

UNIDAD IV SOSTENIMIENTO

1 Generalidades

El sostenimiento o fortificación consiste en recubrir o reforzar el entorno de una labor subterránea, mediante algún elemento de sustento como marcos mallas, pernos, shotcrete o una combinación de ellos

La fortificación en labores mineras contribuye a la seguridad de labores subterráneas, por lo tanto, los encargados de esta labor tienen una gran responsabilidad. La fortificación en labores mineras tiene los siguientes objetivos:

- Evitar derrumbes.
- Proteger a trabajadores, equipos, herramientas y materiales.
- Evitar deformaciones de las labores subterráneas.

La fortificación se realiza en labores mineras como galerías, chimeneas, labores de preparación, caserones, zanjas, lugares de acopio de mineral, piques.

1.1 Por qué debemos de fortificar

La fortificación en minas subterráneas es esencial para garantizar la seguridad de los trabajadores y la estabilidad de las excavaciones. En Argentina, las normativas mineras exigen el sostenimiento adecuado de las galerías, conforme al Reglamento de Higiene y Seguridad en la Industria Minera (Decreto 249/2007 – Artículos 170, 171, 172), que obliga a prevenir desprendimientos y colapsos.

Además, las empresas mineras establecieron estándares internos basados en buenas prácticas internacionales, adaptadas a las condiciones geomecánicas locales, con el fin de minimizar riesgos y cumplir con los parámetros de seguridad estructural.

1.2 Métodos que me determinan la fortificación a usar

La elección del tipo de fortificación en minas subterráneas se basa en criterios geomecánicos que evalúan la calidad del macizo rocoso. Estos métodos permiten clasificar el terreno y determinar las condiciones de sostenimiento necesarias. Los métodos más usados son;

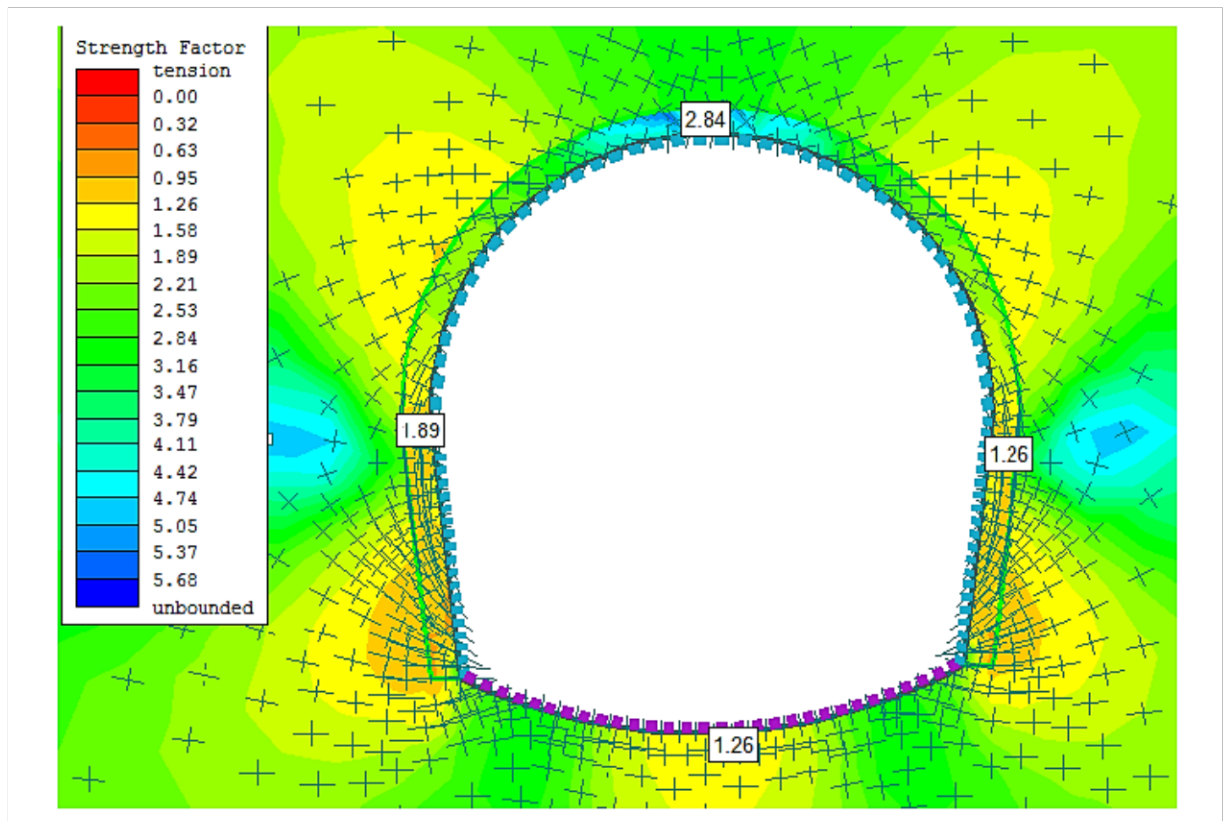
- RQD (Rock Quality Designation) - Deere 1967
- RMR (Rock Mass Rating) - Bieniawski 1973
- Q (Tunnel Quality Index) - Barton 1974
- Índice de Resistencia Geológica (GSI) - Hooke y Marinos 2000

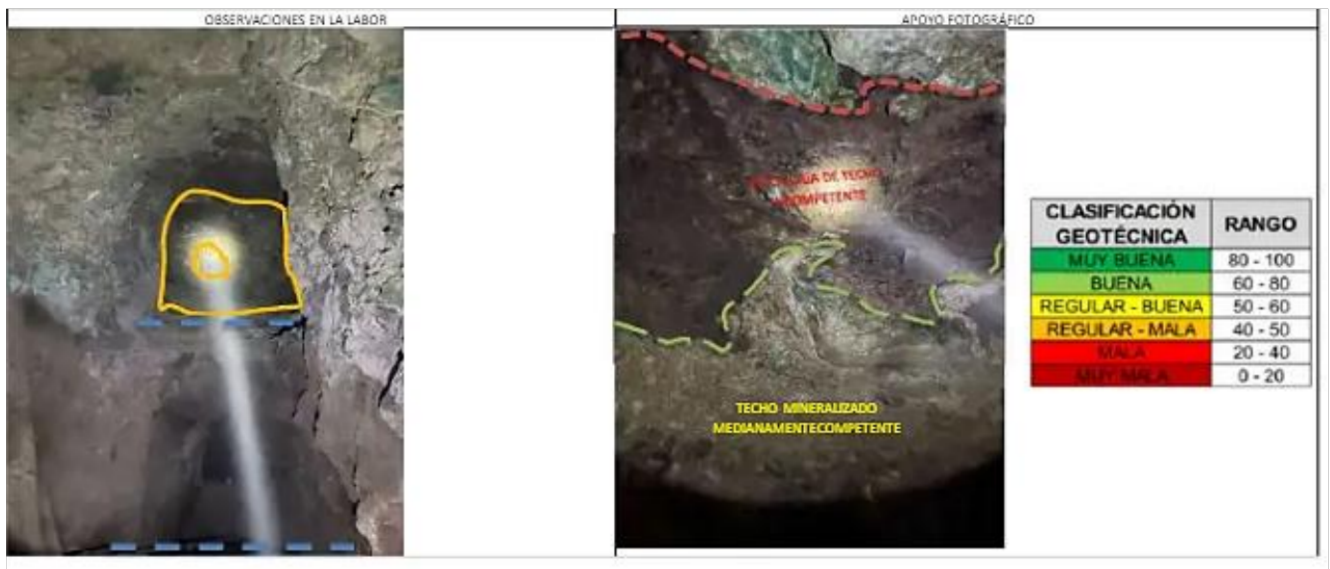
<i>RMR</i>	Clase de MR	<i>Q</i>	Clase de MR
100-81	Excelente Calidad	1000-100	Extremadamente Buena Calidad
80-61	Buena Calidad	100-10	Buena a Muy Buena Calidad
60-41	Calidad Regular	10-1	Calidad Regular
40-21	Mala Calidad	1-0.10	Muy Pobre a Pobre Calidad
<20	Muy Mala Calidad	0.001-0.10	Extremadamente Mala Calidad

