

Laboreo II

Tema 2.1. Métodos de explotación de exterior



Raúl Husillo Rodríguez
Noemí Barral Ramón

Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos

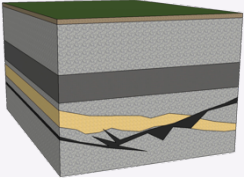
Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:

- ❖ **TIPO DE YACIMIENTO:** Isométrico (masa), capa, filón, columna, complejo, mixto. Potencias y buzamientos. Dimensiones.
- ❖ **GEOTECNIA:** Resistencia (mineralización y encajantes), fracturación, profundidad y comportamiento tenso-deformacional.
- ❖ **CONDICIONANTES ECONÓMICOS:** Leyes, fluctuaciones en el precio de la mena, productividad y ritmo de explotación.
- ❖ **OTROS FACTORES:** Seguridad, medio ambiente (paisajes, subsidencia, aguas), impacto social (sindical, político, local...).

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

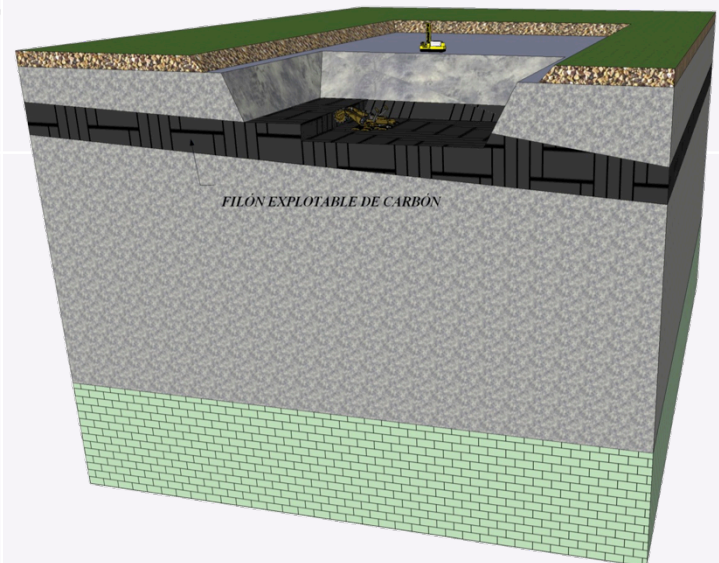
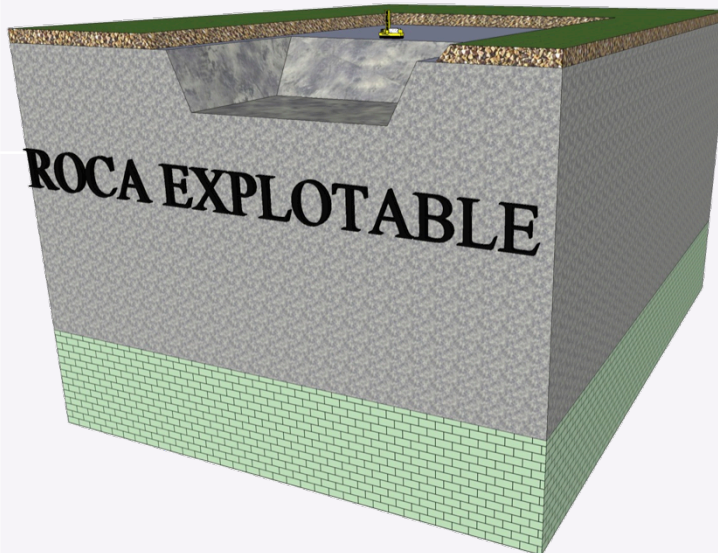
- **Isométricos:** Yacimientos homogéneos con las mismas características del macizo rocoso en todas las direcciones (Depósitos masivos).

