



**MECÁNICA
DE ROCAS**

Control de estabilidad Estallamiento de roca

Noviembre 2025

¿Qué es un (“Rockburst”)?

El estallamiento de roca es la **liberación súbita y violenta de energía acumulada en rocas duras y frágiles** debido a altas tensiones, comúnmente provocadas por excavaciones subterráneas. Se manifiesta como un desprendimiento repentino y explosivo de grandes bloques de roca, poniendo en riesgo la estabilidad de minas profundas, túneles y galerías.

Características clave:



Características del estallamiento

Liberación súbita de energía: La energía almacenada en la roca debido a las altas presiones se libera de forma explosiva.

Violencia: La falla es violenta, lo que puede resultar en la proyección de fragmentos de roca a alta velocidad.

Riesgo significativo: Representa un grave peligro para la seguridad de los trabajadores, la economía y la productividad en la minería subterránea profunda.

Sismicidad inducida: El estallido de roca puede generar ondas sísmicas detectables, similares a las de un terremoto de pequeña magnitud, causadas por los cambios de tensión derivados de la actividad minera o de ingeniería.

En resumen, no se trata de un deslizamiento o caída de rocas convencional (gravedad), sino de una explosión o eyeción abrupta de material desde las paredes o el techo de una excavación, impulsada por la energía de tensión interna de la roca.

Indicadores de un estallamiento de roca.

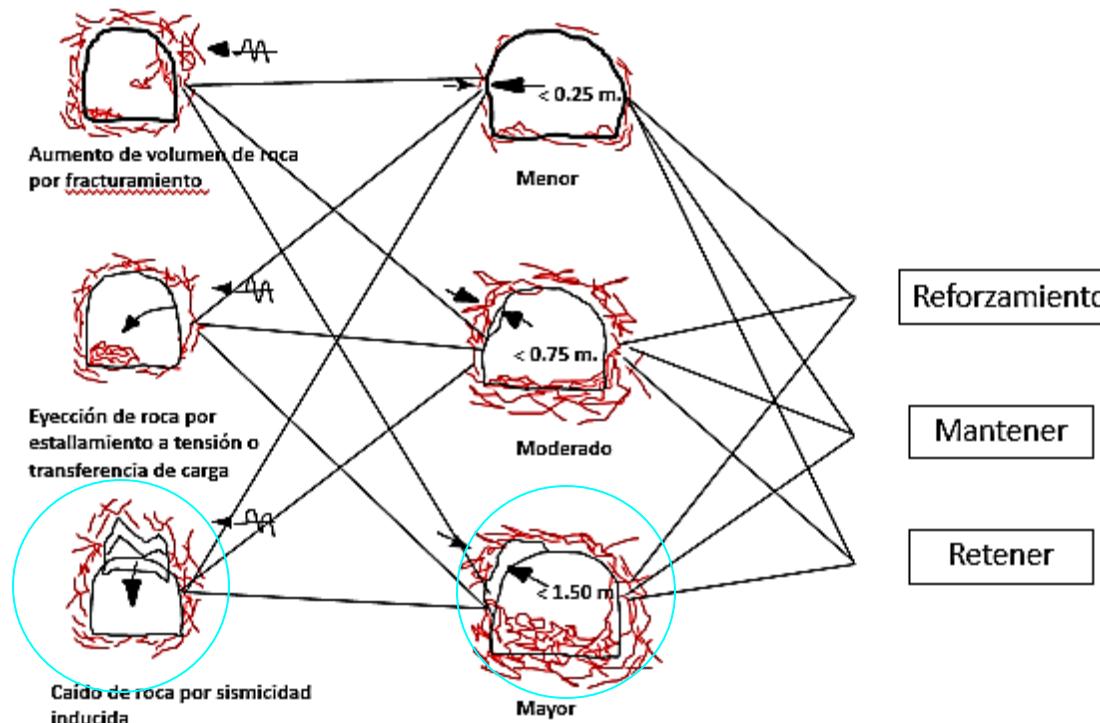
- Profundidad de mina.
- Propiedades mecánicas y comportamiento de la roca intacta (resistencia, dureza, fragilidad, etc.).
- Persistencia, orientación y propiedades mecánicas de los sistemas de fracturas (contactos geológicos, intrusivos).
- Tamaño, forma y proximidad de obras mineras.

Evaluación obra Minera.