Las clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso tienen como objetivo;

- determinar y cuantificar la calidad del macizo
- Proporcionar información acerca de sus condiciones estructurales y superficiales
- Determinar tipo y calidad de sostenimiento
- Determinar tiempos de autoaporte de una determinada abertura
- Determinar dimensiones óptimas de aberturas
- Establecer criterios para perforación y voladura de rocas
- Establecer parámetros de diseño de labores y secuencias de minado desde el punto de vista de la estabilidad.

La elección del criterio geomecánico que evalué el macizo rocoso de nuestra labor subterránea está establecido por la política de la empresa y este es el que se debe adoptar a lo largo de la vida de la mina. Dos minas diferentes pueden adoptar diferentes criterios geomecánicos.





1.3 Clasificación de los Sistemas de Anclajes

Los sistemas de anclajes se pueden clasificar desde los siguientes puntos de vistas;

Desde el punto de vista de la temporalidad:

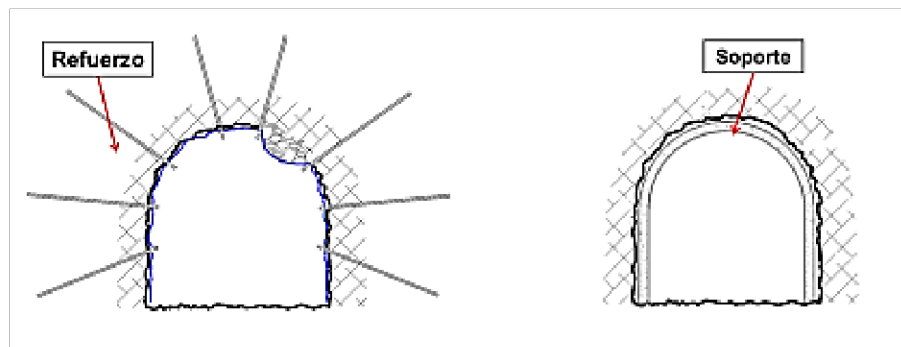
- **Fortificación sistemática, temporal o de desarrollo:** es un sistema de fortificación de corto plazo, se caracteriza porque se instala inmediatamente después del disparo del frente para dar seguridad inmediata al personal y a los equipos y evitar el deterioro prematuro del macizo rocoso. (pernos con anclaje, mallas, etc.)
- **Fortificación definitiva:** se instala para asegurar la estabilidad de las labores posterior a los disparos de avance. Está prevista para toda la vida útil del proyecto. (cables de acero, pernos con resina o cemento, shotcrete, marcos metálicos).

Desde el punto de vista de la funcionalidad del sistema:

- **Fortificación activa:** los elementos ejercen acción soportante desde el mismo momento en que son instalados mediante la aplicación de una carga externa sobre el macizo rocoso. También se definen como aquellos sistemas que modifican el interior del macizo (pernos con anclaje expansivos, tensados, cables de acero, split-set, swellex)
- **Fortificación pasiva:** los elementos no aplican ninguna carga externa en el momento de la instalación y sólo trabajan cuando el macizo rocoso experimenta alguna deformación. También se definen como aquellos que modifican el exterior de la excavación (mallas, madera, shotcrete, marcos metálicos).

1.4 Refuerzo y soporte del macizo rocoso

En la práctica la fortificación involucra el uso de diversos elementos y sistemas diseñados para reforzar y soportar el macizo rocoso, evitando desprendimientos y colapsos que podrían poner en riesgo las operaciones y la vida de los trabajadores. El refuerzo implica la estabilización activa del macizo mediante anclajes, mientras que el soporte se refiere a la contención pasiva, generalmente utilizando elementos como arcos o mallas.



1.5 Elementos de fortificación

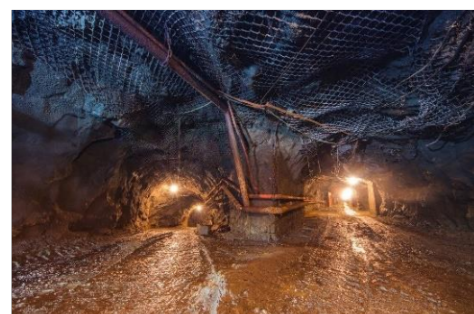
Los elementos de fortificación son las estructuras y materiales que se emplean para reforzar la estabilidad de las labores mineras. Entre ellos se encuentran:

- Cimbras de madera o acero: Estructuras que soportan temporal o permanentemente el peso de la roca.
- Shotcrete o Concreto proyectado: Hormigón lanzado a alta presión sobre las superficies excavadas, que forma una capa protectora.
- Pernos de anclaje: Varillas de acero instaladas en perforaciones, utilizadas para sujetar bloques de roca.
- Mallas metálicas: Colocadas sobre las paredes o techos de la excavación para contener fragmentos sueltos.
- Arcos o marcos metálicos: Estructuras de acero que refuerzan el contorno de las galerías.
- Cables de anclaje: Cables largos de acero insertados en perforaciones profundas para reforzar zonas inestables.

1.6 Sistemas de fortificación

Son combinaciones de los distintos elementos de sostenimiento que se utilizan según las condiciones del terreno y el diseño de la mina. Cada sistema se selecciona en función de la estabilidad del macizo rocoso, la geometría de las excavaciones y los factores de seguridad requeridos. Algunos de los sistemas más comunes son:

- Sistema Perno-Malla
- Sistema Perno-Malla-Shotcrete
- Sistema Perno-Malla-Shotcrete-Cables
- Perno – Malla – Marco
- Etc. (combinaciones posibles)



2 Fortificación con madera

La fortificación con madera es uno de los métodos tradicionales más antiguos en minería subterránea para estabilizar excavaciones. Aunque ha sido reemplazada en gran medida por materiales más duraderos como el acero y el concreto, la madera aún se utiliza en ciertas aplicaciones, sobre todo en minas pequeñas o de corta vida útil, donde su flexibilidad y facilidad de instalación resultan ventajosas. Los principales elementos de fortificación con madera incluyen cimbras, pilares, columnas y cuadros, cada uno con su función específica en el sostenimiento.

Ventajas de la Fortificación con Madera

Flexibilidad: La madera es un material flexible que puede ajustarse a las deformaciones menores del macizo rocoso, absorbiendo parte del esfuerzo y evitando colapsos.

Facilidad de instalación: Es un material fácil de trabajar, cortar y ensamblar, lo que permite una rápida instalación en situaciones de emergencia.