- **Estratificados y filonianos:** Yacimientos que presentan la característica de el cuerpo mineralizado se extiende según 2 direcciones preferentes y albergan un tonelaje no muy elevado, siendo de potencia elevada, intermedia o estrecho.

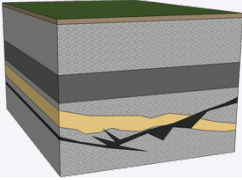
FORMA

Influye en:

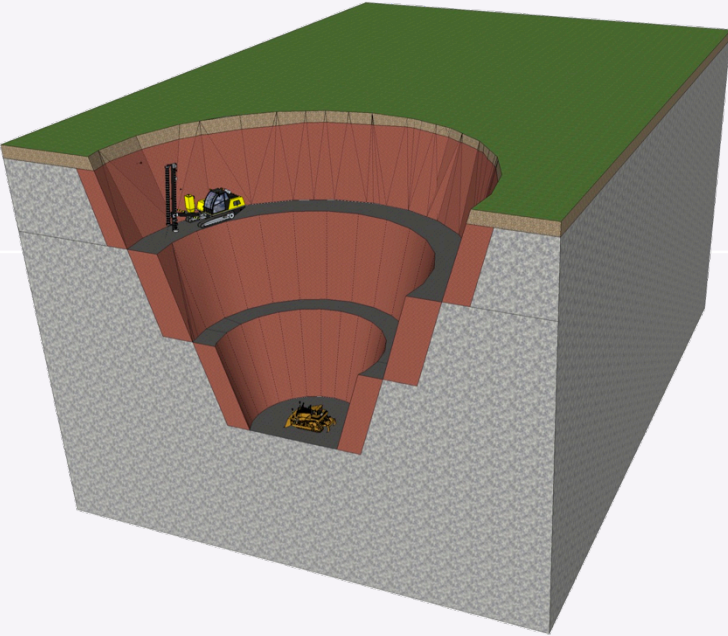
- Geometría final.
- Secuencia de extracción.
- Método minero.



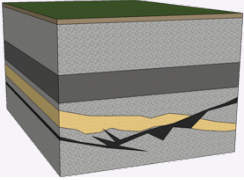
FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR	CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS	
FORMA Influye en: ▪ Geometría final. ▪ Secuencia de extracción. ▪ Método minero.	▪ Columnares o cilíndricos: Yacimientos que se desarrollan en una dirección predominante. 	▪ Intermedios o mixtos: Que combinan características de dos o más grupos de los anteriores, debido a su propia génesis o a dislocaciones tectónicas.

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR

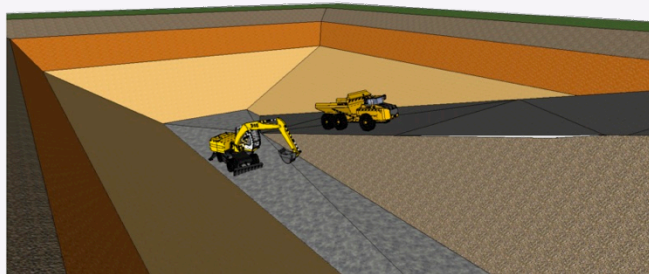
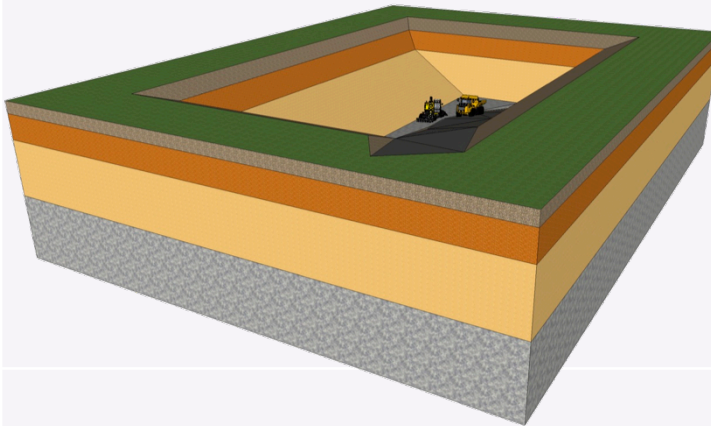
CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

