a la interacción de dos factores: almacenaje y conductividad hidráulica.

**Estado físico del sistema**: las diferentes situaciones de manejo que provocan alteraciones manifiestas en suelo (arado, compactado, surqueado, sembrado, regado, agrietado, etc.) hacen variar significativamente los ritmos de infiltración.

# Estudios Hidrogeológicos



https://gidahatari.com
Res. 143 de 2017

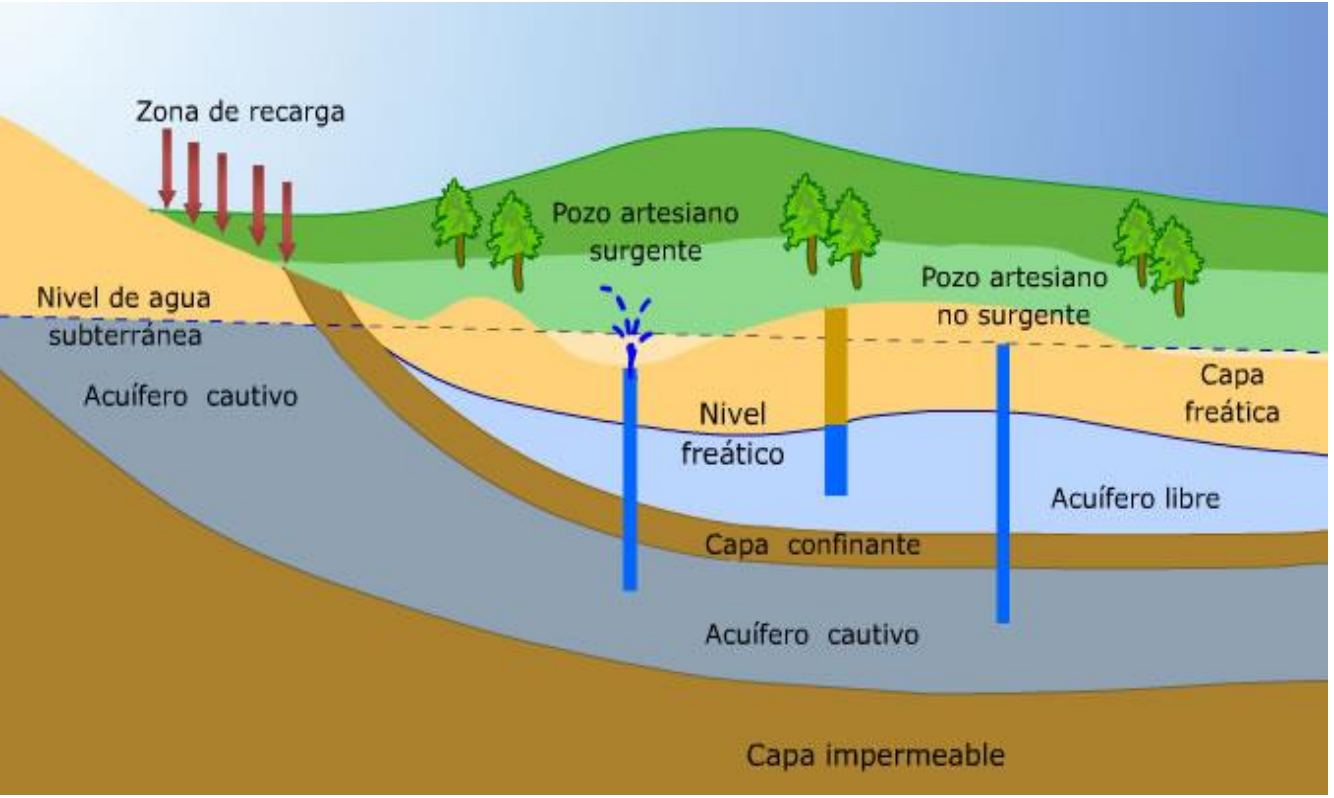
Permite definir la cuenca donde se encuentra el proyecto. → Se conocería la dirección por donde se mueve el flujo del Agua. → Cantidad de agua, Superficial y subterránea.

