



Tema 1

Métodos de explotación de yacimientos superficiales

Contenido

- ▶ Clasificación de yacimientos
- ▶ Minería de placeres, bancos, descubiertas y métodos especiales. Clasificaciones.
- ▶ Minería a cielo abierto Vs. Subterránea

Referencias recomendadas:

- ITGE (2000) “Guía de restauración de graveras”
- Chacón (1991) “Técnicas de operaciones de minería de superficie”
- Bustillo y López (2000) “Recursos minerales”
- SME (1992) “*Mining Engineering Handbook*” Tomos I y II
- Herrera (2006) “Métodos de minería a cielo abierto”
- SME (1990) “*Surface Mining*”
- Ortiz y Herrera (2002) “Curso de Laboreo I”. Universidad Politécnica de Madrid



Clasificación de Yacimientos

Tipologías

http://thepipeline.pbn.ru/wp-content/uploads/2010/07/Mining_clip_image002.jpg

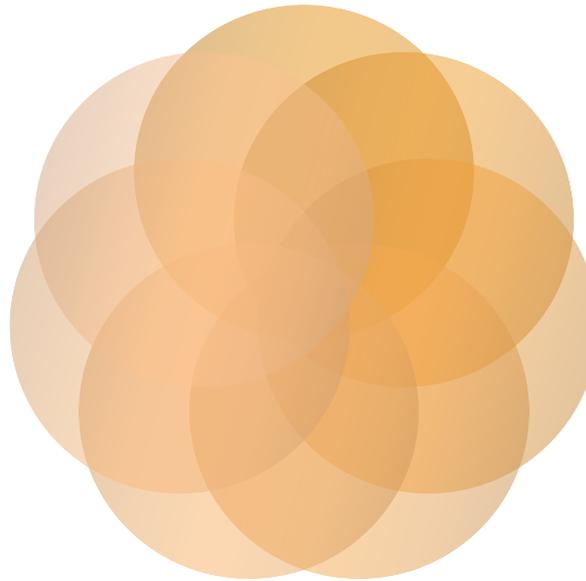
Clasificación de yacimientos (Herrera, 2006)

Los yacimientos explotables a cielo abierto pueden clasificarse atendiendo a los siguientes criterios:

Por la distribución de la calidad del mineral en el yacimiento.

Por su complejidad o número de mineralizaciones.

Por su inclinación.



Por su forma.

Por el relieve del terreno original.

Por su proximidad a la superficie.

Clasificación de yacimientos (Herrera, 2006)

Clasificación por su forma:

- ▶ *Isométricos*: se extienden en todas direcciones. Depósitos masivos.
- ▶ *Estratificados o filonianos*: se presentan según dos direcciones preferentes.
- ▶ *Columnares o cilíndricos*: se extienden en una sola dirección.
- ▶ *Intermedios o mixtos*: combinan características de dos o más de los grupos anteriores, debido a su propia génesis o a la tectónica que los ha dislocado o replegado.
- ▶ **La morfología de los yacimientos marca acusadamente:**
 - ▶ *La geometría final de las explotaciones;*
 - ▶ *La secuencia de extracción y*
 - ▶ *El método minero más adecuado.*

Clasificación de yacimientos (Herrera, 2006)

Clasificación por el relieve del terreno original:

- ▶ *Horizontales o planos:* cuando la superficie es relativamente llana u horizontal.
- ▶ *En ladera:* según disposición de masas mineralizadas, pueden ser a favor de talud o contra talud.
- ▶ *Montañosos:* cuando el terreno es irregular y se presentan importantes accidentes topográficos.
- ▶ *Submarinos y subacuáticos:* cuando están cubiertos por una lámina de agua.

La geometría del terreno determina el método de explotación y la aplicabilidad de medios mecánicos para llevar a cabo la extracción de los distintos materiales.

Clasificación de yacimientos (Herrera, 2006)

Clasificación por su proximidad a la superficie:

- ▶ *Superficiales:* cuando no existe material de recubrimiento o este presenta un espesor inferior a los 20 a 30m.
 - ▶ *Profundos:* localizados a profundidades mayores, entre los 40 y 250m.
 - ▶ *Variables:* aquellos en los que una parte es económicamente explotable a cielo abierto y el resto, al ir desarrollándose en profundidad, por minería subterránea o de interior.
-
- ▶ *La posición del yacimiento con respecto a la superficie puede ser regular o irregular.*
 - ▶ *La posición relativa del yacimiento determina el tamaño y profundidad de la explotación.*

Clasificación de yacimientos (Herrera, 2006)

Clasificación por su inclinación:

- ▶ *Horizontales:* con ángulos que pueden variar desde los 0° hasta los $10-15^\circ$ sobre el plano horizontal.
- ▶ *Tumbados:* con ángulos entre $10-15^\circ$, hasta los $25-35^\circ$.
- ▶ *Inclinados:* con ángulos que superan los $25-35^\circ$ y llegan hasta los $70-80^\circ$.
- ▶ *Verticales:* con ángulos comprendidos entre los 70° y 90° .

El ángulo que presentan las masas mineralizadas:

- ▶ Condiciona la elección del método de explotación.
- ▶ Condiciona las relaciones estéril-mena.
- ▶ Afecta la economía de las operaciones.
- ▶ Condiciona la posibilidad de rellenar los huecos creados en procedimientos de recuperación de terrenos afectados.

Clasificación de yacimientos (Herrera, 2006)

Clasificación por su complejidad/núm. de mineralizaciones:

- ▶ *Simples:*
 - ▶ *Caracterizados por una estructura homogénea, sin ausencia de otros niveles mineralizadores o inclusiones.*
 - ▶ *Todos los minerales se extraen conjuntamente del yacimiento.*
- ▶ *Complejos:*
 - ▶ *Pueden contener junto con minerales de altas leyes o calidades, masas de mineral pobre o esterilizadas con contactos claros. La explotación se hace de forma selectiva para evitar pérdida o dilución.*
 - ▶ *Depósitos con diferentes masas o niveles mineralizados que obligan a una explotación mas compleja, aun cuando los contactos con el estéril sean nítidos.*
- ▶ *Depósitos diseminados:*
 - ▶ *Pueden tener una complicada estructura y una distribución más o menos aleatoria del contenido recuperable.*
 - ▶ *Obliga a una fuerte minería selectiva, así como a una concentración mineralúrgica.*

Clasificación de yacimientos (Herrera, 2006)

Clasificación por la distribución de la calidad del mineral en el yacimiento:

▶ *Uniformes:*

- ▶ *La calidad o ley del mineral es la misma dentro de los límites del yacimiento.*
- ▶ *La explotación se lleva a cabo con uno o varios tajos, pero sin proceder a la mezcla de los minerales extraídos.*

▶ *No uniformes:*

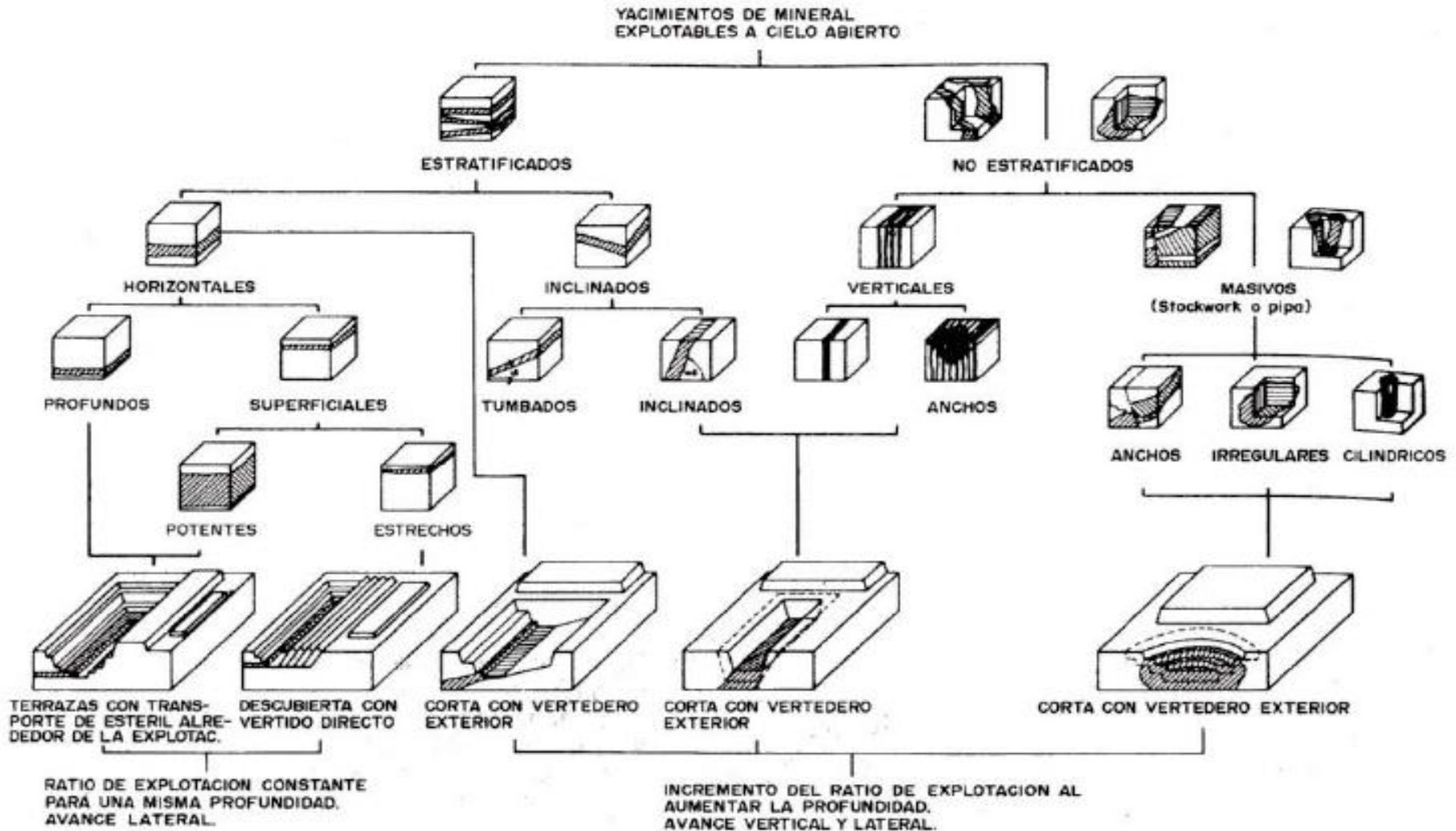
- ▶ *La mineralización presenta calidades distintas en alguna dirección del yacimiento (en planta o en profundidad).*
- ▶ *La explotación se efectúa de forma simultánea en varias zonas con miras a la mezcla y homogeneización de los minerales extraídos.*