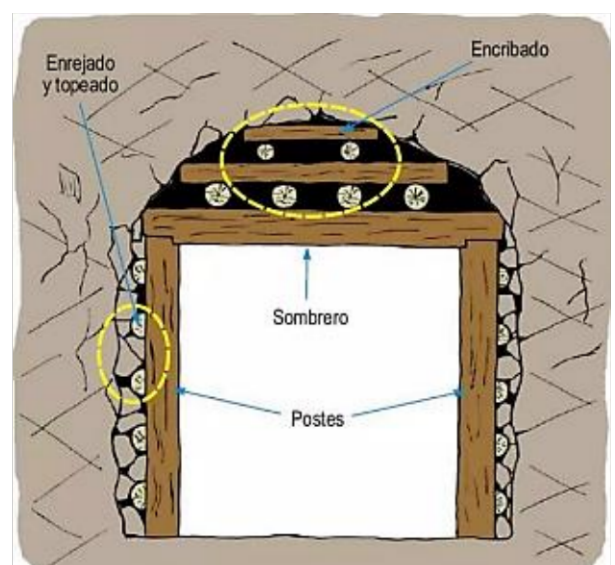
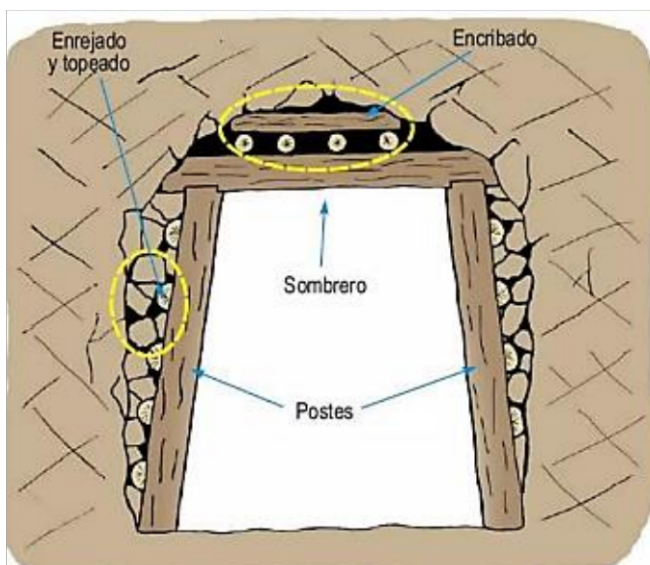
Costo relativamente bajo: En áreas donde la madera es abundante, resulta más económica que otros materiales de fortificación.

Desventajas de la Fortificación con Madera

Durabilidad limitada: La madera se deteriora con el tiempo, especialmente en ambientes húmedos o con alta exposición a agua o productos químicos, lo que reduce su capacidad de soporte.

Inflamabilidad: A pesar de que se pueden aplicar tratamientos retardantes de fuego, la madera sigue siendo inflamable, lo que la hace un riesgo en minas donde existen gases explosivos o fuentes de ignición.

Carga limitada: Comparada con materiales como el acero o el concreto, la madera tiene una menor capacidad de carga, por lo que no es ideal en zonas de alto esfuerzo tectónico.



3 Shotcrete

Se trata de una mezcla de cemento, áridos y agua que se proyecta en forma neumática desde una boquilla hacia su lugar de colocación sobre la superficie rocosa para producir una masa densa y homogénea. El hormigón proyectado normalmente incorpora aditivos y fibras.



Ventajas del Shotcrete

Rápida aplicación: Permite cubrir grandes superficies de manera rápida y eficaz, lo que lo convierte en una solución ideal para reforzar túneles, galerías y otras labores mineras.

Adaptabilidad: Se puede aplicar en cualquier tipo de superficie irregular o curva, ajustándose fácilmente a la geometría de la excavación.

Resistencia inicial alta: Alcanza una resistencia inicial rápida, proporcionando soporte inmediato, lo que es esencial en situaciones de riesgo de colapso.

Espesor variable: Se puede controlar el espesor de la capa proyectada según las necesidades, ajustándose a las condiciones del macizo rocoso.

Aditivos: Se pueden añadir aceleradores de fraguado y otros aditivos para mejorar sus propiedades, como reducir el tiempo de fraguado y aumentar la adhesión.

Desventajas del Shotcrete

Costo: Puede ser más costoso que otras formas de fortificación inicial debido al equipo y la mano de obra especializada necesaria.

Control de calidad: La proyección a alta velocidad puede generar rebote o pérdida de material si no se controla adecuadamente la técnica.

Espacios reducidos: En zonas muy estrechas o de difícil acceso, puede ser complicado operar el equipo de proyección.

3.1 Componentes

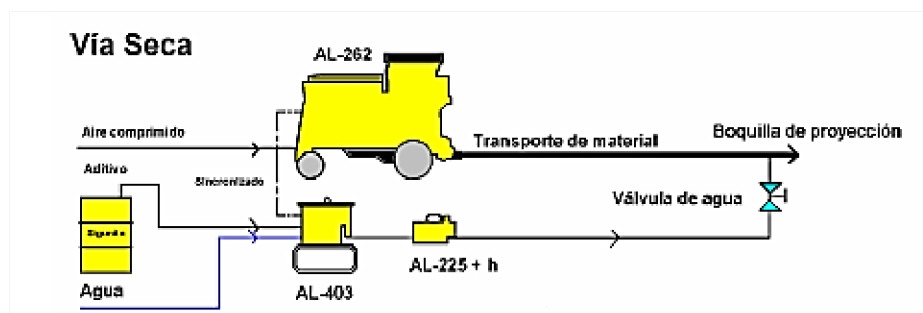
- Cemento; Influye en el valor de la resistencia final, suele usarse cemento Portland, Influencia del tiempo de fraguado
- Agua; Influye en la fluidez del hormigón, el agua debe estar limpia
- Áridos; Mezcla de arena y grava o arena y roca triturada, se debería ajustar a una curva patrón, Tamaños máximos 8 mm (VS) y 16 mm (VH)
- Aditivos; Modifican el tiempo de fraguado y fluidez, Acelerantes, Retardadores, Plastificantes, Aireantes, Impermeabilizantes

3.2 Proceso de Aplicación

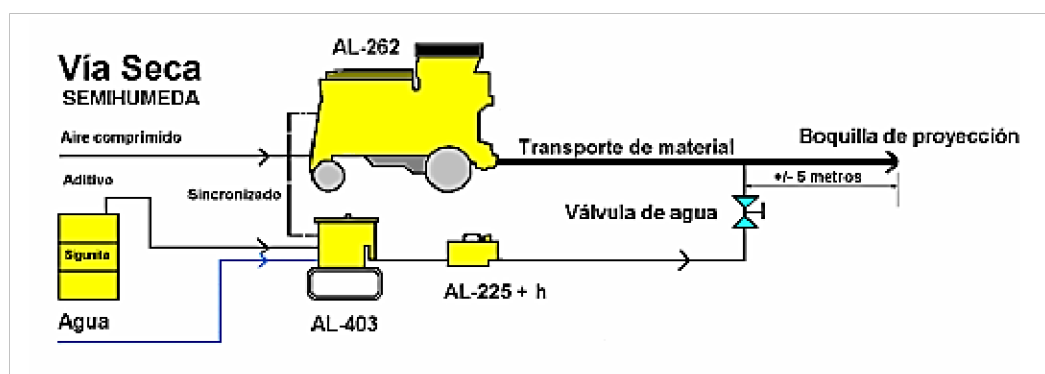
Consiste en los siguientes pasos;