MORFOLOGÍA

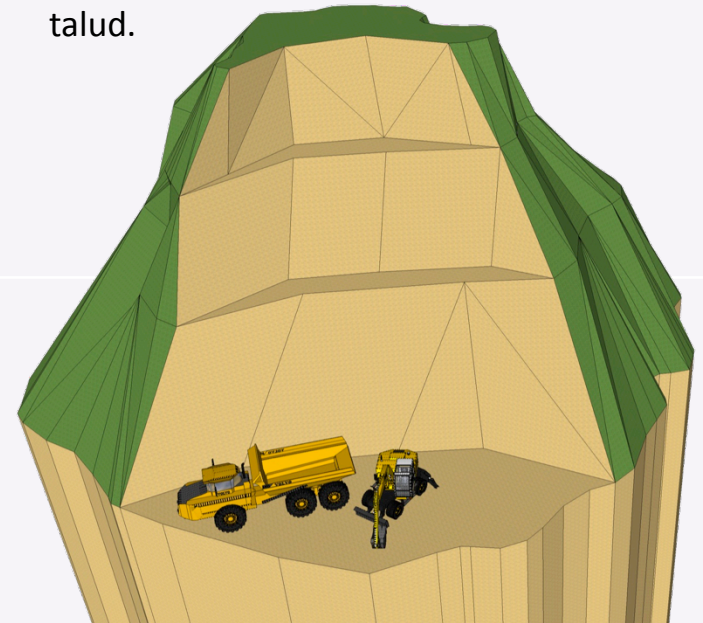
Influye en:

- Método minero.

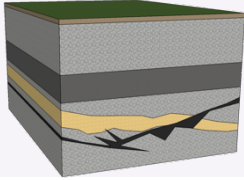
- **Horizontales:** Yacimientos asociados a una morfología suave y con poco o nulo relieve.



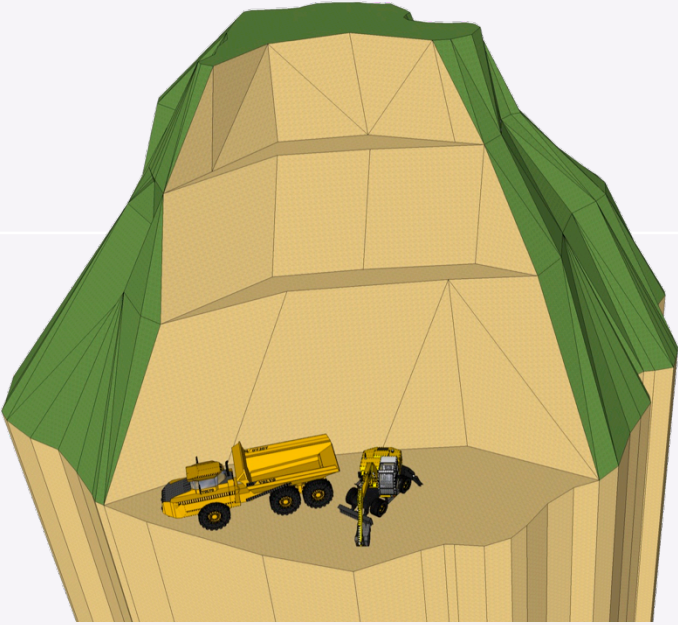
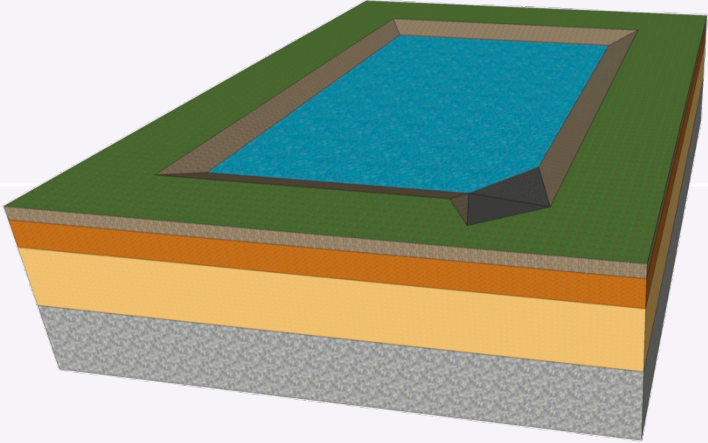
- **En ladera:** Yacimientos en los que la morfología propicia que se disponga de mayor acceso al cuerpo mineralizado, pudiendo ser masivo, y en caso de capa con buzamiento a favor o en contra del talud.