Clasificación de yacimientos (Herrera, 2006)

Clasificación por el tipo de roca dominante:

- ▶ *El recubrimiento de estéril y el mineral son rocas compactas, metamórficas o ígneas.*
- ▶ *El recubrimiento está constituido por rocas ígneas o metamórficas no homogéneas, con alternancia de estériles blandos y duros. El mineral e intrusiones son rocas compactas o meteorizadas, también de origen ígneo o metamórfico.*
- ▶ *Las rocas del estéril del recubrimiento son blandas y densas, con el mineral y rocas de intrusión compactas o meteorizadas, de origen ígneo y metamórfico.*
- ▶ *Tanto el recubrimiento como la zona mineralizada están constituidas por rocas ígneas o metamórficas meteorizadas.*
- ▶ *Las rocas de recubrimiento son blandas y sedimentarias. El mineral no es homogéneo.*
- ▶ *El recubrimiento y el mineral son blandos, de origen sedimentario.*

Tipos de yacimientos y métodos de explotación aplicados



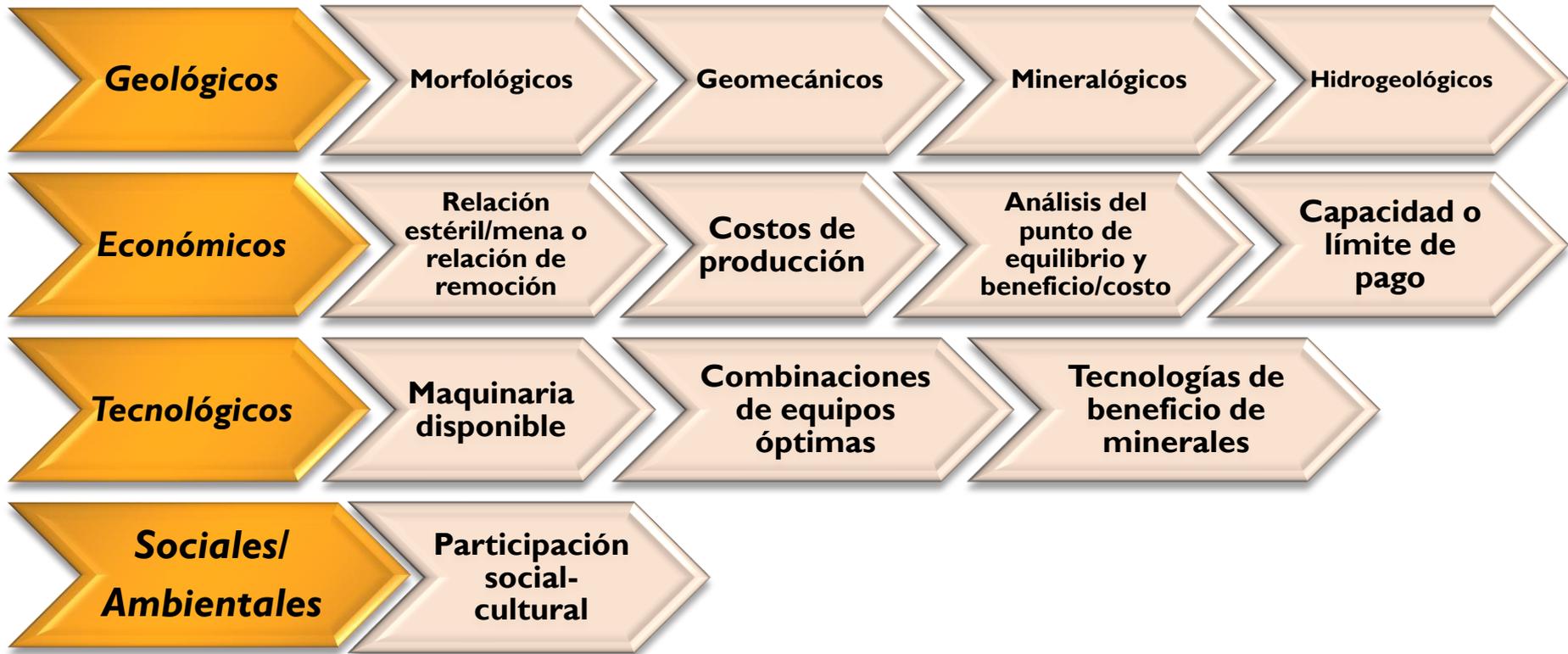


Factores que determinan la selección del método de explotación

Factores críticos

<http://totalsource.squarespace.com/>

Factores que determinan la selección del método de explotación



Desarrollos de minería de superficie (SME, 1992)

- ▶ Ciertos factores tendrán gran peso en el desarrollo de minería a cielo abierto. Uno de los mas importantes es el **clima**. Esto puede ser determinante en la decisión de si la explotación será a cielo abierto o subterránea.
- ▶ Otro grupo de factores son los naturales y geológicos, topografía y terreno, características espaciales y profundidad de los depósitos, presencia de agua, entre otras.
- ▶ Factores ambientales como las políticas anti-contaminación y los requerimientos de reclamación de tierras, uso y vocación.

Desarrollos de minería de superficie (SME, 1992)

- ▶ En cuanto a la secuencia de pasos para el desarrollo de mina, existen tres que son exclusivos de la minería a cielo abierto:
 - ▶ *Plan de cierre de mina desde el inicio del desarrollo minero.*
 - ▶ *Asignación de espacios para guardar la capa vegetal, distintos a los que serán dispuestos para las escombreras.*
 - ▶ *Construcción de accesos y trabajos de preproducción.*
- ▶ Todo esto es incorporando a la totalidad de planes de desarrollo y explotación.
 - ▶ El mayor de los objetivos en la minería a cielo abierto es el diseño de la fosa o *pit*.

Desarrollos de minería de superficie (SME, 1992)

- ▶ El mayor de los objetivos en la minería a cielo abierto es el diseño de la fosa o *pit*.
- ▶ Tres son los grupos de factores involucrados en este proceso:
 - ▶ *Factores naturales y geológicos*: condiciones geológicas, tipo de mena, condiciones hidrológicas-hidrogeológicas, topografía y características mineralúrgicas.
 - ▶ *Factores económicos*: leyes de las menas, calidades, tonelajes, relación de remoción, ratio límite, costos de operación, costos de inversión, rata de producción y las condiciones del mercado.
 - ▶ *Factores tecnológicos*: equipos, pendientes de las vías de acarreo, geometría de banco, ángulo de fosa final, facilidades y líneas de propiedad y fosa límite (*pit limit*).

Factores básicos económicos (Chacón, 1991)



Los factores básicos económicos que influyen en la minería de superficie a diferencia de la minería subterránea son: la relación de explotación, el límite de pago y la función de beneficio.