1. Preparación del terreno: Antes de aplicar el shotcrete, la superficie debe estar limpia de polvo, agua o escombros para asegurar una buena adhesión.
2. Proyección: El hormigón se lanza a alta velocidad utilizando una manguera con aire comprimido. Existen tres procesos distintos de mezcla y proyección:

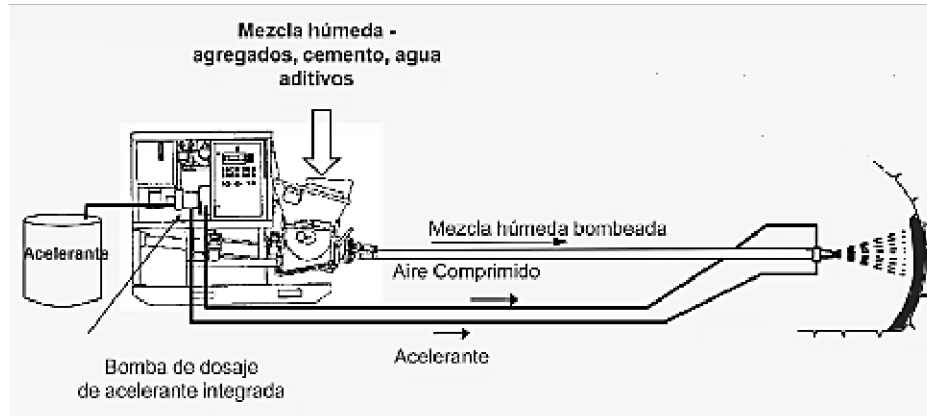
- **Mezcla seca**; todos los componentes del hormigón se mezclan previamente, con la excepción del agua que se añade en la boquilla antes de la proyección de la mezcla, de manera que la mezcla en seco se transporta de forma neumática hasta la boquilla.



- **Mezcla semi-húmeda**; es idéntico a la mezcla seca en sus primeras fases. Difieren en que a una distancia aproximada de 5 m de la boquilla, se efectúa la adición de agua. Previamente, se deben humedecer los áridos al 10 % para mejorar las propiedades de la mezcla antes de llegar a la boquilla.



- **Mezcla húmeda;** Método vía húmeda consiste en mezclar la arena, cemento y agua antes de ser impulsados a través de la manguera. Cuando la mezcla llega a la boquilla de la máquina, está ya se encuentra lista para ser proyectada, húmeda se requiere un acelerante en la boquilla, para agilizar el fraguado y la ganancia de resistencia inicial del concreto. Su control de calidad es superior, menor costo de colocación y ambiente de trabajo relativamente libre de polvo.

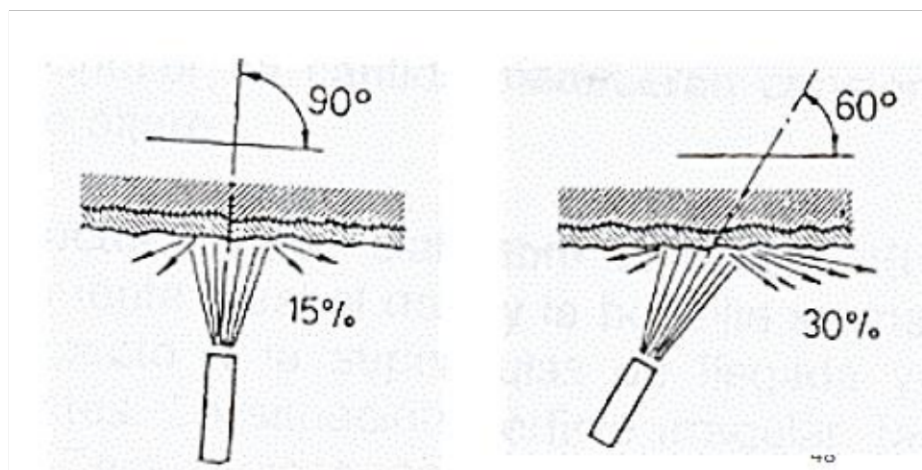


3. Capa base: Se aplica una primera capa de refuerzo que actúa como soporte temporal.
4. Capa final: Dependiendo de la situación, se pueden aplicar capas adicionales para alcanzar el grosor y resistencia deseados.

3.3 Aplicación de Shotcrete

El shotcrete proyectado se aplica en capas de 2.5 a 5 cm de espesor (para evitar que el shotcrete caiga por su propio peso). En las zonas que sea necesario más de una capa, se debe esperar por lo menos 8 horas entre las aplicaciones.

Para reducir el rebote, se debe proyectar el shotcrete en forma perpendicular a la superficie.



3.4 Integración con Otros Sistemas:

El shotcrete suele combinarse con otros elementos de fortificación, como pernos de anclaje, mallas metálicas o cables de anclaje, para proporcionar un sistema de sostenimiento más completo y efectivo. Esto permite mejorar la estabilidad global del macizo rocoso y proporciona un soporte tanto superficial como profundo.

4 Pernos de Anclaje

Los pernos de anclaje son elementos de fortificación que se insertan en perforaciones dentro del macizo rocoso para reforzar su estabilidad en minería subterránea. Su función principal es fijar el terreno mediante el anclaje de bloques de roca, distribuyendo esfuerzos y mejorando la cohesión del macizo. Dependiendo del tipo de anclaje, los pernos pueden clasificarse en;

- **Anclaje por Adherencia**

Estos pernos se fijan al macizo rocoso mediante una resina o cemento que llena el espacio entre el perno y la perforación, generando una adherencia química. Esta fijación es ideal para proporcionar estabilidad a largo plazo en excavaciones subterráneas, ya que garantiza una unión rígida entre el perno y la roca. Se utilizan principalmente en rocas duras y estables donde el refuerzo requiere durabilidad y un soporte permanente.

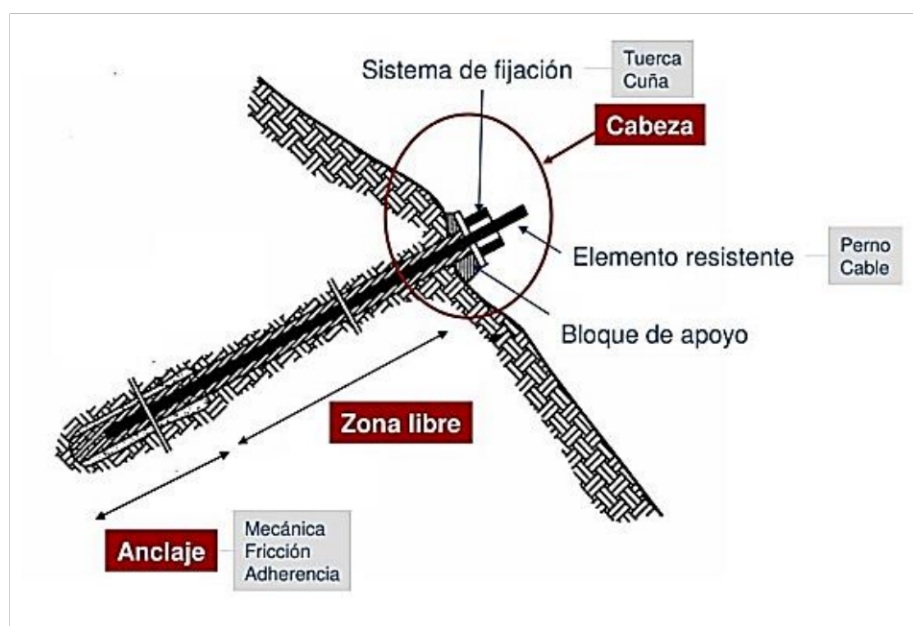
- **Anclaje por Fricción**

Los pernos de anclaje por fricción dependen de la fuerza de fricción entre el perno y las paredes del taladro en la roca. Esto se logra mediante el uso de tubos metálicos que se expanden al insertarse en la perforación. Al expandirse, generan una presión que mantiene el perno adherido a la roca, proporcionando un soporte flexible y permitiendo movimientos menores sin pérdida de estabilidad.