Mecanismo de daño

Severidad de daño

Soporte requerido



Modificado de [Kaiser et al. \(1996\)](#)

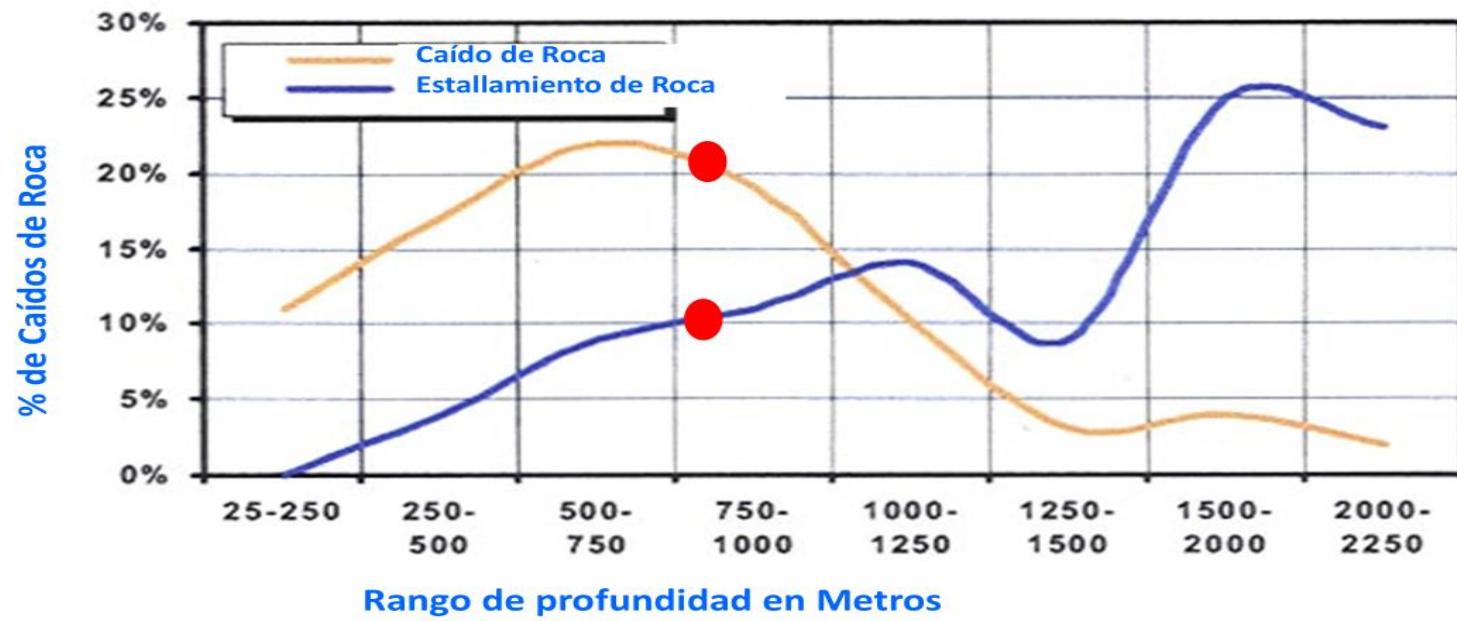


Xc 89-349
Enero 2023



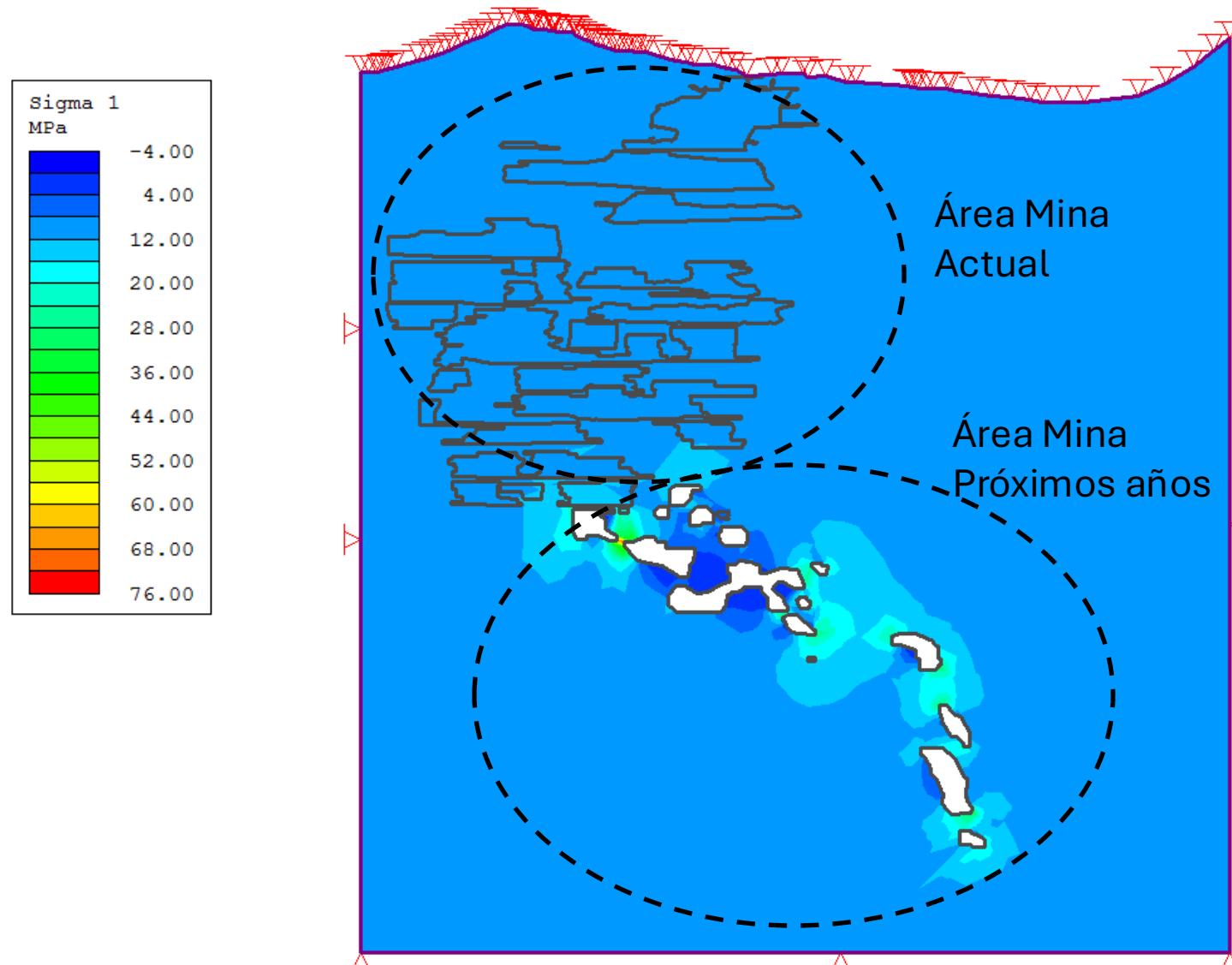
Xc 88-381
Marzo 2022

Las evidencias físicas en las obras visitadas arrojan que el mecanismo de daño es **por sismicidad inducida**, con severidad de **daño mayor**, por ende, es necesario Reforzar, mantener y retener el comportamiento del macizo rocoso.



Tipo de fallamiento de la roca versus la profundidad del minado

Tendencia de esfuerzos a profundidad (Phase2)



Según la medición de esfuerzos por overcoring, indica que el esfuerzo principal mayor esta en la horizontal 2.4 veces que la vertical (2018).

Causas y factores detonantes

Alta presión y esfuerzos concentrados: La acumulación de altos esfuerzos tangenciales (presión en el plano de la excavación) y la reducción de los esfuerzos radiales (presión perpendicular) provocan la liberación repentina de la energía de deformación elástica que la roca ha almacenado. La concentración de esfuerzos, a menudo exacerbada por la excavación, es el factor decisivo.

Profundidad: La probabilidad de un estallido aumenta con la profundidad de la mina, ya que la carga de presión sobre el macizo rocoso es mayor.

Dureza y fragilidad de la roca: Los estallidos de roca son más comunes en rocas duras y quebradizas que pueden acumular una gran cantidad de energía de deformación antes de fallar de manera violenta y repentina.

Eventos sísmicos: Los terremotos naturales o la sismicidad inducida por la minería pueden desencadenar la liberación de energía en rocas que ya se encuentran sometidas a una alta presión.

Estructuras geológicas: La presencia de fallas, diques y diaclasas en el macizo rocoso puede crear zonas de debilidad que aumentan la concentración de esfuerzos y la posibilidad de un estallido.

Métodos de minería: Ciertos métodos de excavación defectuosos o la ubicación de excavaciones cerca de fallas pueden redistribuir los esfuerzos y liberar la energía acumulada en el macizo rocoso.

Tamaño de la excavación: Las excavaciones de gran tamaño pueden aumentar el riesgo de estallidos de roca, especialmente a grandes profundidades.

