

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA
MÓDULO N°5 SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN



MAURICIO BELMONTE LERMA
INGENIERO CIVIL DE MINAS
 EMAIL: mr_belmonte@hotmail.com

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Calendario I Semestre 2014 INT. A LA MINERÍA

Sesión N°	Contenido	TMD I-A
1	Historia, propiedades (Cu)	26-03-2013
2	Panorama productivo, producción, minera	03-04-2013
3	Yacimientos Mineros	10-04-2013
4	Procesos Geológicos	17-04-2013
5	Control N° 1	24-04-2013
6	No hay clases	01-05-2013
7	Sistemas de Explotación (Rajo Abierto)	08-05-2013
8	Sistemas de Explotación (Subterráneo)	15-05-2013
9	Procesos de Explotación (Rajo Abierto)	22-05-2013
10	Control N° 2	29-05-2013
11	Procesos de Explotación (Subterránea)	05-06-2013
12	Ciencias de Apoyo (Topografía y Estabilidad de Taludes)	12-06-2013
13	Procesamiento de Minerales	19-06-2013
14	Exposición de Trabajos	26-06-2013
15	Visita Mina Escuela	28-06-2013
16	Control N° 3	03-07-2013
17	Sustentabilidad (Medio Ambiente, Control de Pérdidas)	10-07-2013
18	Exposición de Trabajos	17-07-2013
19	Examen	24-07-2013
20	Repetición	31-07-2013
21	Vacaciones (04 al 16 de Agosto)	

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

TRABAJO GRUPAL

TEMAS:

- 1.- Aplicaciones y usos del Cu
- 2.- Evolución de la Seguridad en la Minería Chilena
- 3.- Gran Minería (Pórfidos cupríferos)
- 4.- Mediana Minería
- 5.- Pequeña Minería
- 6.- Metales (Oro, Plata, Carbón, Salitre, Hierro, Litio, etc.)
- 7.- Código de Minería (pasos a seguir hasta la obtención de la pertenencia minera)
- 8.- Libre (elección del Alumno)

PAUTAS GENERALES PARA ELABORAR UN TRABAJO

Tapa.
La tapa debe contener el título del trabajo, el nombre de los integrantes, el nombre del profesor (para este caso). Opcional, es colocar algún logo (por ejemplo el de la Universidad).

Segunda hoja.
Va el temario o índice de contenidos. Este temario parte con la introducción y luego los diferentes temas a desarrollar, colocando al frente, el número de página donde se encuentra el tema.

Tercera hoja y subsiguientes.
Va la introducción, que es una breve reseña del trabajo que se ha desarrollado. Dentro de la introducción, van los objetivos de la presentación. Luego, en las páginas subsiguientes, va el desarrollo de cada uno de los puntos. Finalmente (en la última página), van las conclusiones del trabajo.

Nota. Una cosa es el trabajo y otra es la presentación

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

TRABAJO GRUPAL

Cada grupo deberá entregar un documento que contenga:

- 1.- Nombre del Trabajo
- 2.- Nombre de todos los integrantes del grupo
- 3.- La presentación es en Power Point, en no más de 10 láminas, destacando lo relevante del trabajo.
- 4.- Expositores: Libre. Lo puede presentar un integrante del grupo o se pueden turnar
- 5.- Tiempo de exposición. 12 minutos, para dejar 3 minutos para preguntas

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA



¿¿ DUDAS??

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

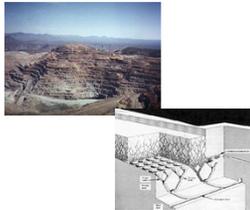


Explotación minera: Es el proceso o conjunto de procesos por el cual extraemos un material natural terrestre del que podemos obtener un beneficio económico: puede ser desde agua, hasta diamantes, por ejemplo. Se lleva a cabo mediante pozos (caso del agua o del petróleo, entre otros), en minas, subterráneas o a cielo abierto, o en canteras.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

¿Cómo se diseña la extracción?

El resultado de los diversos estudios de ingeniería permite determinar la relación óptima entre la capacidad de extracción y beneficio de mineral, la que se expresa en miles de toneladas de cobre fino a producir en un año.



De acuerdo con la capacidad de operación establecida, se determina la mejor secuencia para extraer el mineral, compatibilizando las características de la operación con los resultados económicos esperados para un largo período (en general, sobre los 10 años).

Esta secuencia se conoce como plan minero y el período en el cual se alcanza el agotamiento total de los recursos es la vida útil de la mina.

El plan minero entrega además, las bases para asegurar que la operación sea eficiente y confiable en todas sus operaciones.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Para esto, se define el área del yacimiento que se explotará (denominada **mineral** en lenguaje minero), de acuerdo con la ley de corte, que es la ley mínima explotable, es decir, corresponde a la ley de mineral en que no da pérdidas ni ganancias.

El material existente bajo la ley de corte es considerado **estéril** o mineral de baja ley, que podría ser recuperado a través de otro procedimiento en otro tiempo.

La extracción del material se realiza siguiendo una secuencia de las siguientes fases:

Perforación.



Tronadura.



El producto principal de este proceso es la entrega de mineral para ser procesado en la planta de beneficio.



Carguío.



Transporte.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ELECCIÓN DEL METODO DE EXPLOTACION

En la elección del método de explotación, intervienen fundamentalmente los siguientes factores :

Características Geográficas

- Profundidad
- Cercanía a un lugar poblado
- Clima.



Características Geológicas y Físicas del Yacimiento

La forma del yacimiento o cuerpo mineralizado
 Potencia si se trata de una veta o manto
 Diseminación de las leyes si se trata de un yacimiento masivo.
 Profundidad respecto de la superficie
 Dimensiones del yacimiento, su cubicación.
 Naturaleza mineralógica de los componentes de la mena.
 Sus leyes o repartición de la mineralización en el interior del cuerpo mineralizado.
 Características mecánicas de la roca mineralizada y de la roca encajadora.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ELECCIÓN DEL METODO DE EXPLOTACION

Condiciones Económicas

La explotación de un yacimiento debe realizarse al menor costo posible, debido a que tanto el costo de acceso, desarrollos y preparación propios del método de explotación son elevados.