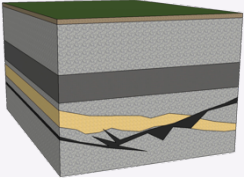
FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR	CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS	
MORFOLOGÍA Influye en: ▪ Método minero.	▪ Montañosos: Morfología abrupta y con gran número de accidentes topográficos.  Diagrama tridimensional de un yacimiento montañoso. Muestra una gran masa de terreno con una superficie irregular y escarpada, cubierta por una capa verde que representa la vegetación. En la base del yacimiento, se encuentran dos vehículos mineros: un camión amarillo y una excavadora amarilla.	▪ Submarinos o subacuáticos: Aquellos yacimientos que se encuentran cubiertos por una lamina de agua.  Diagrama tridimensional de un yacimiento submarino o subacuático. Muestra una gran masa de terreno con una superficie plana y cubierta por una lamina de agua azul. El yacimiento está representado por una zona rectangular azul dentro de la lamina de agua.

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR

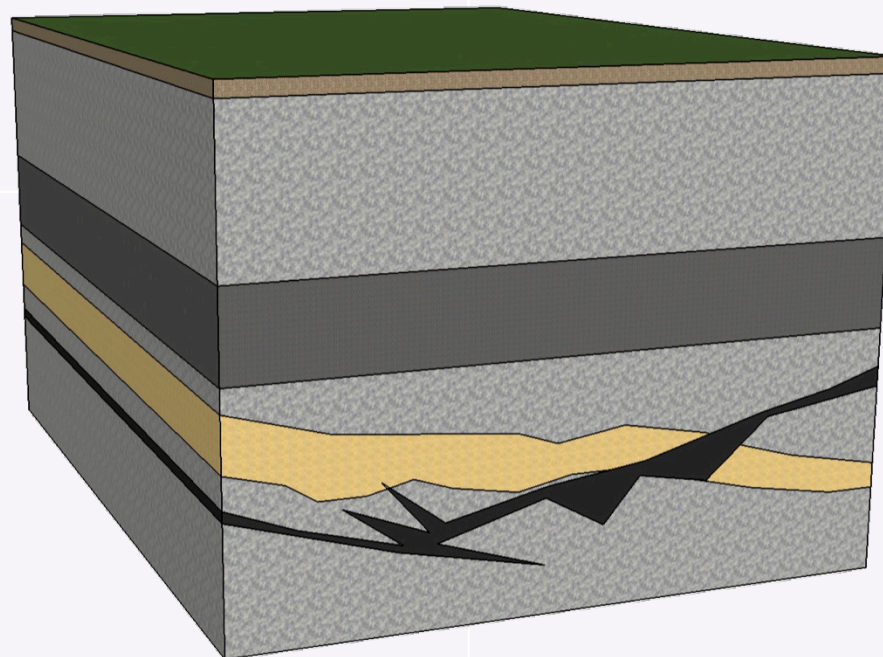
CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

- **Superficiales:** Cuando no existe material de recubrimiento, o si existe, es inferior a 20 o 30 metros.
- **Profundos:** Localizados entre 40 y 250 metros.