4.1 Componentes de los pernos de anclaje

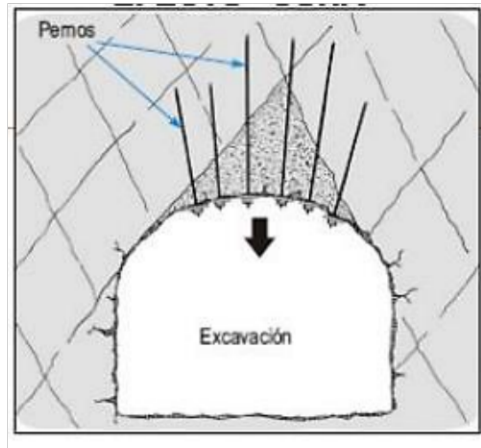
Un perno está constituido por un elemento resistente (perno de anclaje), solidarizado al terreno por un sistema de anclaje (mecanismo de adherencia), por un bloque de apoyo (placa) y un sistema de fijación (tuerca).

La función de un perno es estabilizar los bloques rocosos y/o las deformaciones de la superficie de la excavación, restringiendo los desplazamientos relativos de bloques de rocas adyacentes



4.2 Efectos que se generan al instalar los pernos

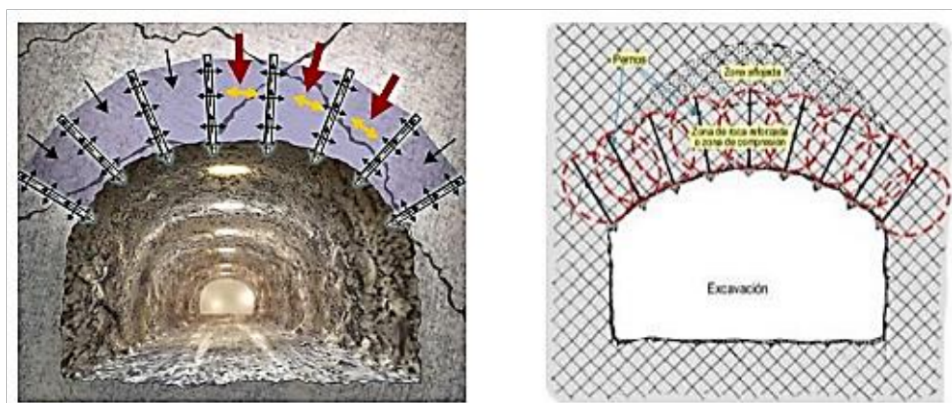
En roca masiva o levemente fracturada, y en rocas fracturadas, el papel principal de los pernos es el control de la estabilidad de los bloques y cuñas rocosas potencialmente inestables, lo que se conoce como **efecto cuña**.



En roca estratificada sub-horizontal y roca no estratificada con un sistema dominante de discontinuidades sub-horizontales, los pernos ayudan a resistir el desplazamiento selectivo entre estratos, aumentando la rigidez de la viga estructural que forman, esto se conoce como **efecto viga**. Para formaciones con orientación sub-vertical, tiene lugar el **efecto columna**.



En roca fracturada, intensamente fracturada y/o débil, los pernos confieren nuevas propiedades a la roca que rodea la excavación. Cuando los pernos se instalan de forma radial, cada perno crea un bulbo de resistencia que interactúa con los pernos adyacentes para formar un potente arco que trabaja a compresión, el denominado **efecto arco** que da estabilidad a la excavación.



La selección y el método de instalación de un perno para roca depende de:

- tipo de roca
- tamaño y dirección del movimiento del macizo rocoso
- presencia de agua o humedad
- duración prevista del sostenimiento

5 Pernos de anclaje por adherencia

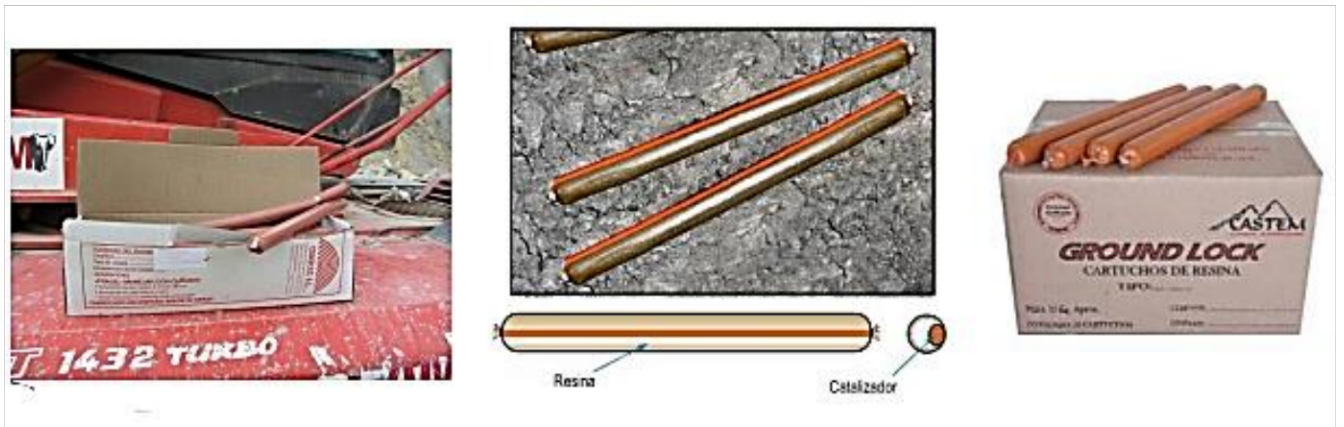
Para este tipo de anclaje se utilizan pernos helicoidales o pernos de anclaje mecánico, son elementos de fortificación, su diseño incluye un vástago en forma de espiral o con una barra roscada, lo que facilita la adherencia al aplicar en combinación con resinas o cemento.

Los pernos de anclaje con adherencia son sistemas en los cuales el perno se fija al macizo rocoso mediante el uso de una sustancia adhesiva, como resina o cemento. La adherencia es fundamental para que el perno se mantenga fijo y transfiera las cargas eficientemente a la estructura rocosa. Cuando no se utiliza ningún tipo de material adhesivo, el sistema se denomina anclaje por fricción, donde el perno depende únicamente de la fricción generada entre el perno y las paredes de la perforación.



5.1 ANCLAJES POR ADHERENCIA. RESINA

El sistema consiste en introducir unos cartuchos (25-30 mm \varnothing y hasta 600 mm longitud) que contienen resina líquida y un catalizador que solidifica la mezcla cuando contacta con la resina. Son adecuados para pernos sometidos a altas tensiones desde momentos iniciales.