Intervienen además, el tratamiento o procesamiento del mineral, inversiones en equipos, materiales y otros

Las condiciones presente y futuro del mercado permiten determinar si un yacimiento de ciertas características geológicas y físicas es explotable o no. También puede ser factor determinante el ritmo de explotación o el grado de selectividad alcanzable

Hay una tendencia importante que lleva a explorar yacimientos de leyes cada vez más bajas, debido principalmente a dos causas :

- El agotamiento de los yacimientos de leyes altas
- La necesidad del abastecimiento constante del mercado

Para solucionar estos problemas se recurre a dos alternativas :

- Seleccionar en el interior del yacimiento las zonas más ricas (métodos selectivos)
- Explotar grandes masas de baja ley, con costos también bajos debido al gran tonelaje (métodos altamente mecanizados.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

TIPOS DE YACIMIENTO



Masivos : Cobre Porfídico (Andina, Teniente, Salvador, Chuquicamata, Escondida, etc.)

Manto : Paralelos a la estratificación, Potencia limitada (Tabulares)

Veta : Claramente delimitado por roca no mineralizada (Gran inclinación)

Lente o Bolsón : Yacimiento aislado - Placeres : Oro, Plata

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

ELECCION DEL METODO DE EXPLOTACION

Factores de Selección :

- Profundidad, forma y tamaño del cuerpo
- Ubicación (Recursos)
- Calidad Geomecánica de la roca mineralizada y roca de caja
- Distribución y Leyes
- Económico
- Reglamentación (Medio Ambiente)



Reservas Extraídas
Reservas In situ

- Selectividad
- Dilución
- Simplicidad

Costos :

- Inversión
- Operación

Crterios de Selección :

- Rendimiento y Productividad
- Seguridad al Personal, Equipos e Infraestructura
- Recuperación

CLASIFICACION DE LOS METODOS DE EXPLOTACION

CIELO ABIERTO



SUBTERRÁNEO

a.- Caserones Rellenos

- Shrinkage
- Cut And Fill



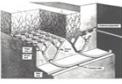
b.- Caserones Vacíos

- Room And Pillar
- Sub Level Stopping



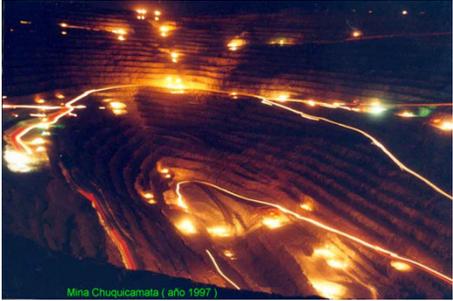
c.- Por Hundimiento

- Sub Level Caving
- Block Caving



INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

MINERIA CIELO ABIERTO



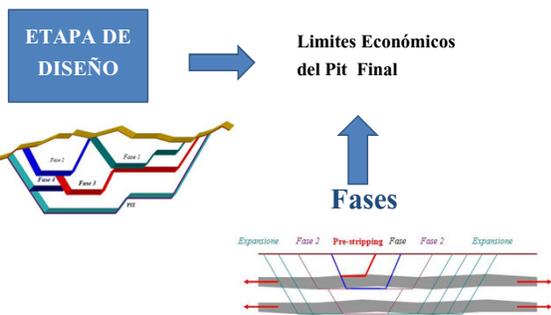
Mina Chuquicamata (año 1997)

EXPLORACIÓN A RAJO ABIERTO

Las minas a cielo abierto son económicamente rentables cuando los yacimientos son de **gran tamaño, afloran en superficie** o se encuentran **cerca de la superficie** o la **competencia del terreno** no es estructuralmente adecuada para trabajos subterráneos (como ocurre con la arena o la grava). Cuando la profundidad del yacimiento aumenta, la ventaja económica del cielo abierto disminuye a favor de la explotación mediante minería subterránea (relación máxima es 3:1).



TRAZADO DE EXPANSIONES O FASES DE EXPLOTACION



COMO SE CONSTRUYE UN RAJO A CIELO ABIERTO

Un rajo se construye con un determinado ángulo de talud, bancos y bermas en las que se realiza el transporte y el carguío de los camiones.

Este tipo de extracción se utiliza cuando los yacimientos presentan una forma regular y están ubicados en la superficie o cerca de esta, de manera que el estéril que lo cubre pueda ser retirado a un costo tal que pueda ser adsorbido por la explotación de la porción mineralizada.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

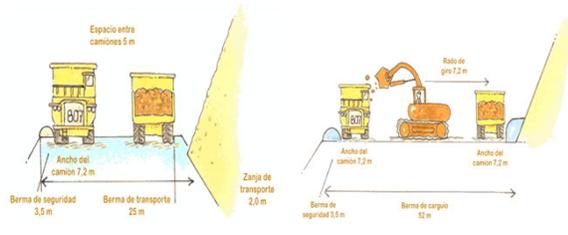
Banco: Escalón comprendido entre dos niveles. En los cortes escalonados se ven dos caras. Una cara horizontal que corresponde al plano horizontal mediante el cual se extrae el material y una cara vertical lateral que representa al altura del banco.

Altura de banco: Es la distancia vertical entre dos Niveles, desde la pata del banco hasta la cresta.



INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Bermas: Un banco esta compuesto por tres bermas: **berma de carguío**, **berma de transporte** y **berma de seguridad**. Las bermas de carguío tienen 52 metros de ancho, las bermas de transporte tienen 25 metros de ancho (ambas, dependiendo de la dimensión de los equipos), y las bermas de seguridad de 3,5 metros por 1,5 metros de alto. Además están las **bermas de contención** (son bermas angostas que se dejan cada dos o tres bancos y como su nombre lo indica, es para contener todo el material que pudiera caer de los bancos superiores).



INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Bermas de contención:



INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Rampa: es el camino en pendiente que permite el tránsito de equipos desde la superficie a los diferentes bancos en extracción.

Tiene un ancho útil de 25 m, de manera de permitir la circulación segura de camiones de gran tonelaje en ambos sentidos.

Pendiente: Es la inclinación del terreno con respecto al plano horizontal. La pendiente recomendada para la construcción de rampas es de un 8%.



INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Ángulos de Talud: Dentro de los ángulos de talud, existen tres ángulos:

Talud de banco: Es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco (entre 80° y 90°).

Talud de trabajo: Es el ángulo determinado por las patas de los bancos entre los cuales se encuentran plataformas de trabajo (20° y 30°).

Talud Final: Es el ángulo delimitado por la horizontal y la línea que une la pata del banco inferior y la cresta del banco superior.