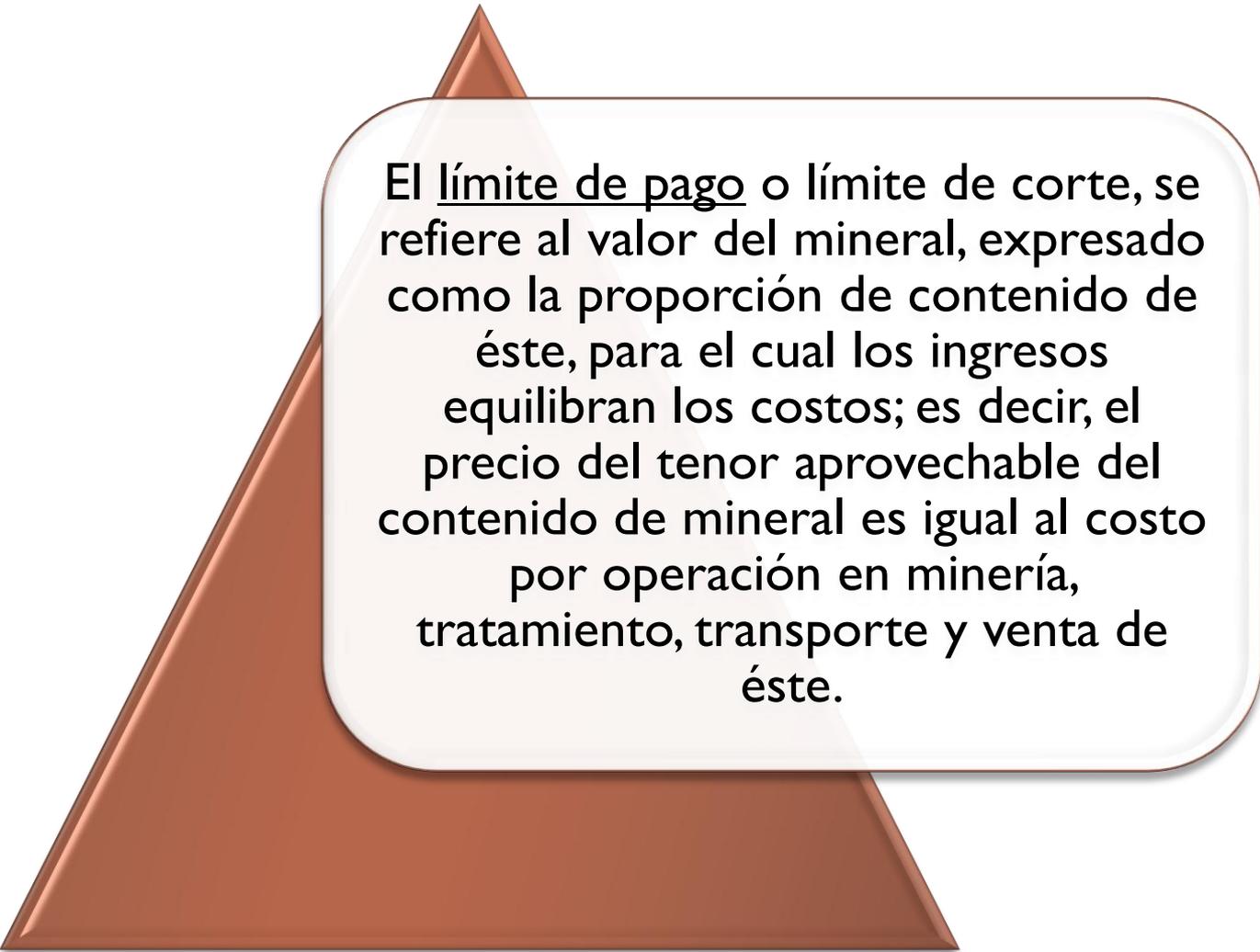


Factores básicos económicos (Chacón, 1991)



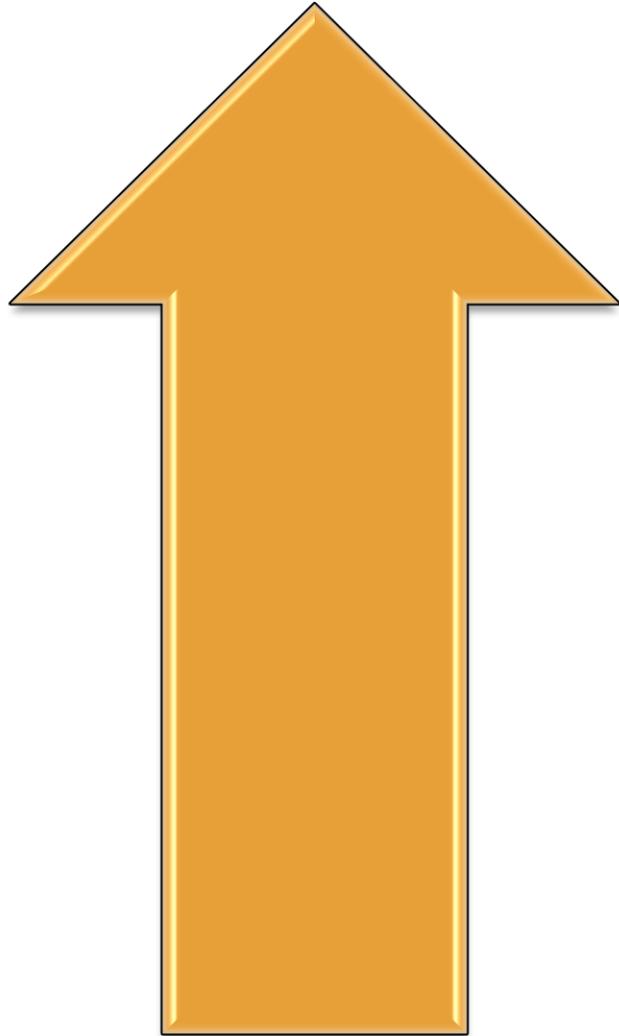
El concepto de relación de explotación está definido como el número de unidades de material no pagable, el cual ser extraído para obtener una unidad de mineral y determinar el límite final de la fosa, si el ángulo de inclinación de ella está dado y si está desarrollada completamente la geometría particular de la misma, limitada por los requerimientos de superficie.

Factores básicos económicos (Chacón, 1991)



El límite de pago o límite de corte, se refiere al valor del mineral, expresado como la proporción de contenido de éste, para el cual los ingresos equilibran los costos; es decir, el precio del tenor aprovechable del contenido de mineral es igual al costo por operación en minería, tratamiento, transporte y venta de éste.

Factores básicos económicos (Chacón, 1991)



La función de beneficio: la intención no es considerar todos los aspectos de la Economía Minera, sino aquellos que marcan la diferencia entre la Minería de Superficie y la Minería Subterránea, como son: los costos de minería no pagable o estéril que se tienen que remover para extraer el mineral, los costos de minería de mineral valioso, los cuales no deben exceder los ingresos a obtener por el mismo. Hay un punto en el cual los costos de explotación en operaciones de Minería de Superficie son mayores que los de Minería Subterránea.

Minería a cielo abierto vs. Minería subterránea

Ventajas y desventajas. Pros y contra

Minería a cielo abierto Vs. Minería subterránea

- ▶ **Ventajas y desventajas de la explotación de minería de superficie con respecto a la minería subterránea** (Chacón, 1991)

Ventajas

- a) *Mayor eficiencia.*
- b) *Mayor facilidad de trabajo en los frentes de arranque.*
- c) *Sin requerimientos de entibación (soportes).*
- d) *Sin requerimientos de iluminación artificial en turnos diurnos, ni de ventilación constantemente.*
- e) *Mejor y mayor control de supervisión debido a mayores campos de visibilidad a lo largo de la mina.*
- f) *Mejores facilidades de desplazamiento y oportunidades mayores de establecer sistemas mas eficaces de transporte, almacenamiento y depósito de mineral.*
- g) *Mayor recuperación del mineral.*
- h) *Numero de accidentes “menor” con respecto a las faenas subterráneas.*
- i) *Mayor rendimiento útil/hombre.*

Minería a cielo abierto Vs. Minería subterránea

- ▶ **Ventajas y desventajas de la explotación de minería de superficie con respecto a la minería subterránea** (Chacón, 1991)

Desventajas

- a) *La profundidad hasta la cual pueden realizarse las labores mineras a cielo abierto es limitada.*
- b) *Los costos iniciales de perforación son elevados.*
- c) *La acumulación de agua en cada nivel aumenta durante la época de lluvias.*
- d) *El impacto sobre el ambiente es mayor. Produce mas contaminación ambiental y cambios ecológicos en la zona de trabajo.*
- e) *El estéril hay que depositarlo. Construcción de escombreras.*
- f) *En ocasiones se requiere la remoción de grandes volúmenes de terreno superficial para facilitar las labores de explotación.*
- g) *Se requieren extensas áreas de luz artificial durante el laboreo nocturno.*



Métodos de explotación minera a cielo abierto

Descripción, Limitaciones y Problemas Ambientales

Métodos mineros (Herrera, 2006)

- ▶ *Se denomina “método minero” a un proceso iterativo tanto desde el punto de vista temporal como espacial, que permite llevar a cabo la explotación minera de un yacimiento por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada, repetitiva y rutinaria.*
- ▶ *En principio tan solo existen, actualmente, tres métodos en su sentido más amplio, que son:*
 - *El método de explotación por minería a cielo abierto*
 - *El método de explotación por minería de interior o minería subterránea*
 - *El método de explotación por sondeos.*
- ▶ *Sistema Operativo: se entiende como sistema minero al conjunto interrelacionado de técnicas y procesos que llevan a cabo la extracción de los minerales en una forma repetitiva, rutinaria e iterativa.*
 - *Dependen fundamentalmente de la resistencia que las rocas oponen a su fragmentación o arranque y posteriormente a su transporte.*

<http://www.publico.es/ciencias/287768/europa-sanciona-a-espana-por-la-mineria-leonesa>



Alternativas de explotación

Métodos mineros a cielo abierto (Chacón, 1990)

Alternativas de explotación

- ▶ En Minería de Superficie, se utilizan cuatro métodos o alternativas de explotación, que son:
 1. Tajo Abierto (*Open Cut*) → Contorno
 2. Fosa Abierta (*Open Pit*)
 3. Explotación en tiras (*Stripping Mine*)
 4. Explotación Combinada Superficie-Subterráneo (*Glory Hole*)



Tajo abierto (*Open Cut*)

- ▶ El método de Tajo abierto (open cut), se utiliza en aquellos yacimientos que se encuentran en forma de bolsada y en vetas inclinadas, en zonas cuya topografía es bastante irregular (cerros).