Mecanismos del estallido

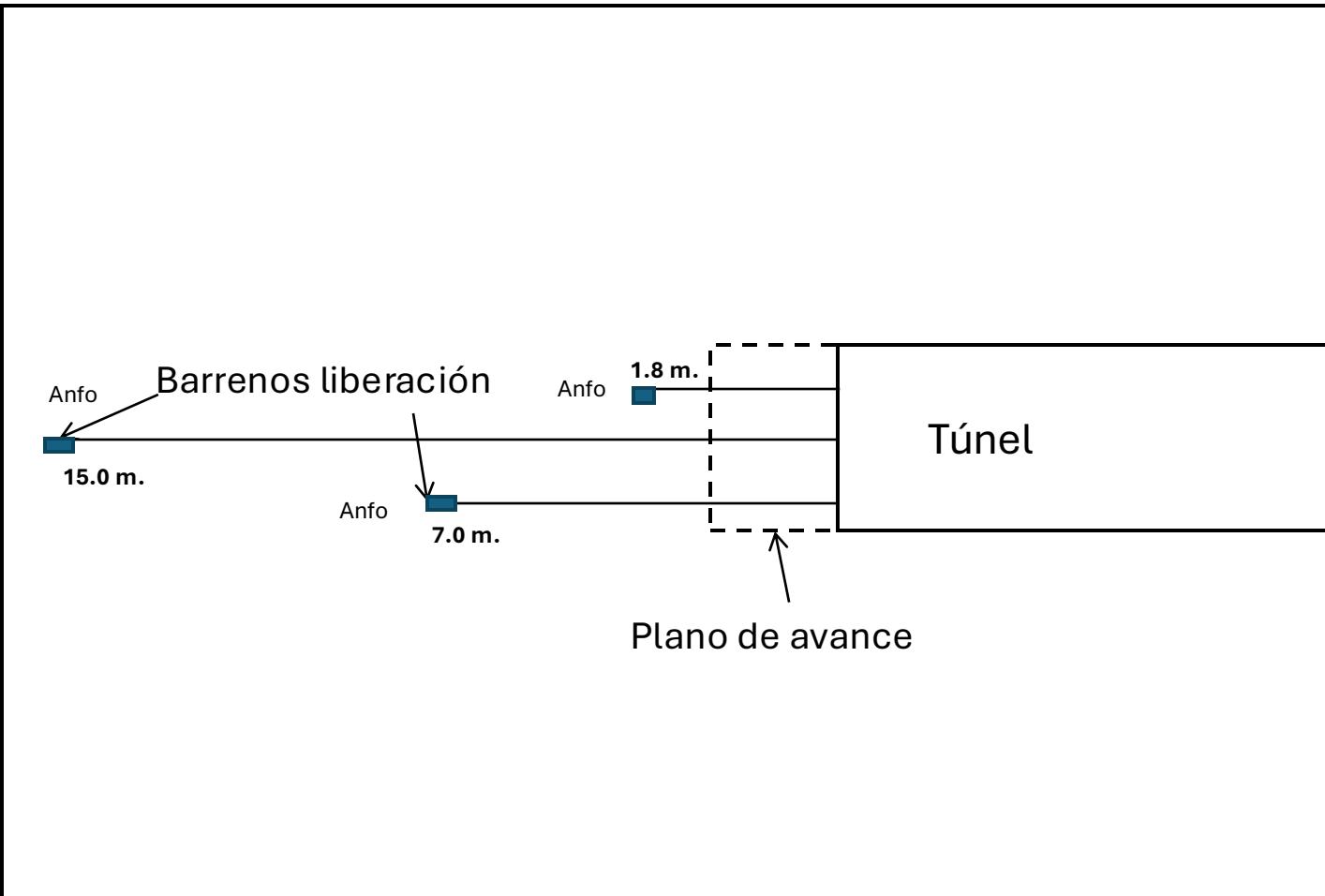
Estallido por deslizamiento de falla (Fault-slip burst): Este tipo de estallido es causado por cambios en los esfuerzos a lo largo de fallas preexistentes en la roca, lo que provoca un deslizamiento repentino que libera energía sísmica.