Este plano presenta una inclinación de 45° a 58° con respecto a la horizontal, dependiendo de la calidad geotécnica (dureza, fracturamiento, alteración, presencia de agua) de las rocas que conforman el talud.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Asimismo, se determinan los lugares donde se ubicarán los botaderos de material estéril, las instalaciones eléctricas, los puntos de suministro de petróleo y agua, las plantas de beneficio, los talleres y las dependencias administrativas, de manera que no sean afectadas por los avances del rajo en un tiempo considerable.



ELEMENTOS QUE FORMAN UN RAJO

- Bancos
- Altura de banco
- Bermas (de seguridad y de trabajo)
- Rampas
- Pendiente
- Pata y cresta de banco
- Angulo de talud (de banco, trabajo y final)



Explotación a cielo abierto

El rajo se va construyendo en avances sucesivos, lateralmente y en profundidad. A medida que se va profundizando en la mina, se requiere ir ensanchándola para mantener la estabilidad de sus paredes. De este modo, se genera una especie de anfiteatro escalonado con caminos inclinados, cuya forma es dinámica ya que va cambiando a medida que progresa la explotación.





INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Si bien el concepto de una mina a rajo es sumamente básico, su concepción y desarrollo involucra un planeamiento complejo y costoso.

Cabe indicar, además, que frecuentemente muchas operaciones mineras empiezan como rajo y cuando llegan a un punto en que el costo de extraer el mineral no cubre el costo de extracción de las rocas aledañas, empiezan a utilizar métodos de minería subterránea (relación lastre mineral 3:1).

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

¿COMO SE EXPLOTA UNA MINA A CIELO BIERTO?

Antes de iniciar la perforación, es importante tomar en cuenta un elemento fundamental en su planificación: **el ángulo del talud** final (del rajo), el cual determinará tanto la **seguridad** como la **rentabilidad de la mina**.

Una vez determinado los diferentes ángulos de talud, se empieza con el retiro de toda la sobrecarga para llegar al mineral (pre-striping).

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Una vez realizado el pre-striping, viene el banqueo de la mina, comenzando con la perforación y tronadura (procesos que parten los bloques de roca), para la posterior extracción de la roca fragmentada.



INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Posteriormente esta roca fragmentada se carga en camiones con grandes palas eléctricas o hidráulicas.



INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

A medida que el rajo va creciendo se continua con la formación de bancos, alrededor de los cuales se explota el mineral. Estos bancos están conectadas a través de rampas entre ellos.

El rajo abierto supone la extracción de todo el material de la zona donde se encuentra el mineral (lastre mas mineral), por lo tanto, el material generado es un gran volumen de rocas .

Por lo que es necesario usar maquinaria y equipos de gran capacidad, lo que además es posible debido a que el espacio no está restringido como es el caso de las minas subterráneas.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

El material clasificado con contenido metálico se transporta a la planta de beneficio para que pueda seguir los posteriores tratamientos físicos y químicos para obtener el mineral resultante.

Mientras que el material clasificado como desecho, se vierte en zonas asignadas para ello (botaderos).

A veces existe una tercera categoría de material de baja calidad (mineral de baja ley) que puede almacenarse en algún stock por si en el futuro pudiera ser rentable su aprovechamiento.

Cuando la mina llega al final de su vida útil, las últimas operaciones de acuerdo a lo planificado en su Plan de Cierre, materializan acciones que permitan su abandono seguro.



INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

MINERÍA SUBTERRÁNEA

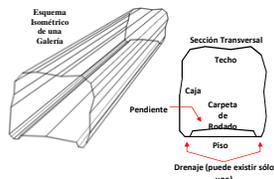
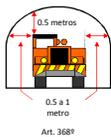


DEFINICIONES BÁSICAS

Túnel: Labor horizontal, caracterizada por su alto y ancho (sección) y por la función que desempeña.

Se excava en forma continua y consta de una o dos salidas (corta al cerro en uno o dos puntos). Según la función que desempeña debemos definir su vida útil

Galería: Túnel sin salida a superficie, que conecta sectores dentro de la mina.



Desquinche: Sobre excavación de una sección, en la cual la cara libre para la tronadura coincide con una de las paredes o techo de la sección original.

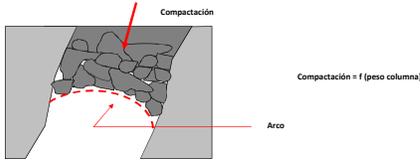
Estocada: Galería horizontal que se construye a partir de otra galería mayor y que es relativamente corta. Esta puede ser utilizada para diversas actividades como estacionamiento de equipos por ejemplo.

Rampa: Galería de acceso a diferentes niveles. Su geometría puede ser elíptica, circular o en "8". Se construyen en pendiente de modo que se pueda acceder a distintas cotas en la mina (6 a 20%).

Silo o Tolva: Excavación de gran volumen que cumple la función de almacenar mineral (para stock de material por si se produce un problema de envío de mineral desde la mina).

FLUJO EN UNA CHIMENEA

El escurrimiento del mineral debe ser totalmente expedito y libre. Al almacenarse material en los conductos se produce un problema, ya que si el material se deja en una chimenea o un silo tiende a compactarse a medida que la columna crece, la roca tiende a formar un arco natural conocido como colgadura de una chimenea.



Los factores que influyen en la formación del arco son:

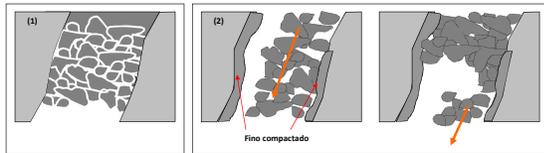
- Distribución de tamaños de los fragmentos de roca.
- Tamaño máximo de los fragmentos.
- Forma de los fragmentos.
- Viscosidad de la roca.
- Material fino entre las colpas.
- Contenido de humedad.
- Efectos de trituration que sufre la roca al pasar por la chimenea.

• Se debe esperar que un buen diseño evite este problema, ya que al aumentar el diámetro de la chimenea el arco pierde resistencia.

• También debemos considerar otros aspectos relacionados con la operación y de la faena en particular.