Contour Mine near Middlesboro, Kentucky
Source: Kentucky Division of Mine Permits



<http://teeic.anl.gov/er/coal/restech/tech/index.cfm>

Fosa abierta (*Open Pit*)

- ▶ El método de fosa abierta (open pit), se utiliza también como en el caso anterior, en yacimientos en forma bolsada y en vetas inclinadas, pero en zonas cuya topografía es bastante suave, tipo planicies.

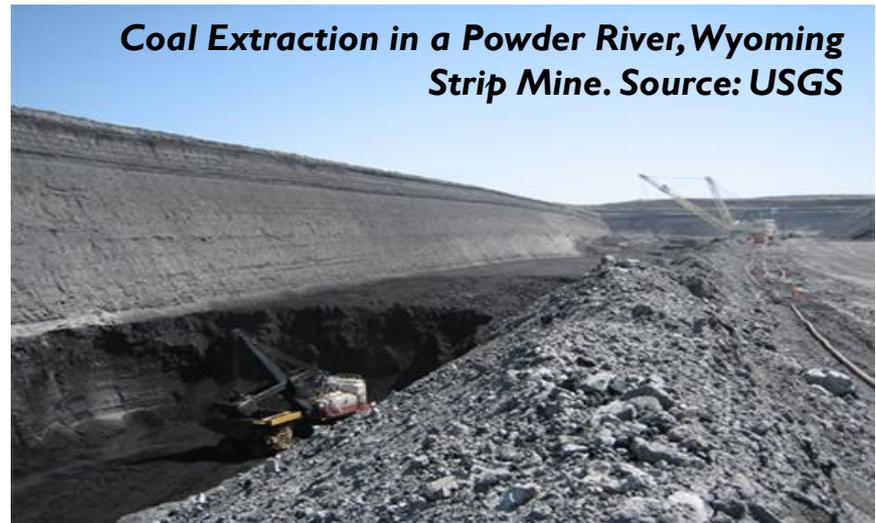
Open Pit Mine, Wyoming Source: BLM



<http://teeic.anl.gov/er/coal/restech/tech/index.cfm>

Explotación en tiras (*Stripping mine*)

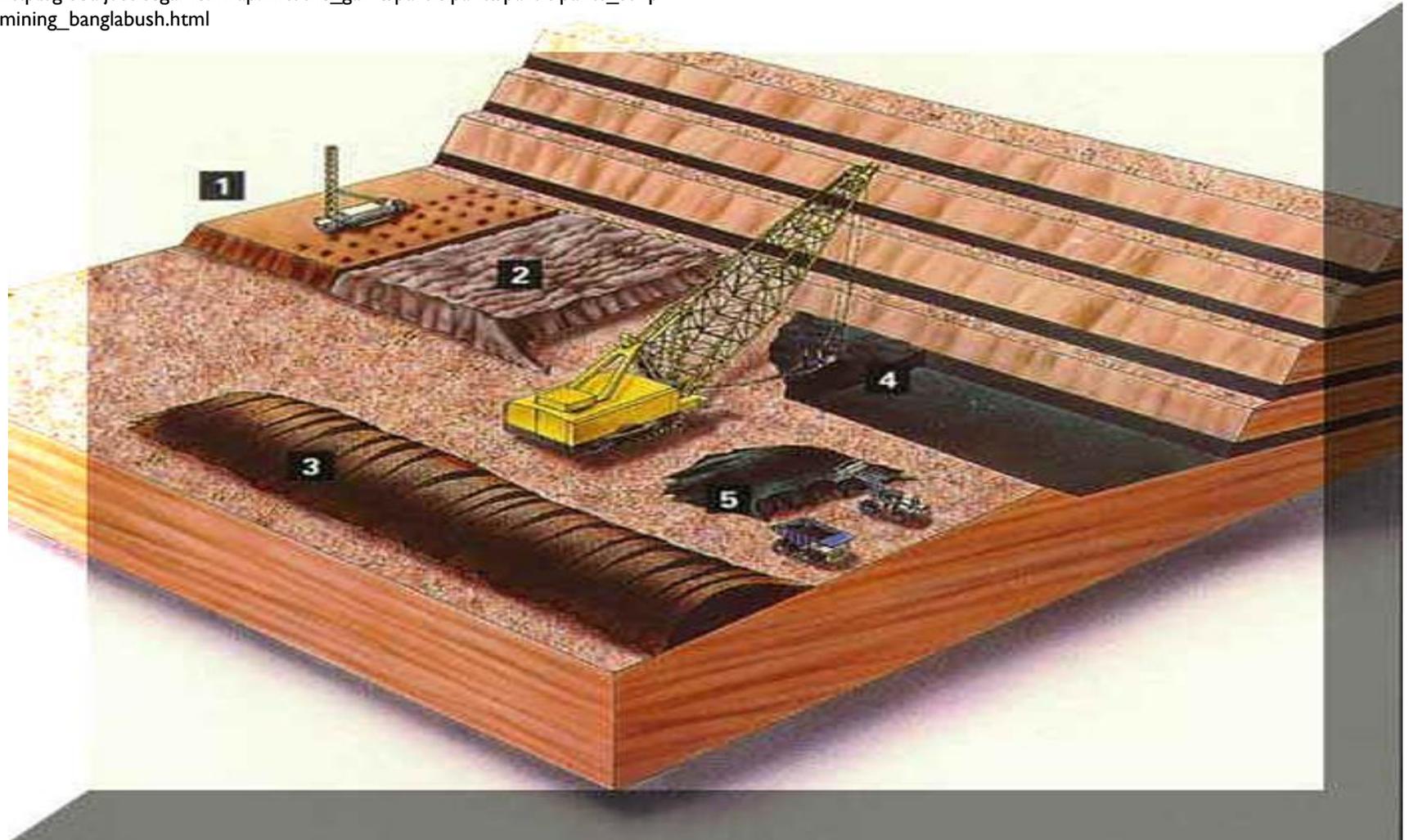
- ▶ El método de explotación en tiras (*stripping mine*), se utiliza en aquellos yacimientos que se encuentran en capas o vetas horizontales, en los cuales, primero se remueve o desmonta el recubrimiento por el método de tiras (niveles o bancos de explotación). Una vez despejada la capa o veta mineralizada, se comienza su explotación por este mismo método.



<http://teeic.anl.gov/er/coal/restech/tech/index.cfm>

Explotación en tiras (*Strip mine*)

http://globaljusticegame.mrap.info/the_game/participants/participants_strip-mining_banglabush.html



Combinado (*Glory Hole*)

- ▶ El método combinado (*glory hole*), se utiliza en aquellos yacimientos que se encuentran aflorando en zonas cuya topografía presenta relieves muy pronunciados; cerros casi verticales, donde se hace difícil el ataque al yacimiento por los métodos de Minería de Superficie, utilizando para ello, pozos y galerías (Minería Subterránea) que sirven de acceso al yacimiento y para descarga y transporte del mineral.