Nivel freático. → Características del acuífero. → Constante hidráulica del macizo rocoso.

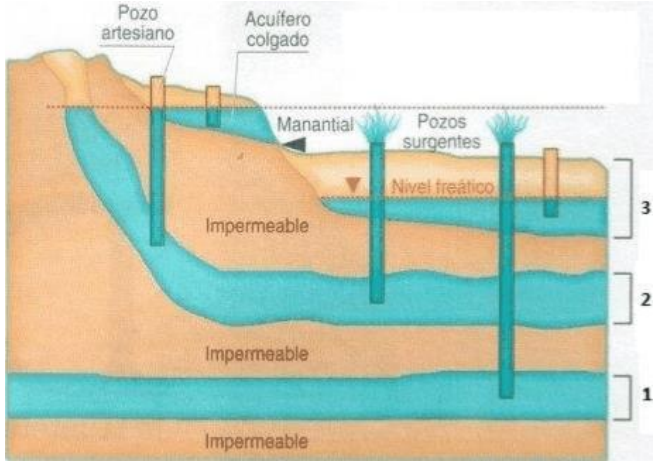
Comportamiento del agua subterránea en los trabajos de explotación. →

**Línea base:**

- Geología.
- Geomorfología
- Modelos técnicos verticales y horizontales del planeamiento minero.




# ACUÍFEROS




Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-ND

Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA

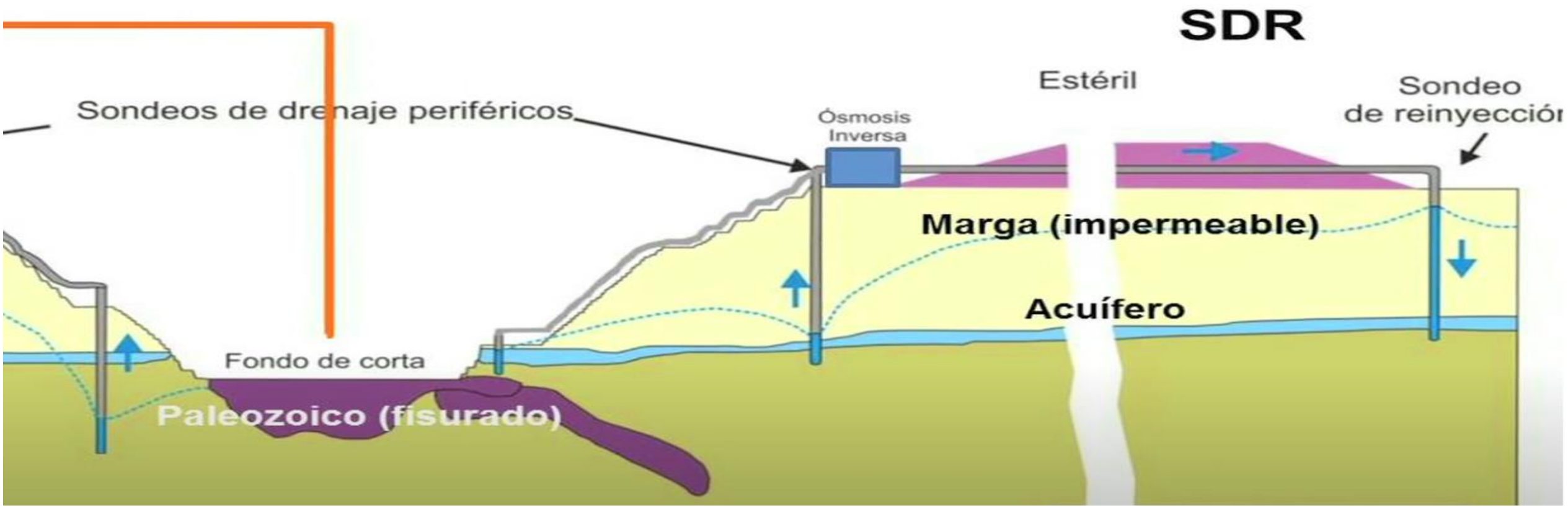
Res. 143 de 2007
https://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf

La personalidad hidrogeológica de cualquier roca o formación geológica está definida por dos factores:

- ✓ La capacidad de almacenar agua y cederla después; Porosidad, eficaz, coeficiente de almacenamiento.
- ✓ Su cualidad de transmisor de permitir que el agua circule a través de ella; permeabilidad - transmisibilidad.