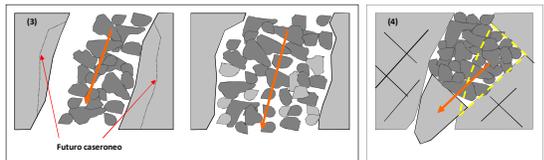
• En zonas de bajas temperaturas puede que sea frecuente el congelamiento del material (agua entre los espacios del material), lo cual genera colgamientos **(1)**

• Otra consideración es que el material fino puede generar compactación en las paredes de la chimenea produciéndose el Enyampamiento (disminución de la sección de la chimenea) **(2)**

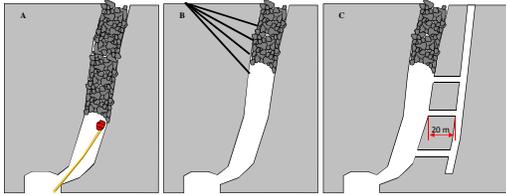


• Por último la erosión que sufre la chimenea puede causar un caseroneo (derrumbe), el cual puede ser de ayuda si se trata de una erosión en fragmentos similares a los que fluyen por ella (aumenta la sección y escurren junto con el mineral) **(3)**

• Pero también podría darse el caso que el material desprendido de las paredes sea de una magnitud tal que bloquee la chimenea por completo (dependiendo de las estructuras presentes), lo cual puede ser inmanejable e inutilizar total y definitivamente a la chimenea **(4)**.



Operacionalmente ante la ocurrencia de un problema de colgadura se puede optar por diversas soluciones, de las cuales destacamos las siguientes tres:

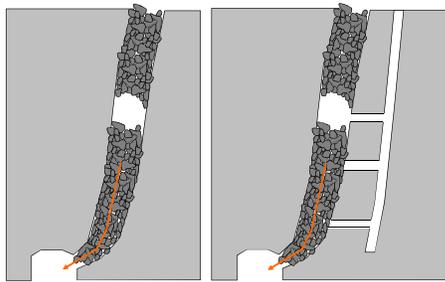


A) En este caso la colgadura se encuentra a corta distancia del buzón, de modo que se puede acceder a ella con una vara (comúnmente coligüe) con explosivos.

B) En este caso la colgadura no puede ser alcanzada con una vara, por lo que se recurre a la perforación (llamada a veces perforación coyote), que va tanteando donde se encuentra el material colgado y posteriormente se introducen explosivos para descolgarla.

C) En este caso se aprecia la construcción de una chimenea adicional, con comunicación directa a la chimenea de traspaso, permitiendo un acceso a ella y aplicar algún método de descolgamiento desde las pequeñas estocadas o galerías que unen a ambas chimeneas (niveles de control).

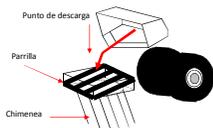
En algunos casos puede ocurrir que el material se tranque (colgadura intermedia o trancadura), lo cual se detecta al llenarse la chimenea sin que el material baje, siendo que el buzón sigue alimentando al transporte (balance de entradas y salidas).



El problema es poder detectar el punto donde el material se colgó o trancó, lo cual puede hacerse con perforaciones (como el caso B visto anteriormente) o a través de los niveles de control.

PARRILLAS

La parrilla es un elemento que permite retener el material sobre tamaño para la función de la chimenea.



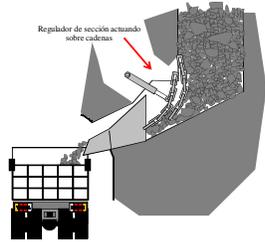
El material utilizado puede variar (según la faena), inicialmente se utilizaban tubos metálicos, los cuales se doblaban y rompían frecuentemente (podían ser rellenos con concreto, pero eran muy pesados), también es usual la utilización de vigas doble "T" (o "H").

Para evitar el desgaste prematuro se le añaden piezas de desgaste, de modo que a medida que se van inutilizando se pueden reemplazar sin tener que quitar la viga completa.

BUZONES

Podemos decir que un buzón cumple funciones de regulación de flujo de material, es decir actúa como una válvula de descarga.

El sistema del buzón en sí, consta de partes metálicas principalmente, el sistema de accionamiento puede ser por aire comprimido o hidráulico (depende de la capacidad), debe ser capaz de abrirse y cerrarse cuando sea necesario y su descarga debe ser siempre sobre un equipo de transporte.



REDUCCIÓN SECUNDARIA

La reducción secundaria se lleva a cabo por la necesidad de cumplir restricciones granulométricas en el traspaso y en el transporte de materiales.



1) **Parche:** Carga explosiva que se aplica en la superficie de la colpa y que al detonar provoca la fragmentación de ella.

2) **Cachorro:** Consiste en perforar la colpa con un equipo manual o mecanizado, de modo que el explosivo quede confinado como corresponde.

3) **Martillo rompedor, picador o demoledor:** Equipo diseñado para demolición por impacto, puede ser neumático o hidráulico, manual o mecanizado.

INTRODUCCION A LOS METODOS DE EXPLOTACION

Es el modo de dividir el cuerpo mineralizado en sectores aptos para el laboreo.



La explotación de una mina se define como el conjunto de operaciones que permiten el arranque, carguío y extracción de mineral, donde es fundamental que todos los servicios anexos como :

Ventilación

Fortificación

Drenaje

Suministro de Energía, Aire, Agua.



Funcionen en óptimo estado

El objetivo de la explotación de un yacimiento es la extracción de menas y sustancias minerales sistemáticamente, de manera que la comercialización de la sustancia mineral proporcione la utilidad esperada.

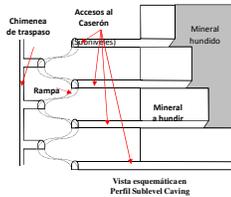
Introducción a los Métodos de Explotación

En minería subterránea, todo se resume en una palabra inglesa "**STOPING**", que se traduce como "**hacer cámaras subterráneas**". La minería subterránea presenta mayores costos de explotación que la minería a cielo abierto. A esto hay que sumarle las complicaciones asociadas a una menor capacidad de extracción del mineral económico y mayores riesgos laborales. Se recurre a la explotación subterránea cuando la sobrecarga de estéril sobre la masa mineralizada es tal que su remoción hace inviable un proyecto minero (digamos también, que bajo un punto de vista ambiental, la minería subterránea suele crear un impacto menor que una mina a cielo abierto).

INTRODUCCION A LOS METODOS DE EXPLOTACION

La explotación de una mina se compone de tres operaciones mineras básicas :

- 1.- Accesos y desarrollos de aperturas mineras.
- 2.- Preparación o infraestructura de la mina.
- 3.- Arranque o explotación de la mina.



1.- ACCESOS

Corresponden a aquellas labores que comunican el cuerpo mineralizado con la superficie, para su explotación.

TENEMOS

- Socavones
- Piques verticales
- Chiflones o piques inclinados.