Glory hole at the Henderson molybdenum mine, Clear Creek County, USA



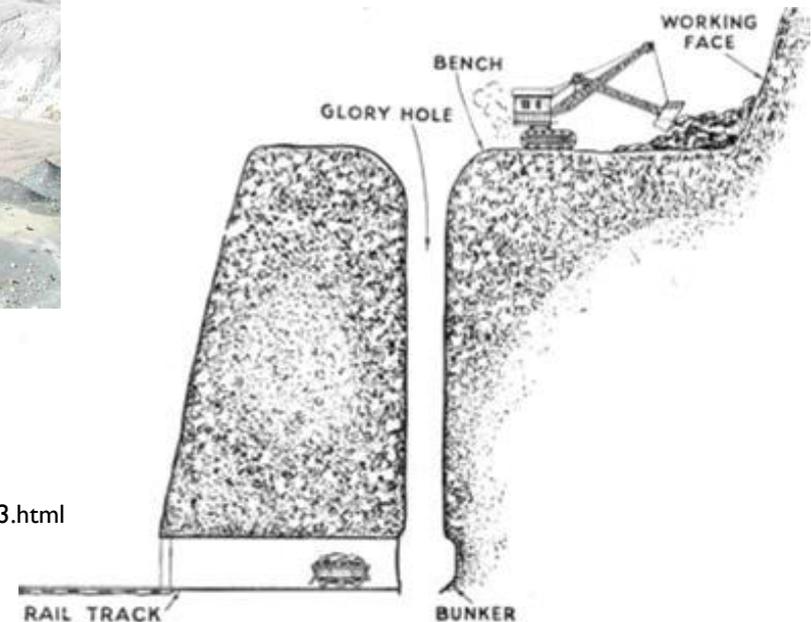
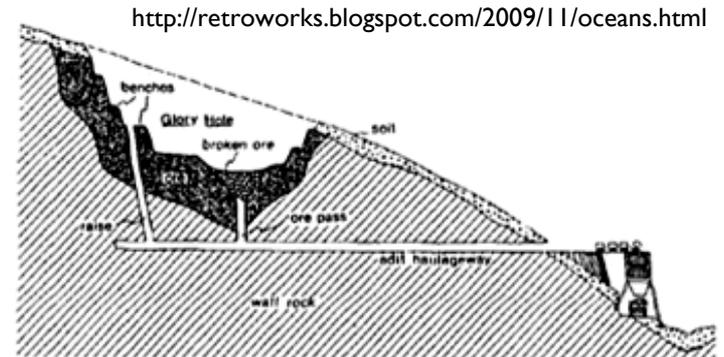
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:HendersonMineGloryHole.jpg>

Combinado (*Glory Hole*)



Cash Mine, Gold Hill Mining District of Boulder County, Colorado, U.S.A.

<http://www.dregs.org/fldtrips.html>



<http://www.engwonders.byethost9.com/e023.html>



Métodos de minería de superficie

Clasificación (SME, 1992)

Clasificación de los métodos

- ▶ Existen dos clases de métodos empleados en minería a cielo abierto:
 - ▶ La extracción mecánica
 - ▶ La extracción hidráulica o con empleo de agua
- ▶ En algunos países, las restricciones ambientales limitan la aplicación de agua como instrumento de explotación para yacimientos a cielo abierto.



Métodos de extracción mecánica

- ▶ La extracción mecánica emplea procedimientos mecánicos en ambientes naturales nominalmente secos para la explotación de minerales de la corteza terrestre. Entre los métodos que se encuentran en esta denominación tenemos los siguientes:
 - ▶ Minería a fosa abierta (*Open pit mining*), los depósitos potentes son generalmente minados en bancos o escalones, mientras que para los depósitos delgados éstos pueden ser minados en una sola fase, como en los casos de las canteras (*quarrying*) de rocas ornamentales, barrenadoras (*augering*) o en el *método open cast mining*.



Métodos de extracción mecánica

- ▶ Minería de remoción-depositación cercana (*Open cast [o strip] mining*), el recubrimiento es removido, usualmente a un sitio cercano en donde ya se ha minado el mineral y el mismo (generalmente carbón) es recuperado en operaciones sucesivas.
- ▶ La minería de fosa abierta (*open pit*) o de remoción-depositación cercana (*open cast*) se utiliza para explotar depósitos minerales cercanos a la superficie, que tengan relativamente baja relación de remoción, largos en extensión y de valor razonablemente uniforme. Estos métodos requieren una gran inversión de capital pero resultan de una gran productividad, bajos costos de operación y con “buenas” condiciones de seguridad.



Métodos de extracción mecánica

- ▶ Canteras (*quarrying*), es un método altamente especializado que pretende extraer un producto con unas características específicas, de modo lento y a pequeña escala.
- ▶ Barrenadora (*augering*), es utilizado para la recuperación y minado de carbón de una pared alta en el talud final (*pit limit*), siendo un método más especializado y de menor costo.



Métodos de extracción mecánica

- ▶ En los casos de los métodos de fosa abierta (*open pit*) y de remoción-depositación cercana (*open cast*) emplean el ciclo convencional de minería para la extracción de mineral: arranque de la roca, usualmente por perforación y voladura, seguido de la carga de material por equipos de carga y excavación.
- ▶ La cantera (*quarrying*) y barrenadora (*augering*) son especializados y frecuentemente utilizados en métodos donde el arranque está sustituido por los mencionados anteriormente y el uso de explosivos está eliminado.

Métodos de extracción hidráulica

- ▶ Los métodos de extracción hidráulica son aquellos que se emplean con el uso del agua o sobre cuerpos de agua durante el proceso minero y que el proceso de recuperación del mineral se hace mediante chorros de agua, mezcla, disolución o ablandamiento. Estos métodos se agrupan en dos (2) subclases:
 1. Métodos relacionados con minería de placer, y
 2. Métodos de minado por disoluciones.



Métodos de extracción hidráulica

- ▶ *Minería de placeres*: se utilizan estos métodos para explotar depósitos minerales que son poco cohesivos o no consolidados, tales como las arenas y gravas o aluviones que contienen considerable cantidad de minerales pesados en estado libre.
 - ▶ El oro nativo y el platino, diamantes, estaño en casiterita, titanio como rutilo e ilmenita son algunos minerales que podemos encontrar en placeres.
 - ▶ Hay dos formas históricas de minería hidráulica que se han modernizado con el paso del tiempo: minería hidráulica (*hydraulicking*) que utiliza agua a grandes presiones para potenciar la erosión, disgregación y colapso de taludes de material poco cohesionado; y dragado (*dredging*) es la extracción de menas de forma mecánica o hidráulica, normalmente en balsas flotantes.

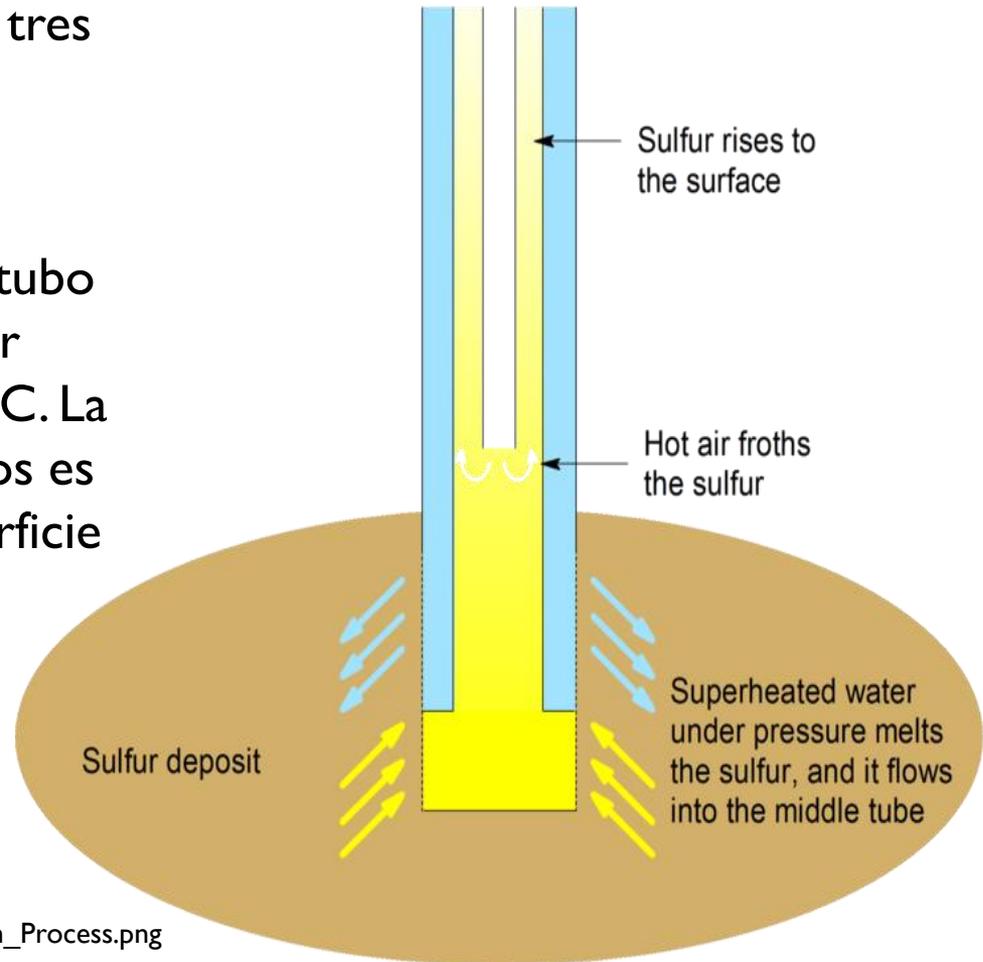
Métodos de extracción hidráulica

Minería por disolución: en estos métodos están incluidos en las técnicas in situ y las de superficie.