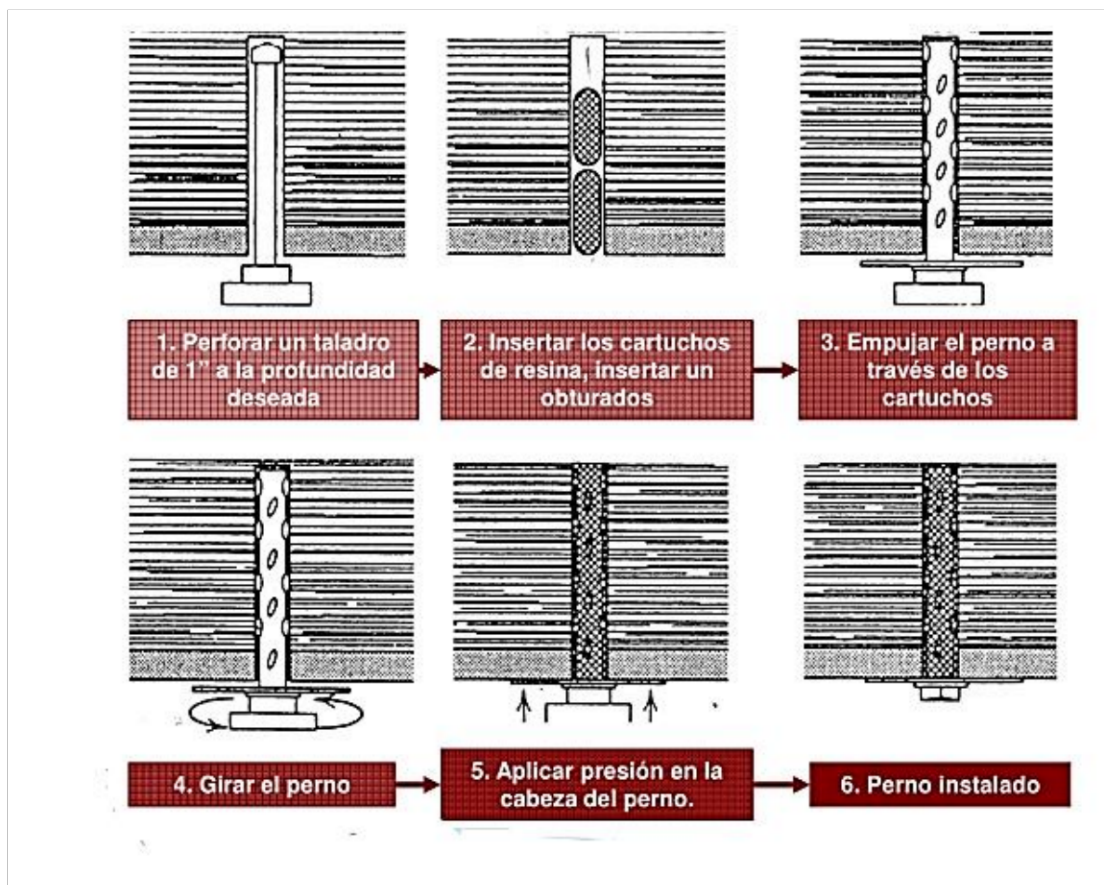


VENTAJAS

1. Trabaja de manera inmediata, tiempo de fraguado inmediato
2. Si se usa resina de rápido fraguado como adherente, el perno puede ser permanentemente presionado
3. En instalaciones permanentes, el perno puede tener alta resistencia a la corrosión
4. Se puede usar en rocas fracturadas
5. Alta capacidad de anclaje (de 4 a 6 MPa)

DESVENTAJAS

1. Dificultad con los cartuchos de resina en ambientes subterráneos que pueden afectar a su uso
2. En determinados casos su manipulación puede representar un riesgo
3. Anclaje difícil para longitudes superiores a 4 m y sensible con el diámetro de perforación
4. Poca durabilidad de las resinas y alto coste



5.2 ANCLAJES POR ADHERENCIA. CEMENTO

Los sistemas de cartuchos de cemento y lechada de cemento son los métodos de anclaje más usuales para un largo periodo de vida, ya que los materiales son baratos y la instalación es muy sencilla

Es un anclaje muy seguro, sin embargo, tiene menor adherencia que la resina (0,5 a 3 MPa), mayor tiempo de fraguado y resulta difícil de poner en práctica para longitudes superiores a 6 m.

6 Pernos anclados por fricción

Para ambos sistemas, la resistencia a la fricción para el deslizamiento entre la roca y el acero es generada por la fuerza axial entre la superficie del barreno y el perno. En instalaciones temporales, la presencia de humedad no es un inconveniente, pero debe descartarse su uso permanente

Este tipo de perno se caracteriza por su funcionamiento sin necesidad de adhesivos, como resinas o cemento. Su fijación se basa en la fricción generada entre el perno y las paredes del orificio, lograda al insertar el perno en una perforación. Este ajuste permite que el perno se adhiera a la roca y brinde un soporte inmediato, adaptándose a posibles desplazamientos menores en el macizo rocoso. Los pernos de fricción son ideales para trabajos de refuerzo temporales o de corta duración en zonas de baja a moderada carga.

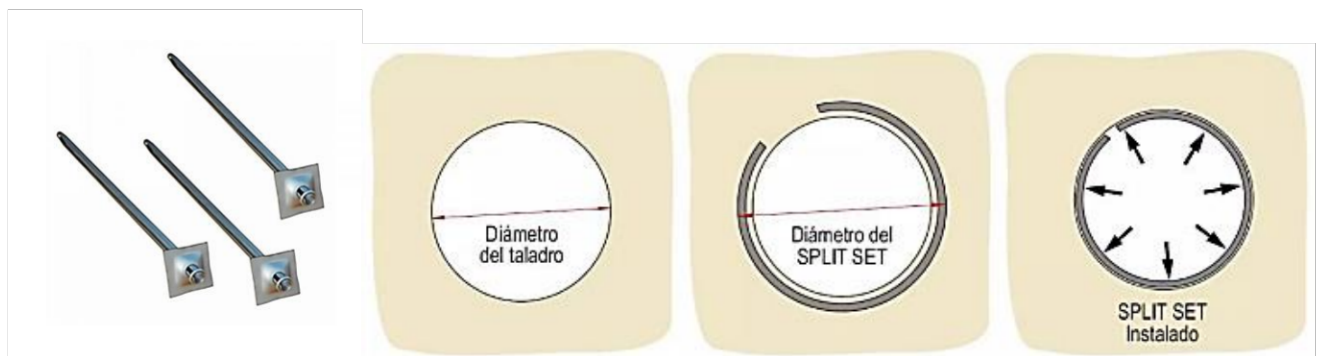
Existen dos tipos de pernos de fricción; Split-set y Swellex

6.1 Pernos Split set

Los pernos Split Set están fabricados a partir de tubos de acero longitudinalmente ranurados en un extremo. Al insertarlos en un taladro de diámetro ligeramente menor, el tubo se comprime y se adhiere a las paredes del orificio mediante fricción. Este tipo de perno se caracteriza por su facilidad de instalación y su capacidad de permitir ajustes del macizo rocoso ante movimientos leves sin comprometer la estabilidad.

Ventajas; Rápida instalación, permite deformaciones sin pérdida de soporte, adecuado para condiciones geomecánicas de baja a moderada carga.

Desventajas; Limitada capacidad de carga en comparación con otros sistemas, y menor durabilidad en ambientes altamente corrosivos si no están recubiertos adecuadamente.



6.2 Pernos Swellex

Los pernos Swellex son pernos de fricción que consisten en un tubo de acero plegado y cerrado en uno de sus extremos. Para su instalación, el perno se inserta en un orificio y se infla mediante agua a alta presión, lo que hace que el tubo se expanda y se ajuste a las paredes de la perforación. Este tipo de perno proporciona una sujeción inmediata y es muy flexible, permitiendo ajustes a medida que el terreno se deforma.