La calidad de un acuífero está determinada por su transmisividad y por su ecoeficiente de almacenamiento (porosidad eficaz si es libre).

| Clasificación | Porosidad total | Permeabilidad | Suelo |
|---|---|---|---|
| Acuíferos | Alta o moderada | Alta | Arenas, gravas, granitos. |
| Acuitardo | Alta o moderada | Baja | Arenas arcillosas, areniscas, rocas compactas |
| Acuicludos | Alta | Nula | Limos, arcillas |
| Acuífugos (No contiene) | Nula o muy baja | Nula | Granito o esquisto no fracturados |




# ACUÍFEROS

## La invasión del agua subterránea.

Minas de Cobre las Cruces – Sevilla España.

- ✓ Caracterización de los acuíferos: Permeabilidad, extensión y espesor.
- ✓ Caudal del agua: Q=V/t
- ✓ Cómo se encuentran.
- ✓ Redes de control y simulaciones dinámicas.
- ✓ Niveles freáticos.
- ✓ Construcción de infraestructura  para su tratamiento y depuración.
- ✓ Subsidencias.

https://www.youtube.com/watch?v=w0xIL3G55AE

https://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf

Res. 143 de 2007
https://gidahatari.com

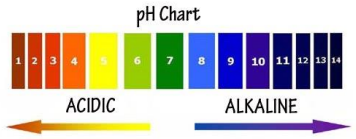
# MANEJO DE AGUAS

Cielo Abierto
Subterránea

Conocer e identificar el tratamiento de las aguas producto de la actividad minera y sus medidas preventivas, es el trabajo técnico que se debe realizar desde el inicio de la actividad, hasta su finalización.

Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC

# AGUAS ÁCIDAS




- ✓ Valores de pH por debajo de 7. – 1.5.
- ✓ Concentración elevada de sulfatos.
- ✓ Concentración elevada de metales. (disueltos y totales)
- ✓ Concentración elevada de Solidos Disueltos totales -SDT.

**Tratamientos**

- ✓ Pasivos: Qmin, pH 4.5, No asegura.
- ✓ Activos: Q altos, ≥ acides, Neutraliza el agua.

Thiobacillus ferrooxidans.

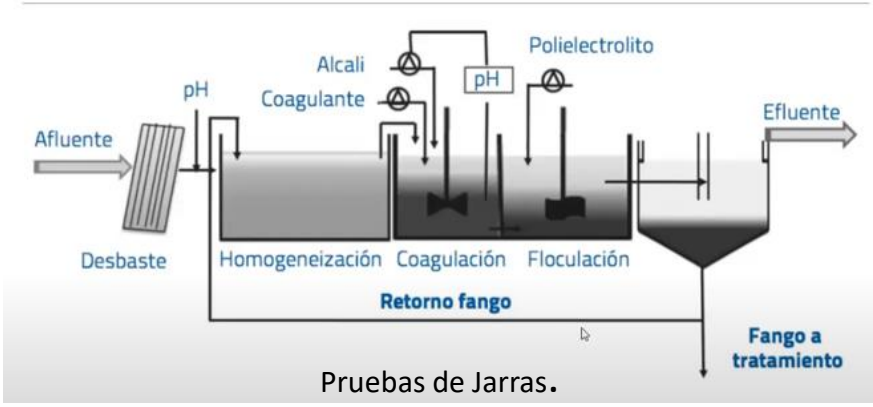
Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-ND

Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA

## Tratamiento Activo

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| Tratamiento eficiente para altas concentraciones de metales disueltos o totales | Alto costo de inversión y operación |
| Alta densidad de lodos | Alta generación de lodos |
| Tratamiento eficiente a grandes caudales y alta acidez | |
| Usado para bajos caudales | |

## Planta de tratamiento de aguas acidas




Pruebas de Jarras.