- Ejemplos de este tipo de explotaciones son llevadas a cabo en pozos de sal, disolución de uranio y el proceso *Frasch* para extraer azufre.
- Las técnicas en superficie implican el uso de solventes lixiviantes para menas con importantes concentraciones de mineral de interés (apilados o cargados o en una matriz insoluble o rocas acumuladas).
- La minería por medio de la formación de soluciones se emplea para yacimientos de pequeño tamaño, que en algunos casos pudiera ser híbrido.

Métodos de extracción hidráulica

- ▶ El proceso *Frasch* consiste en tres tubos concéntricos que se introducen en el depósito de sulfuros. Se inyecta agua supercaliente (165°C) por el tubo exterior y por el tubo interior sube el azufre disuelto a 115°C . La presión producida en los tubos es lo que ayuda a subir a la superficie la solución.



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Frasch_Process.png

Métodos de extracción hidráulica

- ▶ *Minería de placeres*: es aplicable a la recuperación de minerales pesados de depósitos aluvionales o poco consolidados. Si el depósito es grande y puede haber una operación continua, con seguridad tendrá que ser tipo gradado.





Métodos mineros y sistemas de explotación a cielo abierto

Clasificación, campo de aplicación de los métodos y sistemas de explotación a cielo abierto (Herrera, 2006)

Sistemas de explotación

- ▶ Por las lógicas y naturales diferencias que imponen sus características estructurales y sus aplicaciones, se pueden varias clases de materiales que darán lugar a la primera selección de los sub-métodos clásicos de minería a cielo abierto (MCA):

1. Cortas
2. Descubiertas
3. Terrazas
4. Contorno
5. Canteras
6. Graveras
7. Minería hidráulica
8. Lixiviación
9. Especiales o mixtos

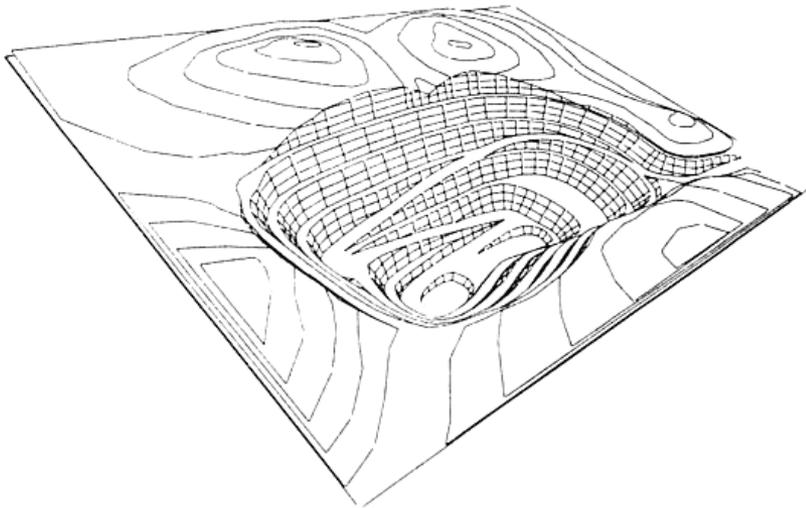


Sistemas de explotación

- ▶ *Cortas*: aplicable en yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica. Estos métodos son los tradicionales de la minería metálica y se adaptaron en las últimas décadas a los yacimientos de carbón, introduciendo algunas modificaciones.
 - ▶ La extracción se realiza en un banco con uno o varios tajos.
 - ▶ La profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegando a superar en algunos casos los 300m.
 - ▶ La vida de estas extracciones suele ser grande, por lo general superior a los 15-20 años, en minería metálica.
 - ▶ En el caso de explotaciones de carbón se utilizan algunos de huecos o fosas creados para la depositación de los estériles producidos en nuevas secuencias.

Cortas

Esquema de una corta minera



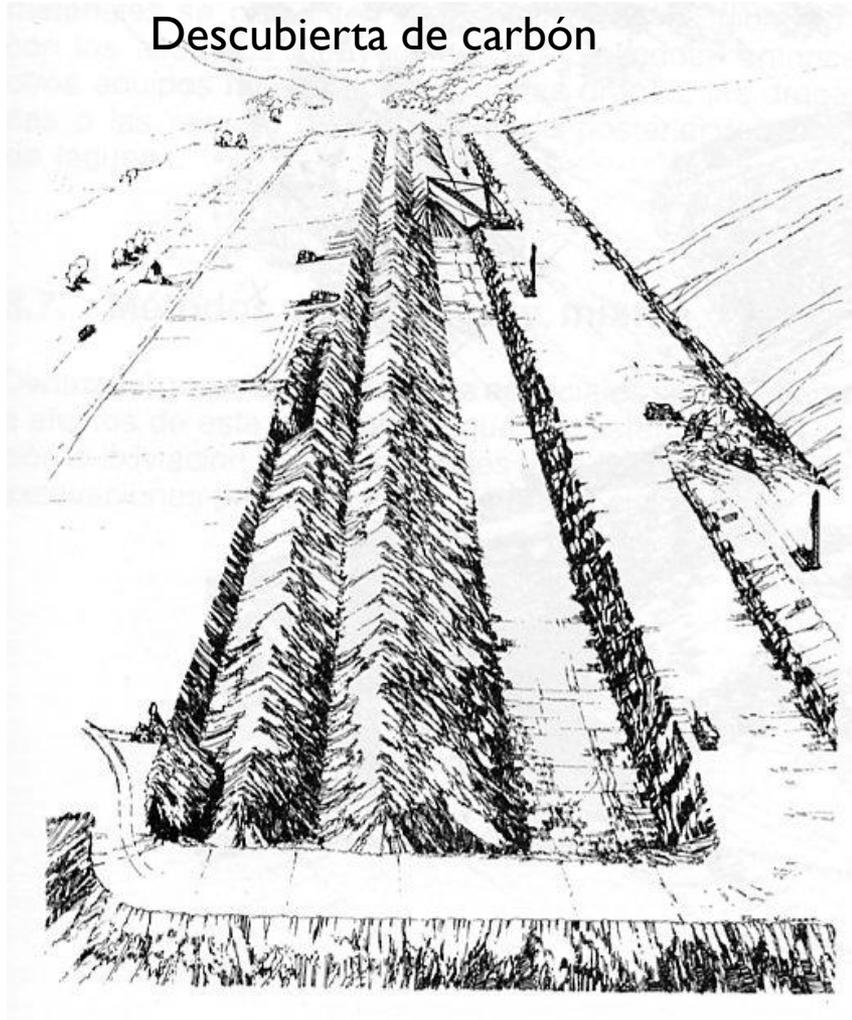
Panorámica general de la corta final de la mina de “Palabora”, Sudáfrica.

Sistemas de explotación

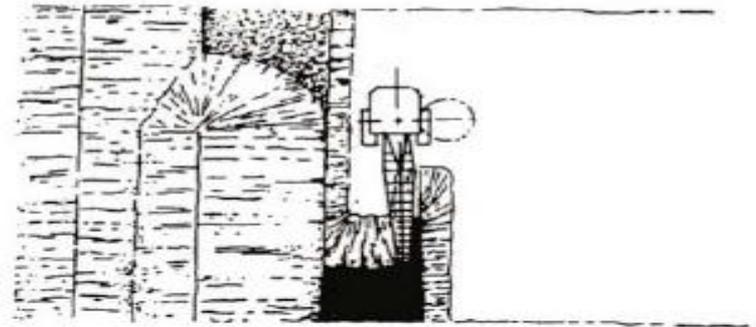
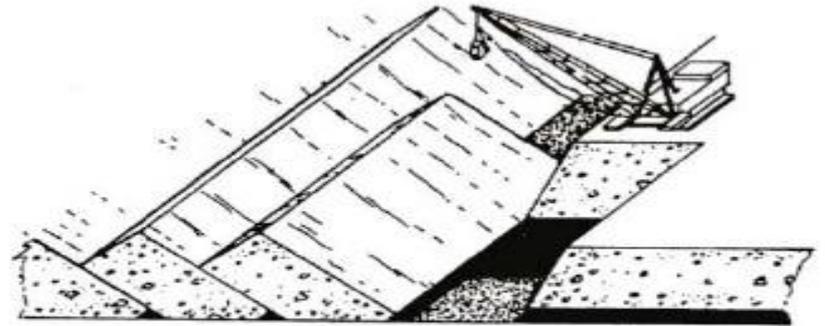
- ▶ *Descubiertas*: estos métodos se aplican en yacimientos tumbados u horizontales, con unos recubrimientos de estéril inferiores a los 50m.
 - ▶ Consiste en un avance unidireccional de un corte de un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores.
 - ▶ La maquinaria que se utiliza depende del volumen de reservas extraíbles, siendo en las grandes minas de frecuente aplicación las dragalinas.
 - ▶ En las pequeñas explotaciones no se justifican las fuertes inversiones de maquinaria, así que encontraremos trabajando tractores de orugas, excavadoras hidráulicas, cargadores frontales, entre otras.