INTRODUCCION A LOS METODOS DE EXPLOTACION

Desarrollo Productivo :

El avance se realiza extrayendo mineral, lo que se utiliza bastante donde la mena es mas blanda que el estéril en vetas de potencia media.

Desarrollo Improductivo :

Cuando el avance se realiza en estéril.

Piques Verticales :

Es una labor que tiene una inclinación superior a 80°, y que puede usarse para la extracción de personal y mineral.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

INFRAESTRUCTURA

2.- PREPARACION

La preparación se define como la ejecución de una red cuidadosamente planificada de piques, galerías, niveles, chimeneas y todas las formas básicas de excavación de rocas.



Las labores de preparación se pueden dividir en dos tipos según su finalidad :

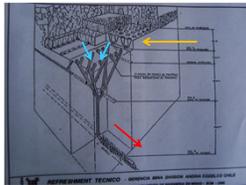
- Preparación de extracción : depende de la forma e inclinación del cuerpo.
- Preparación de servicios: acceso, transporte y ventilación

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

3.- ARRANQUE O EXPLOTACION

UNIDAD DE EXPLOTACION

Es una masa geológica, que tiene una forma geométrica bien definida, por ejemplo un panel o un bloque.



Es dividir el yacimiento, de manera que forme una unidad propia de explotación, que debe cumplir las siguientes características :

- Que se puedan transportar fácilmente equipos y materiales.
- Que el arranque se pueda realizar en forma independiente.
- Ventilación independiente.
- La producción de la mina es la suma de la cantidad de mineral producida por cada unidad de explotación.

INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA

Métodos de explotación más comunes en minería subterránea



A grandes rasgos podemos dividir los métodos de explotación en minería subterránea en aquellos aplicados a cuerpos mineralizados de tamaño medio (ej., filones, mantos) y a cuerpos de carácter irregular de grandes dimensiones (ej., pórfidos cupríferos).

En el primer caso debemos hacer otra división entre aquellos que son aplicados a rocas competentes (cámaras autosustentadas), y los que se aplican en roca poco competente o muy fracturada (cámaras artificialmente sustentadas).

METODOS APLICADOS A ROCAS

COMPETENTES

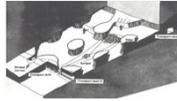
- Cuerpos mineralizados de gran buzamiento. Hundimiento por subniveles (*sublevel stoping*).

Sub Level Stopping



- Cuerpos mineralizados subhorizontales (ej., mantos): cámaras y pilares (*room and pillar*). Este método implica, como su nombre lo indica, una sustentación del techo de la cámara por pilares que no son explotados

Room And Pillar



METODOS APLICADOS A ROCAS

INCOMPETENTES

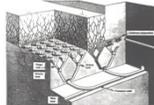
- Cuerpos mineralizados de gran buzamiento: cámaras con relleno (*cut and fill*), cámaras con almacenamiento.

Corte y Relleno



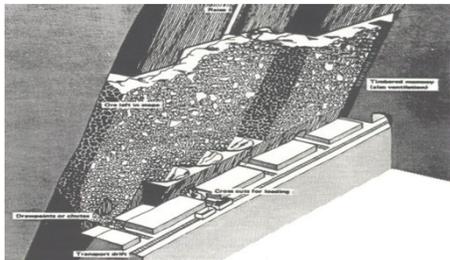
- Hundimiento de bloques (*block caving*), en yacimientos tipo pórfido cuprífero o equivalentes.

Block Caving



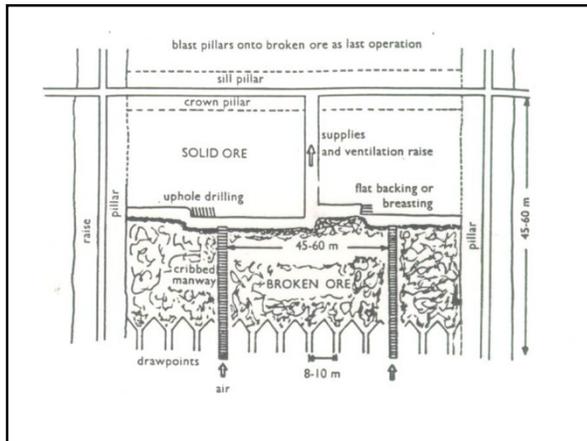
METODO POR CASERONES RELLENO SHRINKAGE

Se utiliza en cuerpos con fuerte buzamiento, que presentan una roca adyacente que necesita soporte.



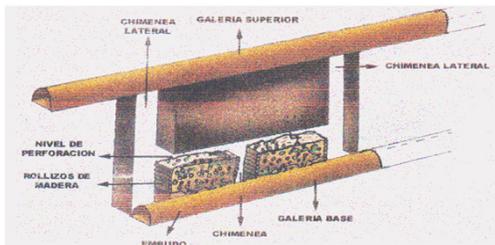
SHRINKAGE

- El mineral se extrae por franjas horizontales, empezando desde la parte inferior del cuerpo y avanzando hacia arriba.
- Parte del mineral tronado se deja en el caserón ya excavado, donde sirve como plataforma de trabajo para la explotación del mineral de arriba y para sostener las paredes.
- La roca aumenta su volumen (por el esponjamiento), a cerca de un 70%.
- Por esto se debe extraer continuamente un 40% del mineral tronado durante la explotación, para mantener una distancia adecuada entre el techo y la superficie del mineral tronado.
- Cuando el arranque haya avanzado al limite superior del caserón planeado, se interrumpe el arranque y se comienza a recuperar el 60 % restante del mineral.



EVACUACION DEL ESPONJAMIENTO

Como así lo define la preparación del método, es necesario evacuar un 40 % del mineral arrancado después de cada disparo, debido a que el aumento natural que experimenta el mineral al ser arrancado (esponjamiento), impide el trabajo del perforista.



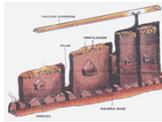
EVACUACION DEL ESPONJAMIENTO

Para que el nivel superior del mineral arrancado se mantenga horizontal se debe evacuar exactamente la misma cantidad de material en cada embudo. Si por algún motivo esta evacuación no se controla en la forma adecuada, se altera el ritmo de producción del caserón respectivo, debiéndose igualar el nivel a mano.

Un inconveniente del método consiste en el peligro que significa la formación de bóvedas en el mineral arrancado, las cuales pueden derrumbarse repentinamente.

Ventajas

1. Una parte importante del mineral arrancado se extrae por gravedad.
2. Este método permite sostener provisoriamente las paredes laterales del caserón con el mismo material arrancado.
3. Disponer de una reserva de mineral arrancado que puede extraer de la mina rápidamente y con un alto rendimiento.