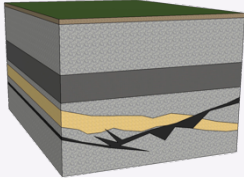
PROFUNDIDAD

Influye en:

- Dimensión de la explotación.
- Sistemas de laboreo y transporte.



FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR

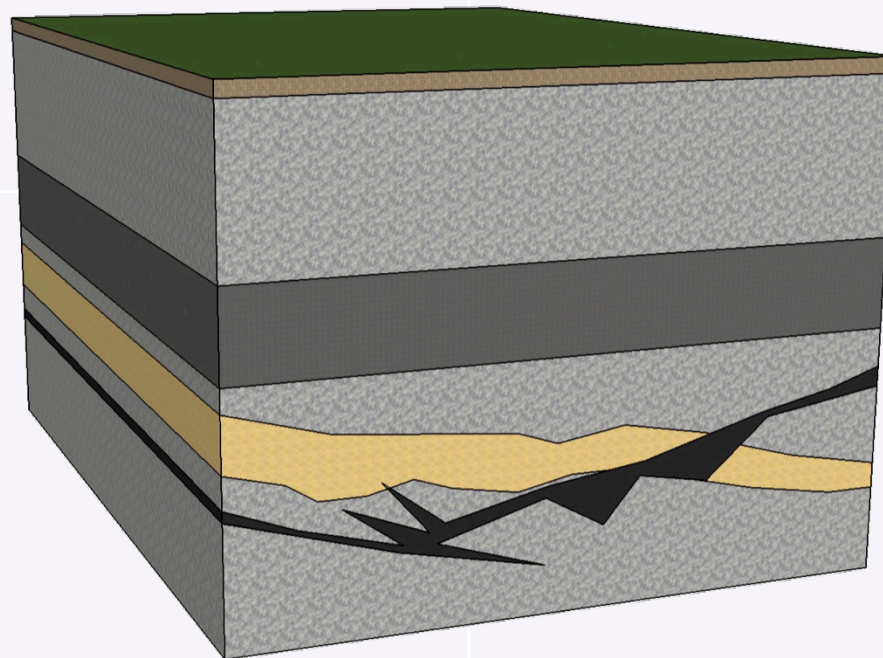
CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

- **Variables:** Una parte es económicamente explotable a cielo abierto y el resto por minería subterránea.

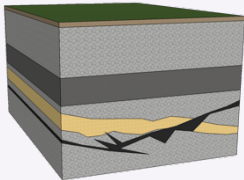
PROFUNDIDAD

Influye en:

- Dimensión de la explotación.
- Sistemas de laboreo y transporte.



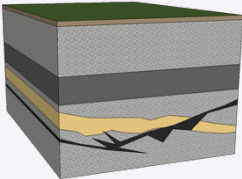
FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