Descubierta

Descubierta de carbón



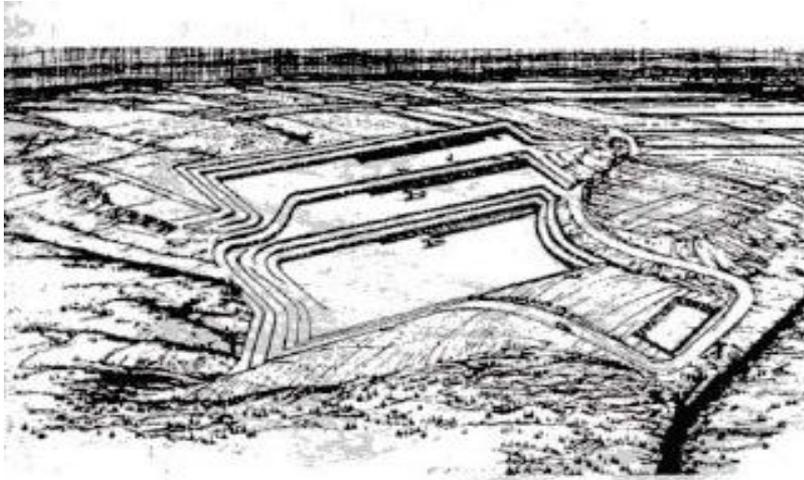
Método de Descubierta



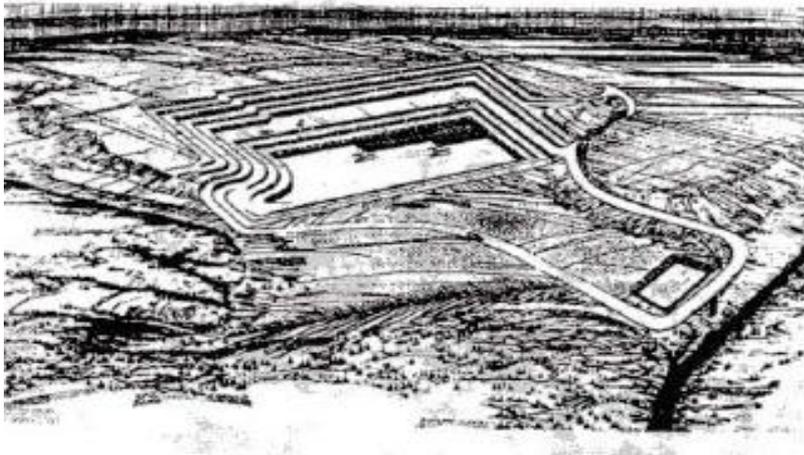
Sistemas de explotación

- ▶ *Terrazas*: se basa en una minería de banqueo con avance unidireccional. Se aplica en yacimientos relativamente horizontales, de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes.
 - ▶ Permite depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación.
 - ▶ Las profundidades que se pueden alcanzar son importantes. Las limitantes son casi exclusivamente de tipo económico al decidir cuál será el último nivel mineralizado que se explotará.
 - ▶ También se puede utilizar como el método de descubierta el autorrelleno del hueco creado, siendo esto positivo en el aspecto de restauración de terrenos.
 - Los sistemas y equipos mineros son muy variados, desde los totalmente discontinuos con equipos convencionales de carga y transporte, hasta los continuos, con cintas transportadoras y trituración dentro de la explotación.

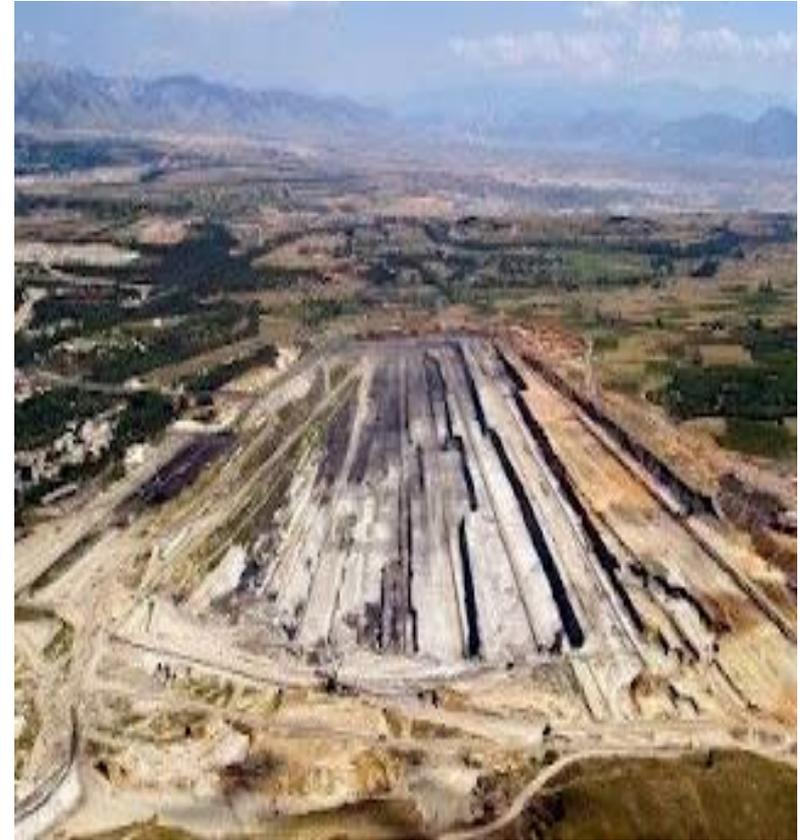
Terrazas



Método de terrazas



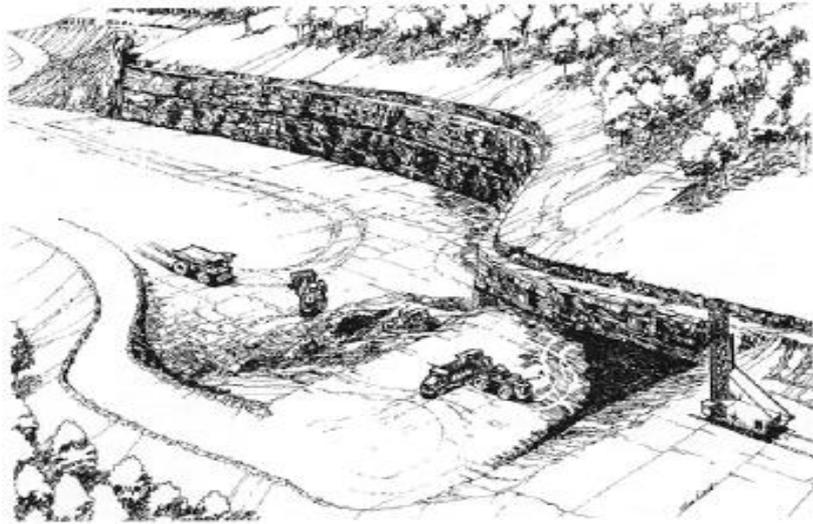
<http://mineriapensambiental.blogspot.com/2011/04/tipos-de-minas.html>



Sistemas de explotación

- ▶ *Contorno:* En yacimientos de carbón con capas tumbadas, de reducida potencia y topografía generalmente desfavorable, se aplican los métodos conocidos bajo la denominación de minería de contorno.
 - ▶ Consisten en la excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico y dejando un talud de banco único.
 - ▶ Dado el gran desarrollo de estas explotaciones y la escasa profundidad de los huecos, es posible realizar una transferencia de los estériles para la posterior recuperación de los terrenos.
 - ▶ La maquinaria que se utiliza suele ser del tipo convencional, accionada por motores diesel.
 - ▶ El relleno de los huecos suele efectuarse una vez que se haya alcanzado una situación que permita el vertido dentro de la explotación.