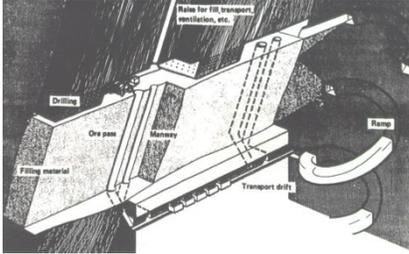
Desventajas

1. En ciertos casos este método puede ser peligroso debido a la formación de bóvedas durante la evacuación por gravedad del esponjamiento.

2. El Shrinkage implica, por lo general, una dilución de la ley debido a que durante la fase de vaciado del caserón se mezclan corrientemente zonas de estériles que se derrumban de las paredes.

CUT AND FILL

(Corte y Relleno)

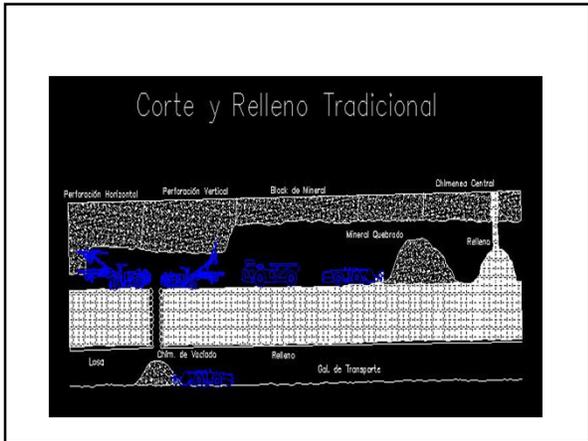


CUT AND FILL

El método **cut and fill** (cámaras con relleno), opera con un sistema similar al método de Shrinkage, con la diferencia substancial que el relleno no se realiza con el mismo mineral arrancado, sino con materiales que son traídos desde afuera, por ejemplo, limos o arena. También pueden utilizarse para estos efectos, estériles de la planta de flotación, lo cual tiene innumerables ventajas ambientales.

CUT AND FILL



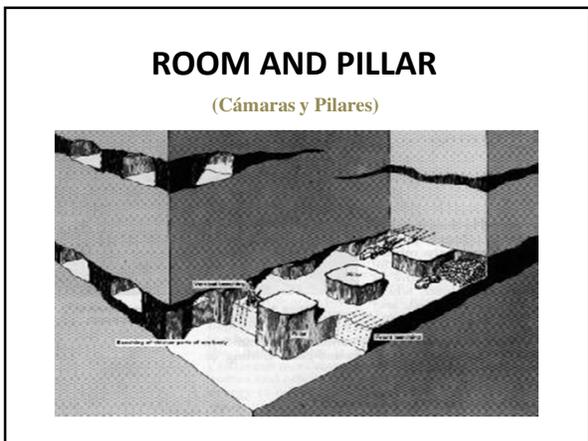


Ventajas del método:

- Es un método selectivo
- La recuperación es cercana al 100%.

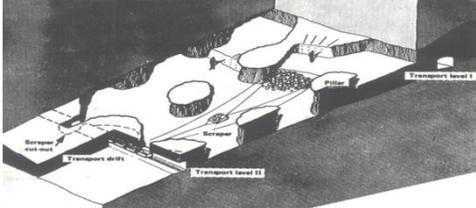
Desventajas del método:

- Costo de explotación elevado.
- Al formar un segundo panel, el ciclo empieza de cero para llegar al máximo cuando la cámara termina su vida útil.
- Consumo elevado de materiales de fortificación.
- El sistema de ventilación es limitado.

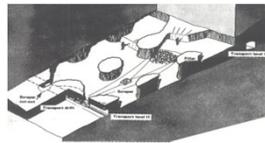


ROOM AND PILLAR

El método Room And Pillar (cámaras y pilares), se utiliza en cuerpos horizontales o con poco buzamiento (mantos). Se dejan pilares de roca para sostener el techo de la cámara.



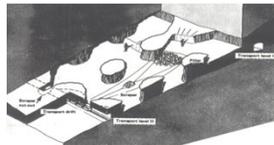
ROOM AND PILLAR



La recuperación de los pilares puede ser parcial o total. En este último caso, la recuperación va acompañada del hundimiento controlado del techo que puede realizarse junto con la explotación o al final de la vida del yacimiento, lógicamente el hundimiento del techo en este caso es totalmente controlado.

Este método de explotación es aplicado ampliamente y en los últimos años se ha desarrollado bastante, debido a su bajo costo de explotación y a la vez que permite hasta cierto punto una explotación moderadamente selectiva.

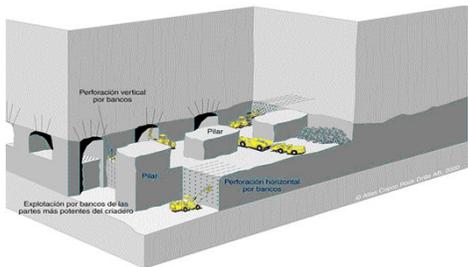
ROOM AND PILLAR



Los yacimientos que mejor se presentan para una explotación por Room and Pillar, son aquellos que presentan un ángulo bajo (mantos), aunque también es aplicable en yacimientos de mayor ángulo, entre 30° y 40°, es decir, en yacimientos de ángulo crítico, donde el mineral no puede escurrir por gravedad.

En cuanto a la potencia del yacimiento, el método ha sido aplicado con éxito en yacimientos de hasta 40 – 60 mts. Los casos corrientes de aplicación son para yacimientos de baja potencia destacándose espesores de 2 a 20 metros.

ROOM AND PILLAR



VENTAJAS:

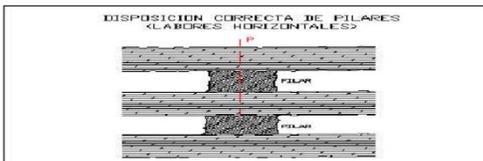
En yacimientos importantes se puede llegar a una mecanización bien completa lo que reduce ampliamente los costos de explotación.

Actualmente con el avance de la técnica de sostenimientos de techo pueden explotarse caserones de luces amplias con bastante seguridad.

Permite la explotación sin problemas, de cuerpos mineralizados ubicados paralelamente y separados por zonas de estériles.

La recuperación del yacimiento aún no siendo del 100 % puede obtenerse recuperaciones satisfactorias del orden del 80 a 90 %.