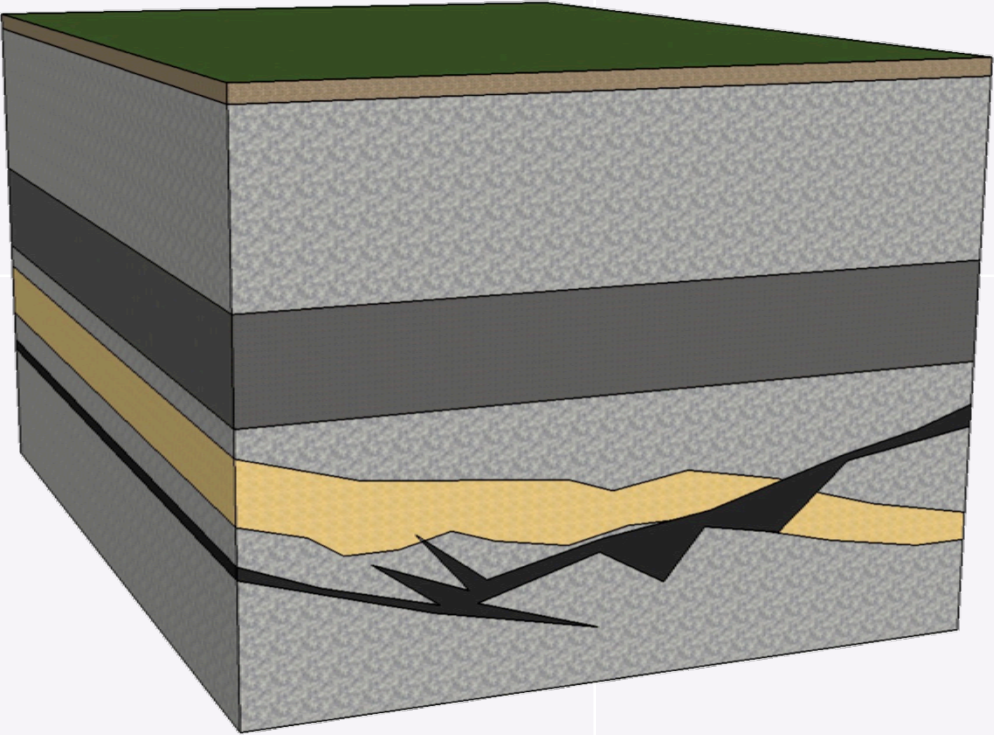
TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR	CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS	
INCLINACIÓN Influye en: ▪ Método de explotación. ▪ Ratio de explotación. ▪ Economía de operaciones. ▪ Recuperación final.	▪ Horizontales: De 0° a 10° ó 10°.	▪ Tumbados: De 10°-15° a 25°-30°.
	A larger 3D block diagram, similar to the one in the top left, showing a cross-section of the earth's crust with multiple horizontal layers of different colors (green, grey, yellow, and black). A black line representing a fault or fracture cuts through the layers, dipping towards the right.	

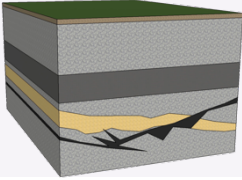
FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR	CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS	
INCLINACIÓN Influye en: ▪ Método de explotación. ▪ Ratio de explotación. ▪ Economía de operaciones. ▪ Recuperación final.	▪ Inclinados: De 25°-35° a 70°-80°.	▪ Verticales: De 70° a 90°.
		

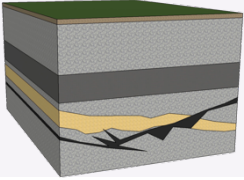
FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR	CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS	
COMPLEJIDAD Influye en: ▪ Método de explotación. ▪ Ratio de explotación. ▪ Economía de operaciones. ▪ Recuperación final.	▪ Simples: Estructura homogénea sin presencia de otros niveles mineralizados o inclusiones; en este caso todos los minerales se extraen conjuntamente del yacimiento.	▪ Complejos: Pueden contener, junto con minerales de altas leyes, masas de mineral pobres o esterilizadas con unos contactos claros; en tales casos la explotación se realiza de forma selectiva para evitar la pérdida o dilución del mineral aprovechable.
		

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

- **Diseminados:** Yacimientos con estructura y distribución aleatoria, obligando a una minería selectiva (Tipo Stockworks).