Liberación de esfuerzos

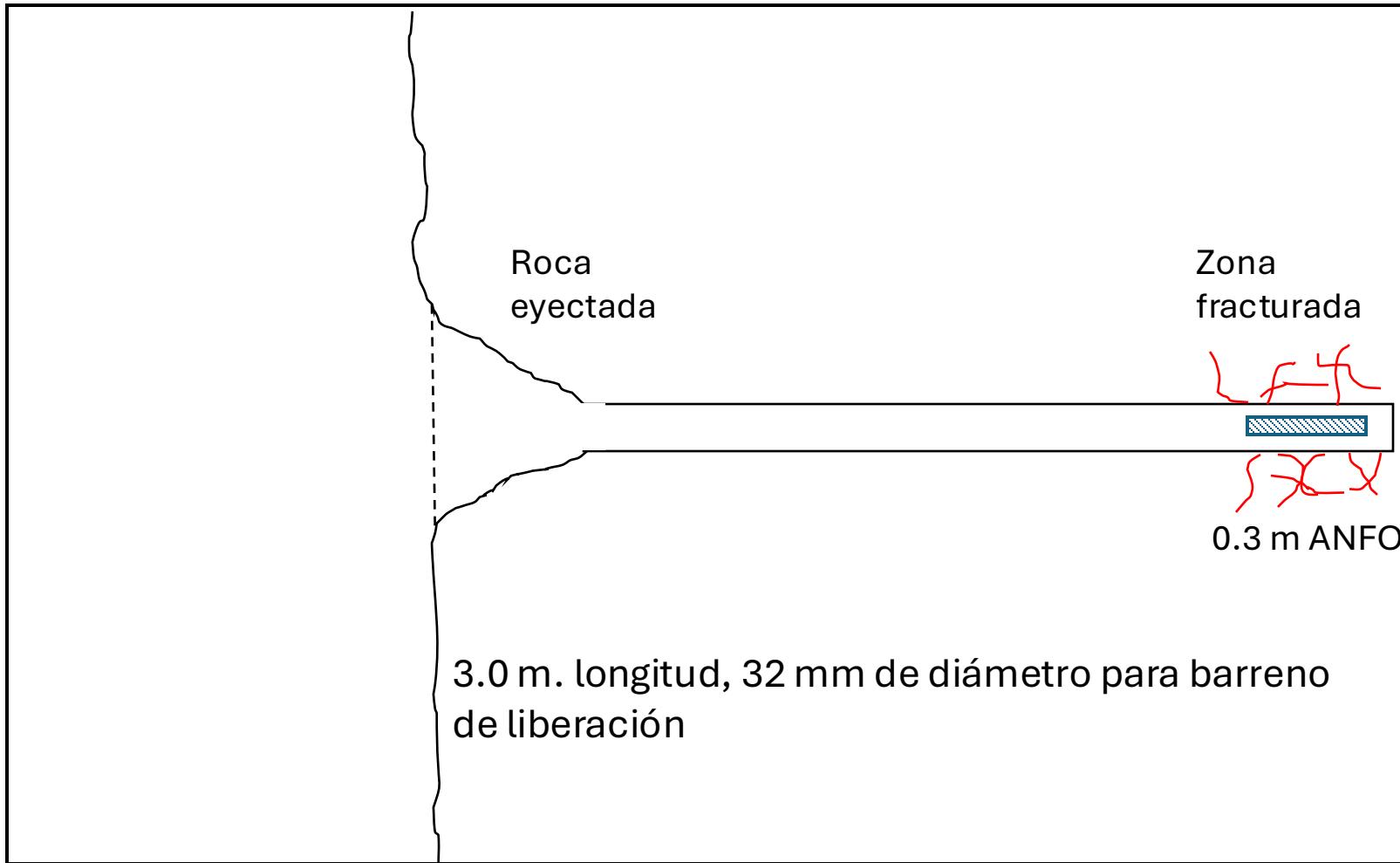
La sismicidad inducida y los estallamientos de roca son el resultado de la liberación de energía resultado de una explotación minera y de la profundidad de la misma.