Contorno



Minas de Contorno



Contour Mine near Middlesboro, Kentucky

<http://www.rubenoropeza.com/>

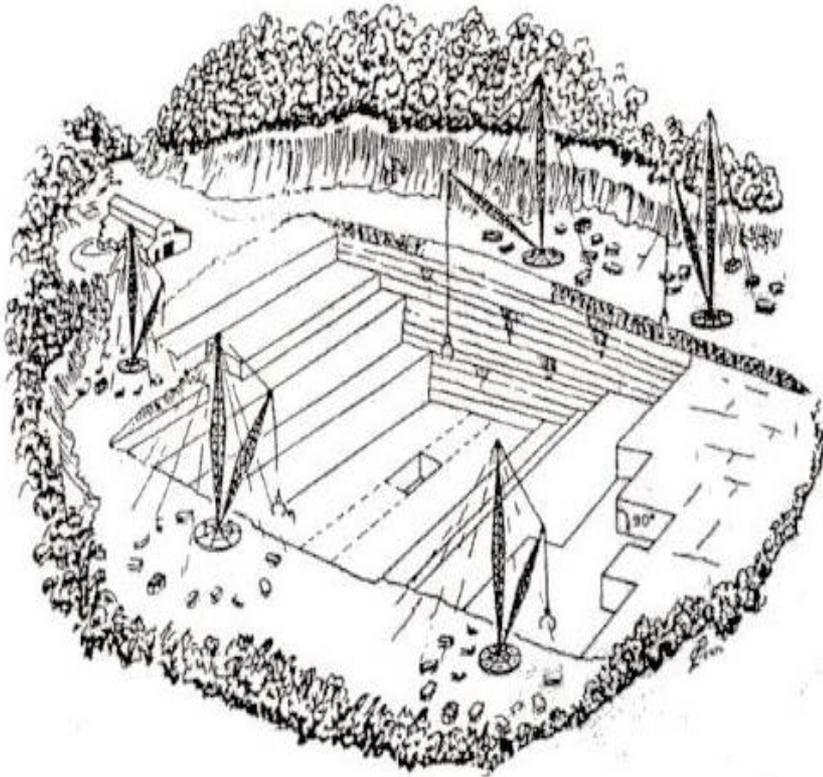


Sistemas de explotación

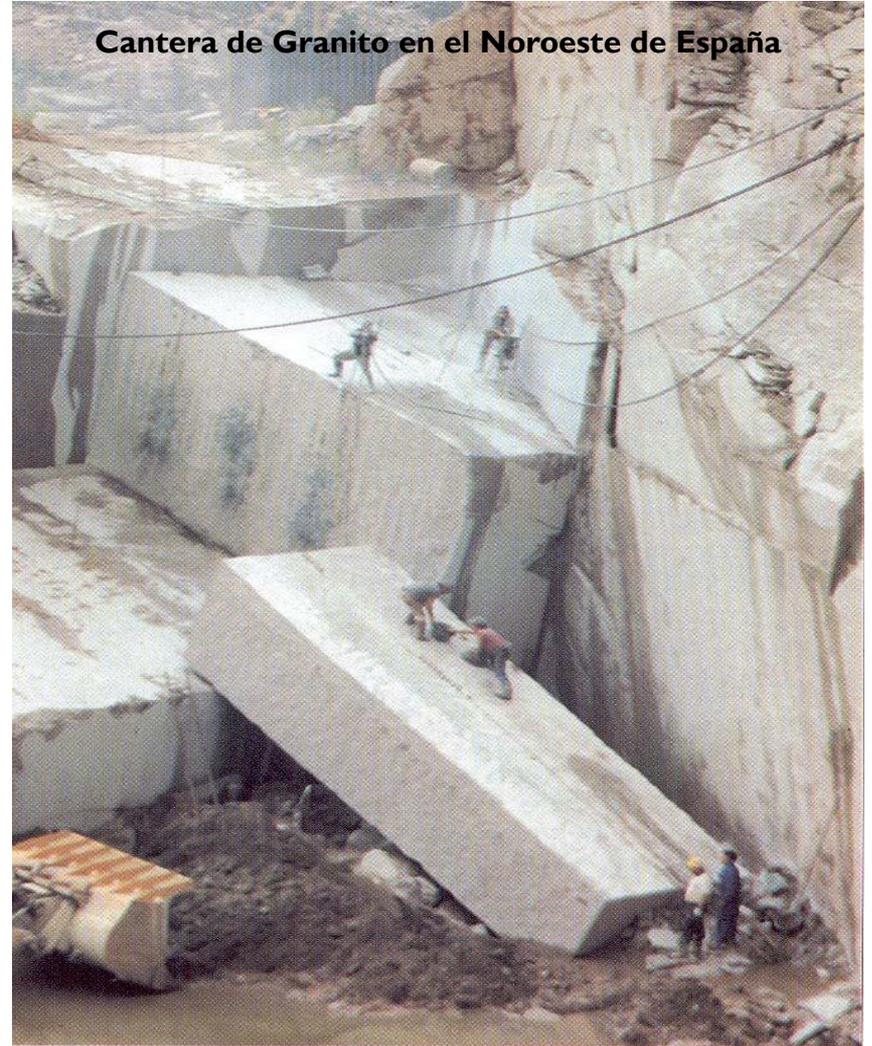
- ▶ *Canteras*: es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción.
 - ▶ En líneas generales, el método de explotación aplicado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles, situándose un gran número de canteras a media ladera.
 - ▶ Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:
 - El primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción, fabricación de cementos, de productos industriales, entre otros. En este tipo de explotación se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan grandes alturas de banco.
 - El segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques, que posteriormente se cortan y elaboran. Éstas se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.

Canteras

Operaciones mineras de Canteras



Cantera de Granito en el Noroeste de España



Sistemas de explotación

- ▶ *Graveras*: son las arenas y las gravas, albergadas en depósitos de valle y terrazas de ríos, que son objeto de una explotación intensa debido al uso de dichos materiales por el sector de la construcción.
 - ▶ Las arenas y los cantos rodados se encuentran poco cohesionados, por lo que las labores de arranque se efectúan directamente por equipos mecánicos.
 - ▶ Cuando las formaciones se encuentran en niveles altos, se utilizan equipos convencionales, como los cargadores frontales y los camiones.
 - ▶ Para los materiales que se presenten en contacto en acuíferos infrayacentes, se emplean otros equipos mineros como las dragas, las dragalinas o las rastras.

Graveras

Gravera de Peñaflor, España



<http://www.triacanthos.org/?p=23>



Sistemas de explotación

- ▶ *Minería Hidráulica. Dragado:* En mineralizaciones especiales, como son las metálicas de oro, casiterita, diamantes, contenidas en aluviones se aplica el método de dragado, inundando previamente la zona de explotación o aprovechando cuerpos de agua pre-existentes.
 - ▶ Este método es económico cuando la propia agua de inundación se utiliza en el proceso de concentración, como ocurre con la separación gravimétrica.
 - ▶ Las dragas, además del sistema de extracción que utilicen (cangilones-cabezas de corte), pueden llegar a incorporar la propia planta de tratamiento sobre la plataforma (cribas, ciclones, entre otros) con capacidad para tratar grandes volúmenes de material y un sistema de evacuación de estériles a la zona ya explotada.

Dragado

<http://mineriapensambiental.blogspot.com/2011/04/tipos-de-minas.html>



Mina de Kovin, situada en territorio de la antigua Yugoslavia



Draga “Queen Nandi” trabajando en la mina de Richards Bay Mineral (Cortesía IHC Systems N.V.) (Herrera, 2006)

Sistemas de explotación

▶ Disolución y Lixiviación

- ▶ *Disolución:* Algunos yacimientos de sales, como por ejemplo la glauberita, la thenardita, entre otras, se explotan procediendo primero a la descubierta del estéril superficial para después fragmentar el mineral mediante voladuras y, seguidamente, efectuar su disolución mediante la circulación de agua caliente, que es recuperada como una salmuera mediante un sistema de tuberías y bombas que la llevan hasta la planta de mineralurgia en la que se encuentran unos cristalizadores que permiten obtener el producto final.

Sistemas de explotación

▶ Disolución y Lixiviación

- ▶ *Lixiviación*: consiste en la extracción química de los metales o minerales contenidos en un depósito. El proceso es fundamentalmente químico, pero puede ser también bacteriológico (ciertas bacterias aceleran las reacciones de lixiviación de metales sulfurosos).
 - ▶ Si la extracción se realiza sin extraer el mineral, se habla entonces de “lixiviación in situ”.
 - ▶ Si el mineral se arranca, transporta y deposita en un lugar adecuado, el método se denomina “lixiviación en pilas”.
 - ▶ La “lixiviación dinámica” consiste en tratar el mineral, después de su molienda, en tanques que disponen de agitadores.

Disolución y Lixiviación

<http://mineriapensambiental.blogspot.com/2011/04/tipos-de-minas.html>



http://www.aguariospueblos.org/?attachment_id=24741



<http://www.grupodialogo.org.pe/wp-content/uploads/2011/07/LIXIVIACIÓN1.jpg>

Sistemas de explotación

- ▶ *Especiales o Mixtos*: se refieren a aquellas explotaciones que se llevan a cabo combinando labores de superficie con labores subterráneas, como es el caso de la denominada minería “*auger*”, en la que después de haber efectuado la extracción parcial del mineral no explotable económicamente a cielo abierto mediante la utilización de equipos especiales que, situados en superficie, efectúan el arranque y transporte hasta el exterior.



<http://teeic.anl.gov/er/coal/restech/tech/index.cfm>



Actividades

Para el logro de los objetivos propuestos se requiere la realización de las siguientes actividades

<http://transport.world-aluminium.org/facts/responsible-mining.html>

Asignación 1

1. Encontrar ejemplos de por lo menos tres (3) minas en el mundo (con localización, recurso explotado, producción y equipos mineros) donde se apliquen alguno de los métodos explicados en clase.
2. Elaborar las fichas con las particularidades de la explotaciones (vistos en clases), escogiendo una de las clasificaciones y hacer un análisis de los efectos e implicaciones ambientales de cada uno de los métodos. Se requiere para esta investigación, utilizar mínimo tres (3) referencias de cada una (libros, revistas, internet, informes de tesis y pasantías, entre otras).