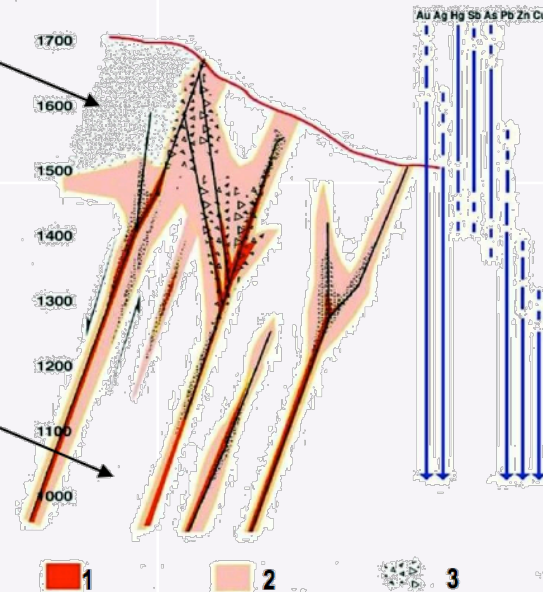
COMPLEJIDAD

Influye en:

- Método de explotación.
- Ratio de explotación.
- Economía de operaciones.
- Recuperación final.

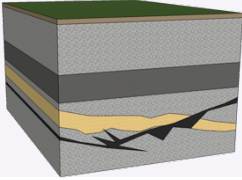
Tobas de latita y rocas
volcanoclásticas

Andesitas y diques
de latita



Fuente: Libro Estructural Minería, autores Javier Lillo y Roberto Oyarzun.

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

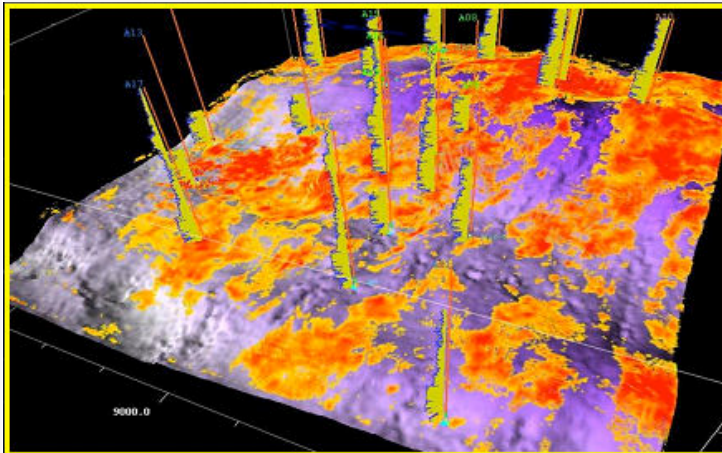
- **Uniformes:** Yacimientos con una distribución de ley uniforme en todo su límite, realizándose la explotación en varios tajos.

- **No Uniformes:** Yacimientos con una distribución de ley distinta en sus dirección, realizándose la explotación de forma que el todo-uno de mina de diversas zonas consiga la ley necesaria para la concentración del mineral.

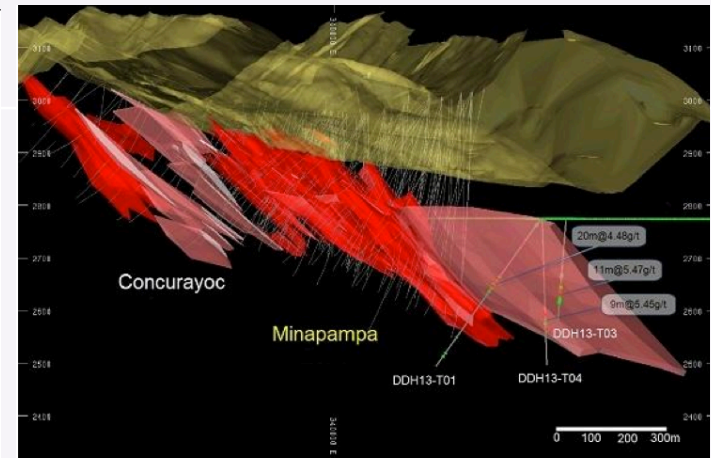
CALIDAD MINERAL

Influye en:

- Método de explotación.
- Ratio de explotación.
- Economía de operaciones.
- Recuperación final.