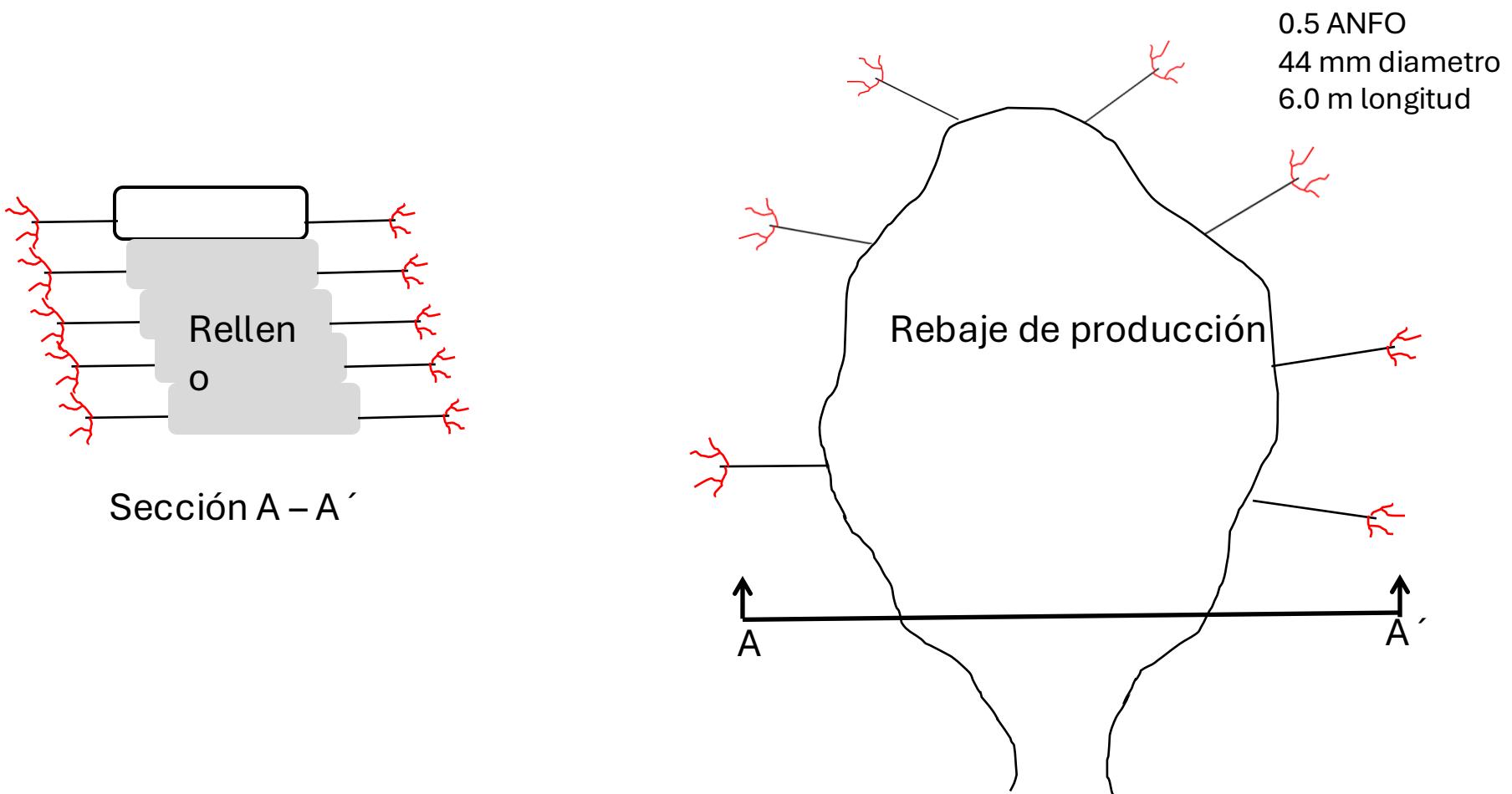
Las expresiones físicas de este tipo de evento es a través de ruidos, eyección de roca, falla de pilares, así como de grandes caídos.

La técnica de liberación de energía es una excelente herramienta para la relajación de la energía para reducir el riesgo de un estallamiento de roca, ésta se combina usando una carga explosiva al fondo del barreno para crear un sistema de fracturas que absorberá la energía liberada en el macizo rocoso. Es muy característico que la sismicidad inducida y los estallamientos de roca se manifiestan principalmente en rocas muy rígidas (granitos, granodioritas, etc.)



Sección mostrando arreglo general de barrenos de liberación de esfuerzos usado durante los 60´s (after Dickhout 1962)