ROOM AND PILLAR



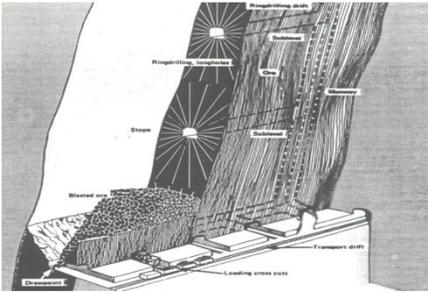
DESVENTAJAS:

Dilución de la ley : es un problema que es muy importante y que en casos de techos débiles puede ser causa que llegue a limitar la aplicación del método.

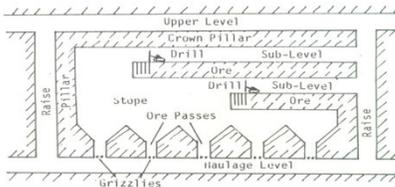
En ciertos casos cuando no es posible controlar el techo y es necesario llevar caserones muy angostos, puede concluirse, en un cambio de método de explotación por otro más adecuado, o emplear un método combinado, por ejemplo : Room and Pillar con Shrinkage.

SUBLEVEL STOPING

Utilizados en cuerpos mineralizados con fuerte buzamiento



SUB LEVEL STOPING



Consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de explotación por tajadas, mediante disparos efectuados en planos verticales, dejando posteriormente vacío el caserón después de la explotación. El mineral arrancado se recolecta en embudos o zanjas.

El transporte y evacuación del mineral se realiza desde la galería Undercart, es decir una zanja recolectora que recibe el mineral arrancado que cae por gravedad a este lugar.

Los Scoop ingresan por los cruzados que tienen una inclinación con respecto al eje de la G.T. , el mineral es transportado a través de la G.T. a los piques de traspaso y de allí al nivel de carguío y transporte.

El campo de aplicación de este método varía para cuerpos macizos o vetas estrechas, las características mecánicas de roca deben ser buenas, poseer paredes y techos firmes y estables.

El cuerpo debe presentar cierta pendiente, es decir la inclinación de la caja yacente, esta debe exceder el ángulo de reposo del mineral tronado. La roca circundante debe generar estabilidad de las cajas. La roca debe ser competente. Los límites de la mineralización deben ser regulares.

VENTAJAS DE ESTE METODO

Es muy económico.
Gran rendimiento.
No es necesario fortificar.
Buena ventilación.
Gran seguridad durante el trabajo.

DESVENTAJAS DEL METODO

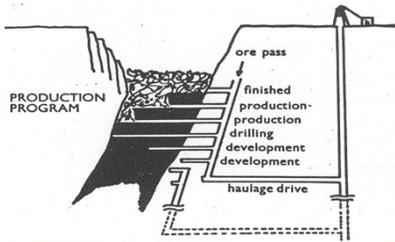
Mucha preparación.
No es selectivo (vetas con gran potencia).
Grandes caserones permanentemente abiertos, la recuperación del pilar no va más allá del 60%.

SUBLEVEL STOPING



SUBLEVEL CAVING

Es utilizado cuando la roca no es fácilmente fragmentable



SUBLEVEL CAVING

- Se desarrollan galerías paralelas separadas generalmente de 9 a 15 m. en la horizontal conocidas como galerías de producción.
- Los subniveles se ubican a través del cuerpo mineralizado en intervalos verticales que varían entre 8 y 13 mt.
- El acceso a los subniveles es por medio de rampas.
- Los subniveles están comunicados además por medio de piques de traspaso con un nivel de transporte principal que generalmente se ubica bajo la base del cuerpo mineralizado.

METODO SUBLEVEL CAVING

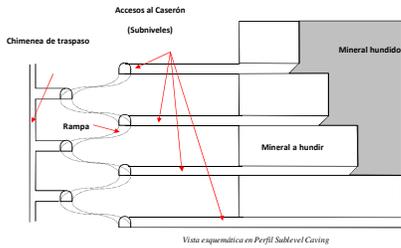
Operación del Método

La operación consiste básicamente en la perforación de tiros en abanico desde los subniveles hacia arriba, atravesando el pilar superior.

Posteriormente viene la tronadura de las perforaciones, el carguío y transporte secundario del mineral tronado hasta los piques de traspaso.

Y finalmente el transporte desde los buzones de descarga del nivel de transporte principal hacia su lugar de destino

METODO SUBLEVEL CAVING



SE APLICA



- 1.- En cuerpos subverticales como vetas, brechas o diques.
- 2.- También puede ser aplicado en cuerpos horizontales o subhorizontales que sean de gran potencia.
- 3.- En roca "de muy competente a moderadamente competente".

METODO SUBLEVEL CAVING

Ventajas

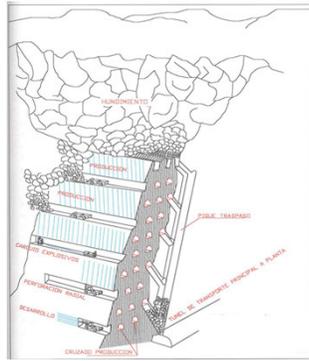
Es un método seguro ya que todas las actividades se realizan siempre dentro de las galerías debidamente fortificadas y nunca en caserones abiertos.

Efectuar los desarrollos en mineral, permite obtener beneficios en el corto plazo e incluso en el periodo de preparación. Al no quedar pilares sin explotar, la recuperación puede ser alta.

Desventajas

Se debe admitir un cierto grado de dilución del mineral. El método requiere un alto grado de desarrollos. Al generarse el hundimiento, se produce la subsidencia.

SUBLEVEL CAVING



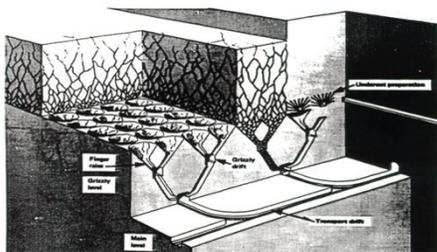
La secuencia de explotación es descendente y en retroceso.

BLOCK CAVING



Hundimiento de la roca, mediante la utilización de los esfuerzos naturales que ejercen los terrenos alrededor de la zona de interés.