Ventajas; Instalación rápida y segura, buen comportamiento en condiciones de deformación, y versatilidad para distintos ajustes geomecánicos.

Desventajas; Su capacidad de carga depende del grosor del acero, y puede resultar más costoso que otros pernos de fricción debido al proceso de inflado.

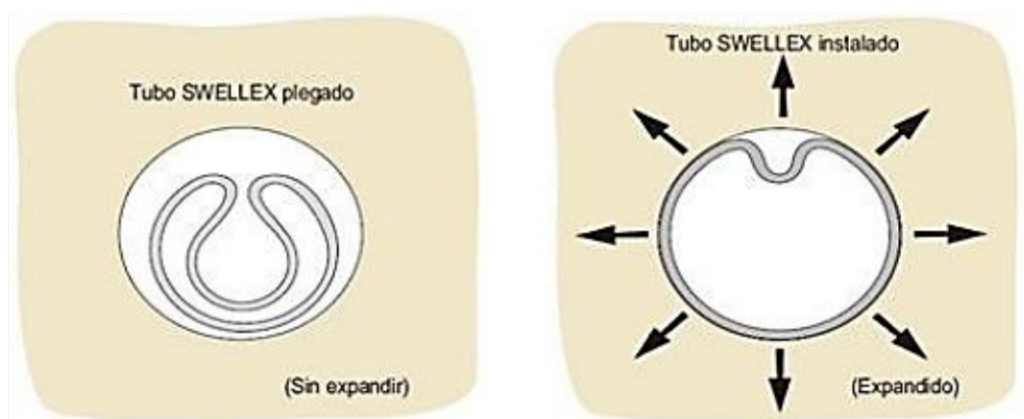


Ventajas

1. Trabaja de manera inmediata
2. Instalación rápida
3. Puede ser usado en una variedad de condiciones de terreno
4. La instalación causa contracción a lo largo del bulón, esto tensiona la plancha contra la superficie de la roca.

Desventajas

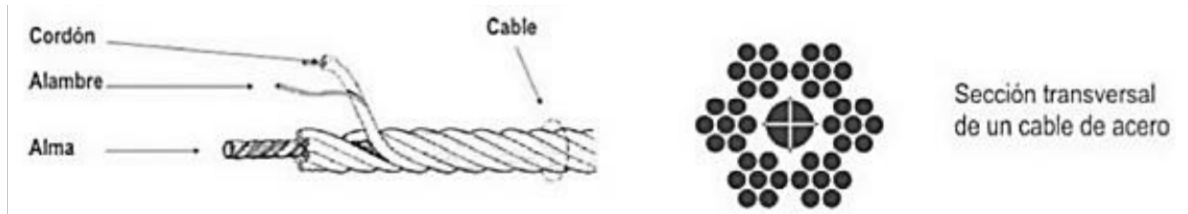
1. Relativamente caro.
2. Se requiere protección contra la corrosión en instalaciones permanentes
3. Se requiere una bomba para su instalación



7 Anclaje con cables (Cable Bolting)

Consiste en sostenimiento por medio de cable de acero que es un conjunto de alambres de acero retorcidos helicoidalmente que constituyen una cuerda de metal apta para resistir esfuerzos de tracción con apropiadas cualidades de flexibilidad.

El cable de acero está formado por tres componentes básicos: Los alambres que forman el cordón, los cordones y el alma.



Este sistema ha sido ampliamente utilizado en fortificación permanente en obra civil y minería en los últimos años. Su principal aplicación es controlar bloques inestables de gran tamaño en puntos de extracción, piques de traspaso e intersecciones de galerías

Una vez instalados y anclados, pueden tensarse con herramientas especiales, obteniendo una mayor estabilidad de la roca al lograr un reforzamiento adicional

Posteriormente, se pueden cementar en toda su longitud y conseguir un mayor confinamiento. La función principal del cemento o resina es transferir la carga de la roca al cable, además de realizar el anclaje cable-macizo.

El cable comúnmente usado es el denominado “trenzado simple” conformado por 7 alambres, que en conjunto tienen 5/8” de diámetro, con una capacidad de anclaje de 25 Ton. Pueden ser usados en cualquier longitud, en el rango de 5 a 30 m, ya sea en la modalidad de cable simple o doble. Desde luego hay una gran variedad de cables, destacando en la industria minera aparte del indicado, los cables des trenzados y los cables bulbados, para mejorar la adherencia del cable con el cemento

Ventajas

- Costo reducido
- Sistema permanente de larga duración
- Puede ser utilizado de cualquier largo en áreas estrechas
- Entrega alta capacidad de carga en cualquier roca
- Una vez anclado, puede tensarse con herramientas especiales

Desventajas

1. La pretensión del cable es una operación difícil.
2. El uso de cemento requiere de varias horas de fraguado

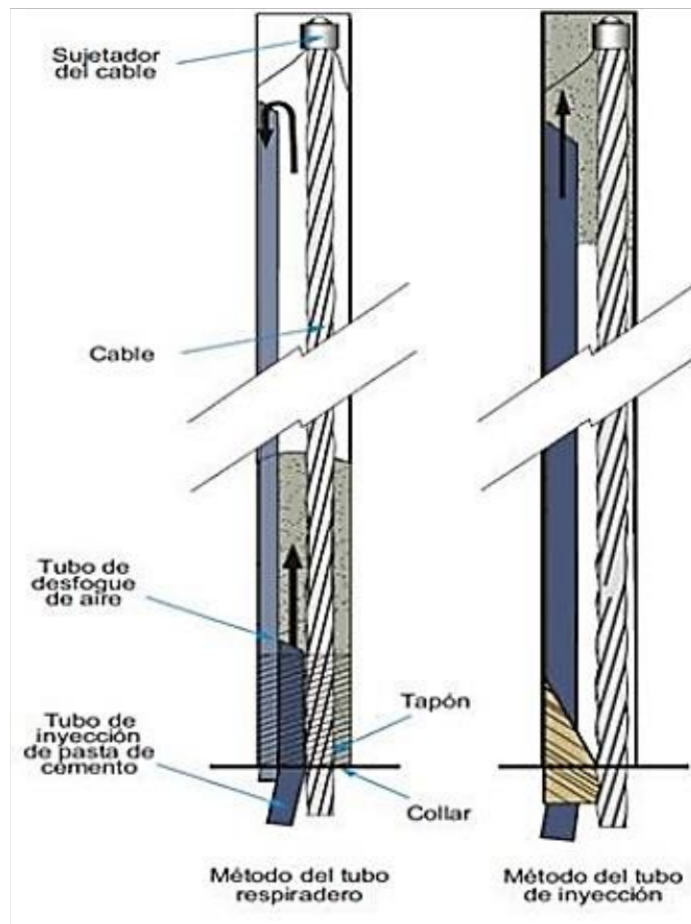
7.1 Métodos de inyección de lechada de cemento

Método del tubo respiradero

Éste es el método tradicional para instalar cables de trenzado simple en taladros ascendentes. La pasta de cemento es inyectada en el taladro a través de un tubo de 1½" de diámetro o más, colocado en el collar del taladro. El aire desfoga a través de otro tubo de diámetro pequeño ½", el cual se extiende hacia el fondo del taladro, encintado al cable. Tanto los tubos como el cable son sellados en el collar del taladro por medio de un tapón. La dirección del recorrido de la pasta de cemento es hacia arriba en el taladro. Cuando la pasta de cemento retorne por el tubo respiradero, la inyección habrá sido completada.