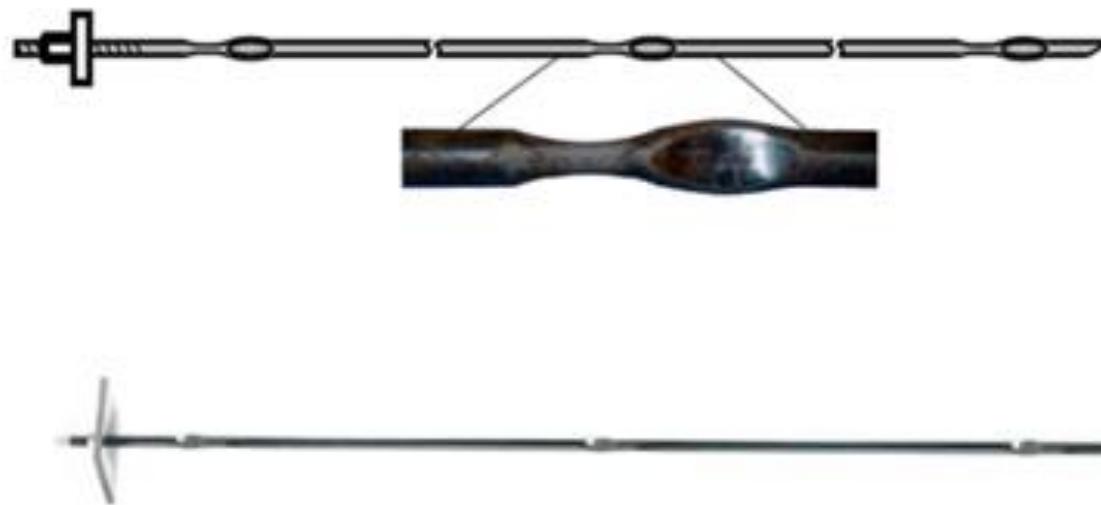




Planta mostrando barrenos de liberación de esfuerzos en sistema de minado de corte y relleno

Anclaje dinámico

D-Bolt



Proporciona disipación de energía al sistema de soporte a través de la elongación de la barra entre anclas, están pensados para formar parte de un sistema global de soporte.

Terreno controlado con los dos sistemas de soporte.



Utilización de anclas tipo Split-Set (éstas se utilizan solamente en las tablas)

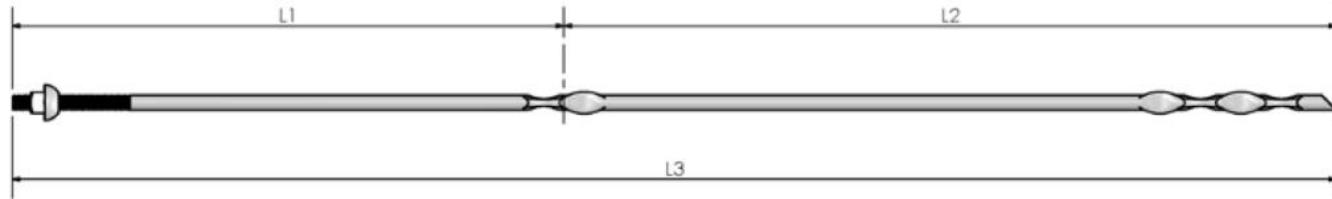


Cercha de malla utilizada en el mantenimiento de sistema de soporte, con problemas de estallamiento de roca.

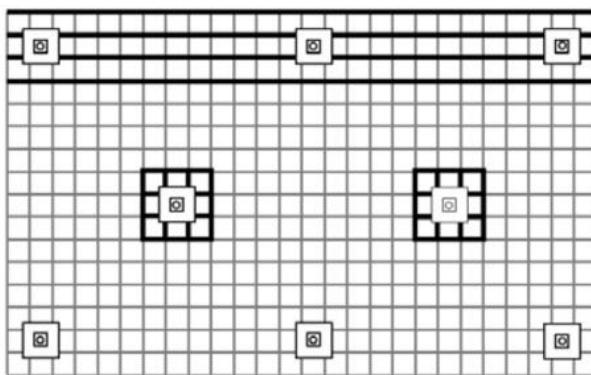




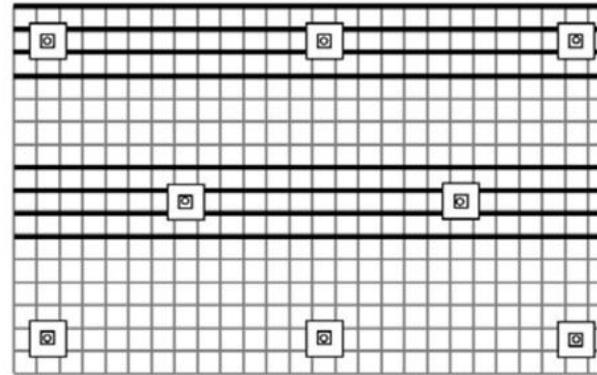
Anclaje dinámico



Ancla tipo versa, utilizada para la absorción de energía en obras sometidas a esfuerzos.



Opción 1



Opción 2

Terreno con problemas de estabilidad, por la presencia de esfuerzos horizontales.