# PROCESOS DE NEUTRALIZACIÓN

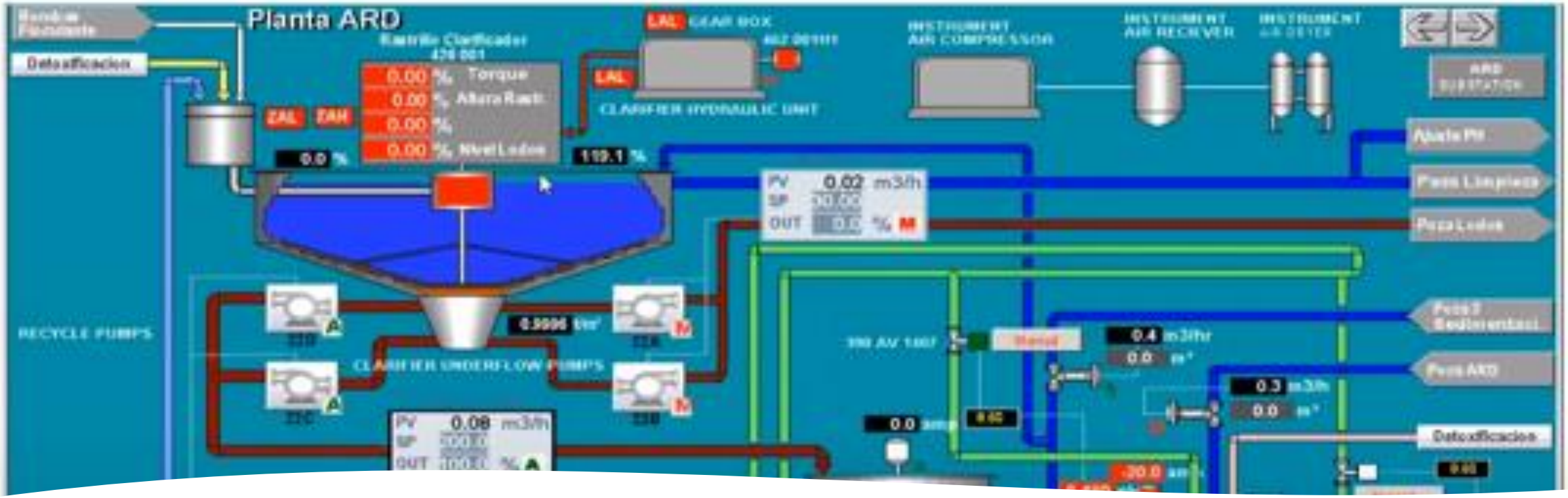
Neutralización → precipitación = **LODOS**

Acidez — $SO_4$ y Metales

1. Revisar como precipitan los metales como hidróxidos, es importante el manejo del pH, que tanto ataca la acidez.
2. Caracterizar el agua ácida antes de tomar el tratamiento; acidez, (X)Metales T, (X) Metales disueltos.
3. Coagulante (sal de aluminio / sal de fierro).
4. Floculante (Polímero Aniónicos): Gradiente de Vel.
5. Sedimentación: Lodos.
6. Disposición de Lodos; Geotubos, filtro de prensas, Lodos en pulpa.

AGUA TRATADA
- Vertimiento
- Reúso

Imagen. AMV Consulters/Perú




# AUTOMATIZACIÓN DEL TRATAMIENTO

(amv Consultores – Imagen)

- Control exacto de tiempo, reactivos y T°.
- Asegura la Calidad del tratamiento.
- Eficiencia en la gestion de sus operaciones.
- Cierre de los tajos.
- Cierre de los depositos de relaves.

La ingeniería es lo más cercano a la magia que existe en el mundo.

Elon Musk

es.wikipedia.org - Texto bajo Licencia CC-BY-SA