Método del tubo de inyección

Este método es utilizado en taladros ascendentes y descendentes con cables de trenzado simple. En este caso, se extiende hasta el fondo del taladro, un tubo de inyección de pasta de cemento de ½" diámetro o más, que va encintado al cable. El cable y el tubo son sujetados dentro del taladro por una cuña de madera insertada dentro del collar del taladro. La pasta de cemento es inyectada hasta el fondo del taladro, de tal manera que el taladro sea rellenado hasta que la pasta de cemento aparezca en el collar del taladro. Este método presenta ciertas ventajas respecto al método anterior, que radica principalmente en la evidencia del llenado del taladro y en que no hay probabilidad que la lechada fluya dentro de las fracturas rocosas.



8 Marcos Metálicos

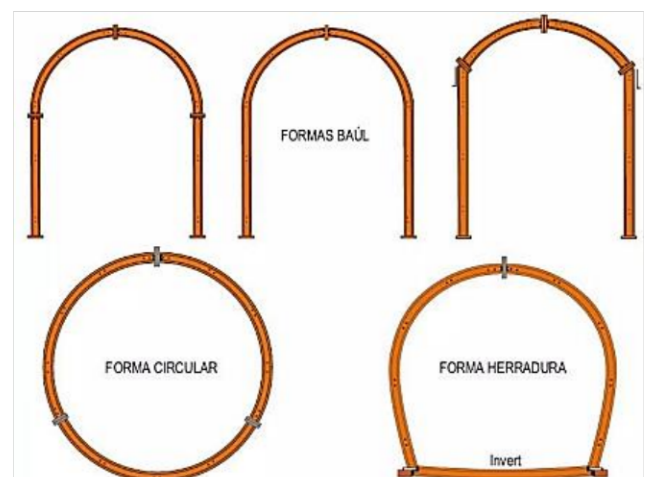
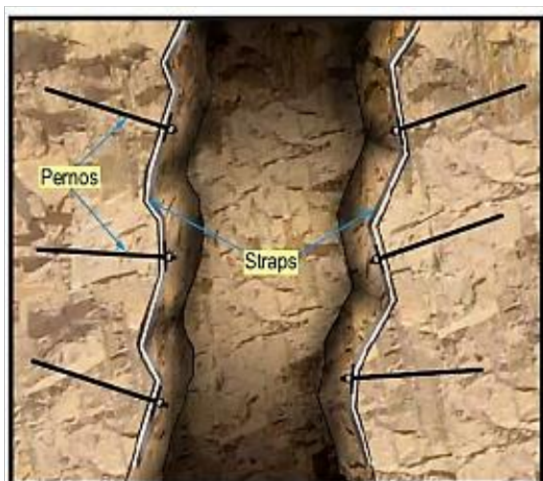
El sostenimiento con metales proporciona alta resistencia, estabilidad y durabilidad, siendo adecuado para condiciones de alta carga y aplicaciones de largo plazo. La elección del tipo de estructura metálica (marco, cimbra, cinta o arco) depende de las características geomecánicas del terreno, el tipo de excavación y los requisitos específicos de la obra. Estas estructuras, además, pueden ser reforzadas con otros métodos de soporte, como pernos de anclaje y concreto proyectado, para garantizar la seguridad y estabilidad de los trabajos subterráneos.

Estos soportes son altamente efectivos para resistir cargas pesadas, incluso después que se han producido fuertes deformaciones. Si no están bien colocados, en contacto continuo con el medio rocoso, son ineficientes y propensos a torcerse.



Los marcos metálicos se utilizan principalmente en los siguientes sectores:

- Puntos de extracción: se utilizan entre 2 a 5 marcos alineados y embebidos en hormigón armado.
- Reparación de sectores colapsados.
- Desarrollo de galerías con gran presencia de agua o muy mala calidad geotécnica, en las cuales es imposible utilizar otro tipo de sostenimiento.
- Intersección de labores.
- Portales de acceso a labores.



9 Mallas de Acero

Las mallas de acero para fortificación están fabricadas por alambre de acero especial de alta resistencia (en diferentes grosores), lo que permite utilizar una mayor distancia entre anclajes. Su uso está especialmente indicado en zonas comprometidas por estallidos de roca o donde el macizo está muy alterado y fragmentado.

El alambre está protegido contra la corrosión por una aleación especial, lo que la hace muy útil y apropiada en ambientes mineros. En minería hay dos tipos muy extendidos:

9.1 Mallas electrosoldadas

Las mallas electrosoldadas se caracterizan por tener uniones más sólidas, que evitan los desplazamientos de las mallas tejidas. Son muy fáciles y rápidas de instalar, pero se adaptan peor a las irregularidades del terreno.



9.2 Mallas tejidas (trenzadas)

La principal característica de las mallas tejidas es su alta flexibilidad y capacidad de absorber importantes cantidades de energía, además, se adaptan muy bien a superficies irregulares. Son muy eficientes en la retención de pequeños bloques inestables provocados por eventos sísmicos, activaciones estructurales y otros



Se colocan pegadas a las paredes de la labor, y son afianzadas con pernos o con lechada. Entre una malla y otra, deben superponerse sus bordes periféricos

Las mallas se usan como parte de sistemas de fortificación, son un muy buen complemento para el shotcrete

10 Fortificación con soportes hidráulicos

También conocidas como gatos hidráulicos, son dispositivos de soporte temporales o permanentes, este tipo de soporte cilindro emplea hidráulicos que permiten ajustar la presión aplicada al techo o las paredes de la excavación, proporcionando un soporte inmediato y adaptable. Son particularmente útiles en minas de carbón y otros proyectos subterráneos con rocas de baja resistencia, donde el terreno puede ser propenso a desprendimientos o colapsos.

10.1 Características

Soporte Ajustable y Flexible; los gatos hidráulicos permiten ajustar la presión de acuerdo con las condiciones del terreno y los cambios en la carga.

Fuerza de Soporte Inmediata; Al aplicar presión hidráulica, los gatos generan una fuerza de soporte instantánea que contribuye a la seguridad en el frente de trabajo. Esto es ideal para trabajos donde se requiere un soporte rápido y eficiente mientras se avanza en la excavación.

Portátiles y Reutilizables; los soportes hidráulicos pueden ser fácilmente trasladados y reinstalados en otros lugares, lo que los convierte en una opción económica y versátil. Esto permite que se reutilicen en múltiples frentes de trabajo o en diferentes etapas de una misma labor.

Uso en Ambientes de Alta Humedad y Temperatura; los gatos hidráulicos están diseñadas para soportar condiciones adversas, como altas temperaturas y humedad, típicas de ambientes subterráneos.

10.2 Componentes

Cilindro Hidráulico; es el componente principal que permite el ajuste de la presión mediante un sistema hidráulico de bombeo. Este cilindro es capaz de expandirse y contraerse para adaptarse a las dimensiones y requisitos específicos de la mano de obra.

Válvula de Control; permite el ajuste de la presión dentro del cilindro, asegurando que la gata mantenga la fuerza adecuada para la estabilidad del macizo rocoso.

Placas de Contacto; son las superficies que entran en contacto directo con el techo o las paredes de la excavación. Están diseñadas para distribuir la presión uniformemente y minimizar el riesgo de daño a la roca.