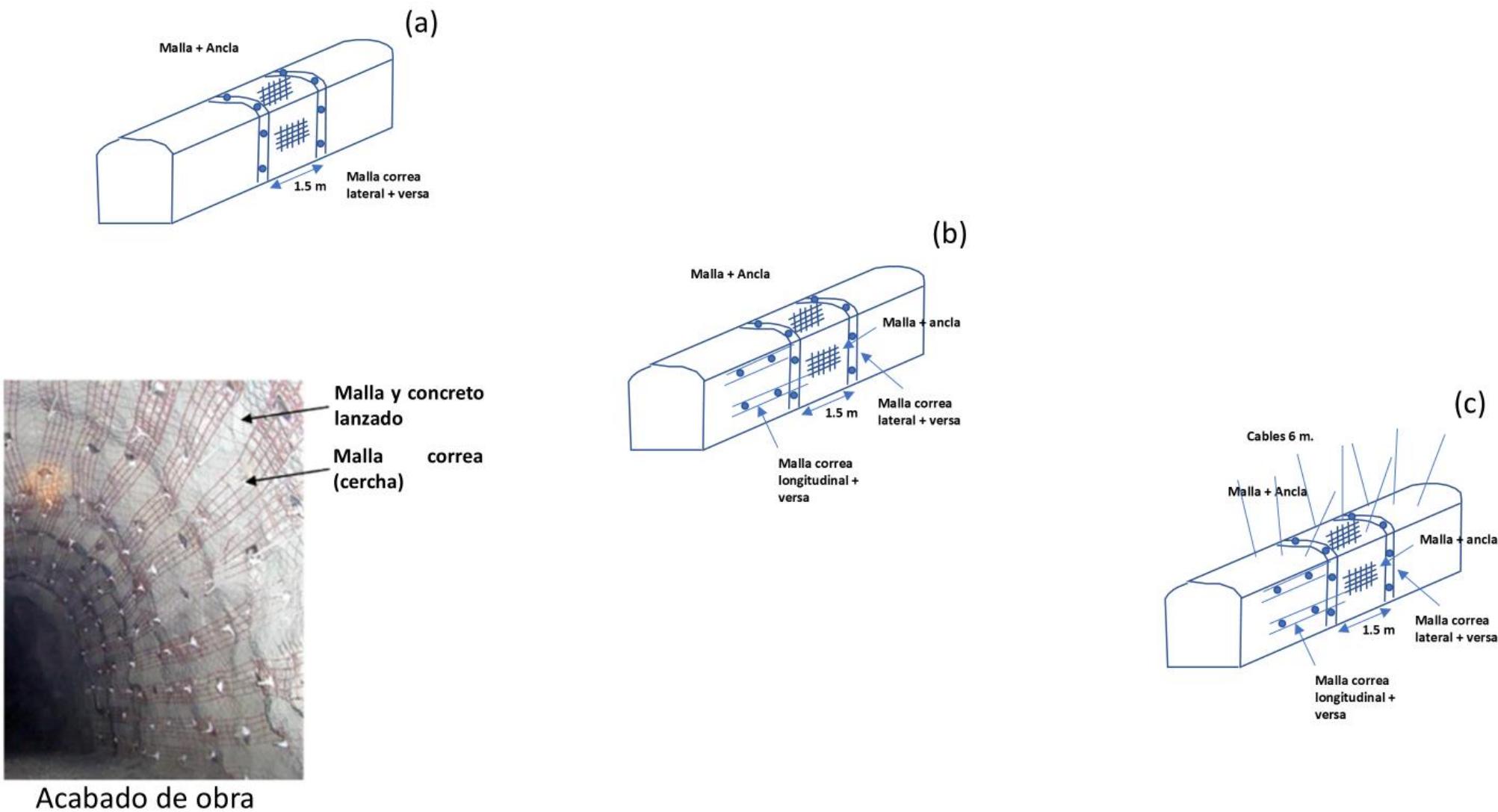
Malla Geobrugg

Esta malla esta diseñada para el control de estabilidad de obras que se encuentran bajo condiciones de altos esfuerzos, su aplicación es muy sencilla y además permite que con brazo enmallador se puede colocar de manera inmediata sin exponer al personal en riesgo durante su aplicación.

Actualmente en la Mina Capela se cuenta con un aditamento para este tipo de malla y en México se tiene al personal certificado para su capacitación a los operarios de las minas Peñoles.



Secuencia Anclaje dinámico, malla, cercha



Comentarios finales

- El análisis de los esfuerzos y su comportamiento en una obra subterránea requiere mucho del conocimiento de las propiedades mecánicas de los diferentes macizos rocosos en los cuales se desarrollara la obra, implica también del conocimiento de campo, la experiencia de operación y el uso de la tecnología con la que se cuenta en la unidad.
- La aplicación de los conocimientos operativos reducirá en gran medida el riesgo de que las obras fallen y con esto reducir la exposición al riesgo al personal, los equipos y la continuidad de las operaciones.