BLOCK CAVING

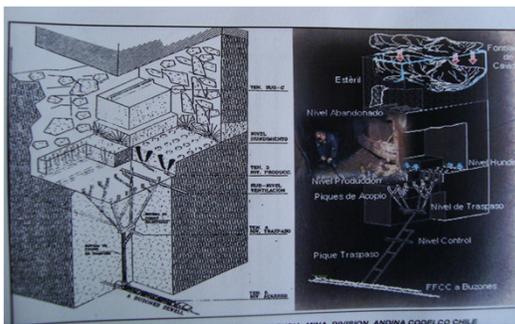


BLOCK CAVING



Consiste en crear una cavidad de manera que la dinámica de desplome no se detenga, extrayendo el mineral por una malla de puntos ubicados en la base del block.

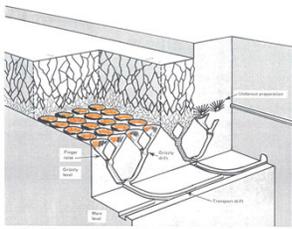
BLOCK CAVING



BLOQUE

PREPARACIÓN

- Galería de transporte
- Galería de traspasos
- Galería de hundimiento
- Galerías de producción
- Galerías de ventilación, etc.



BLOCK CAVING HUNDIMIENTO POR BLOQUES

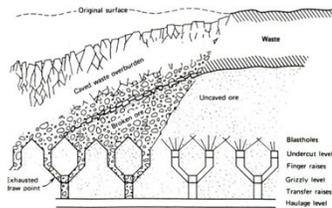
En explotación de minas se denomina "caving" a toda operación destinada a provocar el hundimiento de la roca, mediante la utilización de los esfuerzos naturales que ejercen los terrenos alrededor de la zona de interés.

La extracción del mineral crea una zona de hundimiento sobre la superficie por encima del yacimiento.

En consecuencia es muy importante el establecer un proceso de fracturación continuo y completo, ya que las cavidades subterráneas no soportadas, presentan un riesgo elevado de desplomes repentinos que originan graves efectos a posterioridad en el funcionamiento de la explotación.

BLOCK CAVING

El método de **hundimiento de bloques** resulta ideal en cuerpos irregulares de grandes dimensiones como son los yacimientos tipo pórfido cuprífero. El requisito técnico es que la roca a hundir sea fácilmente fragmentable.



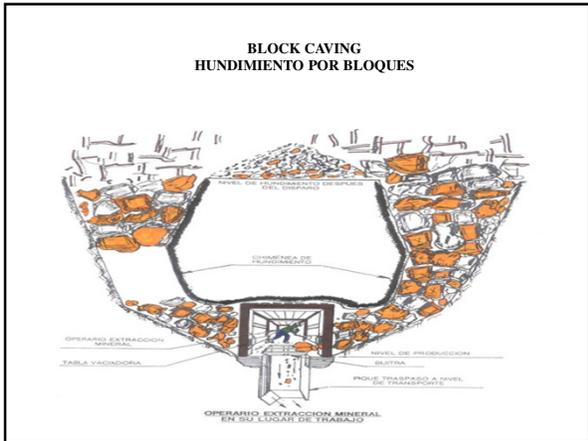
BLOCK CAVING HUNDIMIENTO POR BLOQUES

Las características de la roca constituyen el factor esencial del comportamiento del mineral frente al hundimiento.

Es necesario no solamente que el hundimiento ocurra, sino que además el mineral presente una granulometría adecuada.

La fragmentación de la roca es provocada más por las fatigas de tracción que por las de compresión (se obtiene mineral mejor fragmentado en el centro del bloque que en los extremos).

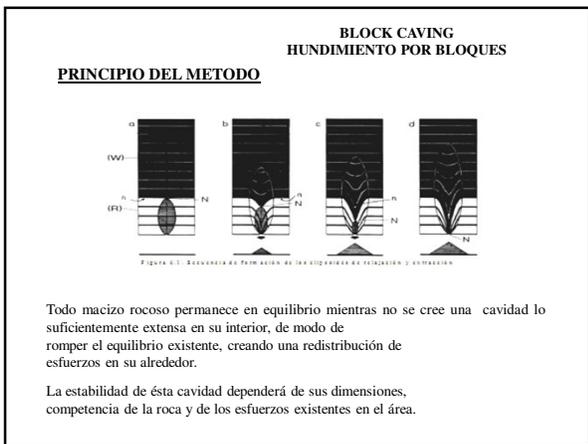
Los trabajos tendientes a romper la base de un bloque determinado, tienen su inicio en el diseño de la malla, la cual determinará las características del resto de las galerías componentes del sistema. La determinación de la malla depende fundamentalmente de las características de la roca.



**BLOCK CAVING
HUNDIMIENTO POR BLOQUES**

El éxito en el hundimiento de un bloque, independiente de las características de hundibilidad de la roca, depende de los factores fundamentales que son:

1. La base del bloque deberá fracturarse completamente.
 - Si se quedaran pequeñas áreas sin quebrar, ellas actúan como pilar, transmitiendo grandes presiones desde el nivel de hundimiento hacia el de producción,
2. La altura de socavación inicial proporcionada por la tronadura, debe ser tal que no se produzcan puntos de apoyo del bloque que impidan o afecten el proceso de socavación natural inmediata.



**BLOCK CAVING
HUNDIMIENTO POR BLOQUES**

PRINCIPIO DEL METODO

Si se extrae el mineral fragmentado, a medida que se socava, el equilibrio no se restablece y la socavación continuará hasta la superficie.

El método de explotación por Block Caving se define luego, como el derrumbamiento de bloques por corte inferior, el mineral se fractura y fragmenta gracias a las tensiones internas y efecto de la gravedad.

Por consiguiente se necesita un mínimo de perforación y tronadura en la extracción del mineral.

**BLOCK CAVING
HUNDIMIENTO POR BLOQUES**

CAMPO DE APLICACION

Básicamente, el método de explotación Block Caving, es un sistema normalmente usado para extraer depósitos profundos, masivos, de grandes dimensiones y de bajas leyes en Cu, Mo, Fe.

Su campo de aplicación es muy amplio. Se puede aplicar teóricamente en cualquier tipo de roca no demasiado resistente a la tracción y cualquiera que sean las características de la roca encajadora.

La mayoría de estos yacimientos se explotan a gran escala durante un período bastante largo, de tal forma que justifiquen la gran inversión requerida para ponerlos en producción.

CARACTERISTICAS

- La explotación por hundimiento se basa en que tanto la roca mineralizada como la roca encajadora está fracturada bajo condiciones más o menos controladas.
- Es muy importante el establecer un proceso de fracturación continuo y completo.
- El mineral debe presentar una granulometría adecuada.