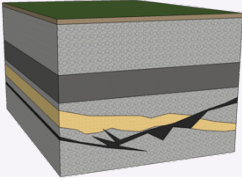


Fuente: <http://www.comerlat.com.mx/img/yacimientos01.jpg>



Fuente: Libro Estructural Minería, autores Javier Lillo y Roberto Oyarzun.

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

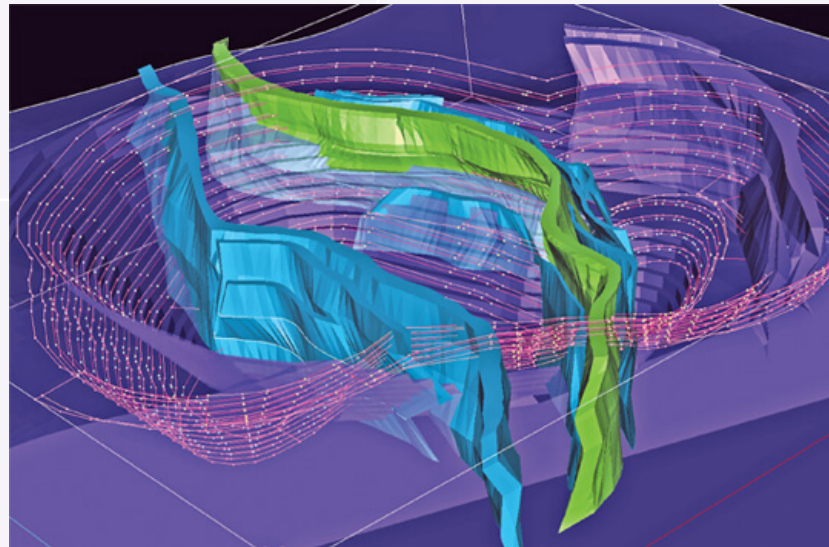
- **Rocas blandas:** Yacimientos con rocas encajantes y mineralizaciones blandas, en los que predominan la aplicación de técnicas de arranque con empleo de medios mecánicos.

- **Rocas duras:** Yacimientos con rocas encajantes y mineralización dura, los métodos de arranque se realizará con empleo de explosivos..

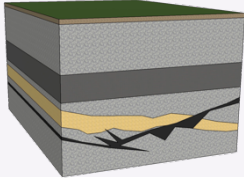
TIPO DE ROCA

Influye en:

- Método de explotación.
- Ratio de explotación.
- Economía de operaciones.
- Recuperación final.



FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN

FACTOR

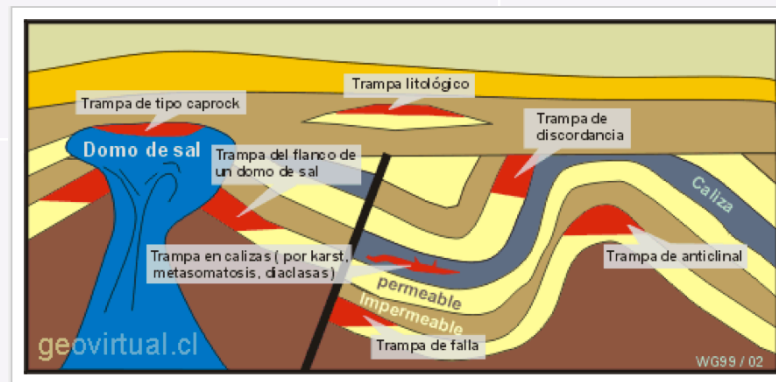
CARACTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

- **Rocas de distintas durezas y origen:**
Yacimientos con presencia de rocas tanto encajantes como mineralizadas de distinto grado de dureza y origen, siendo necesario para el desarrollo de la explotación de las mismas técnicas mixtas.

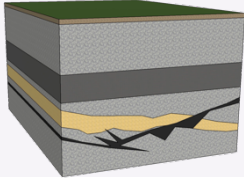
TIPO DE ROCA

Influye en:

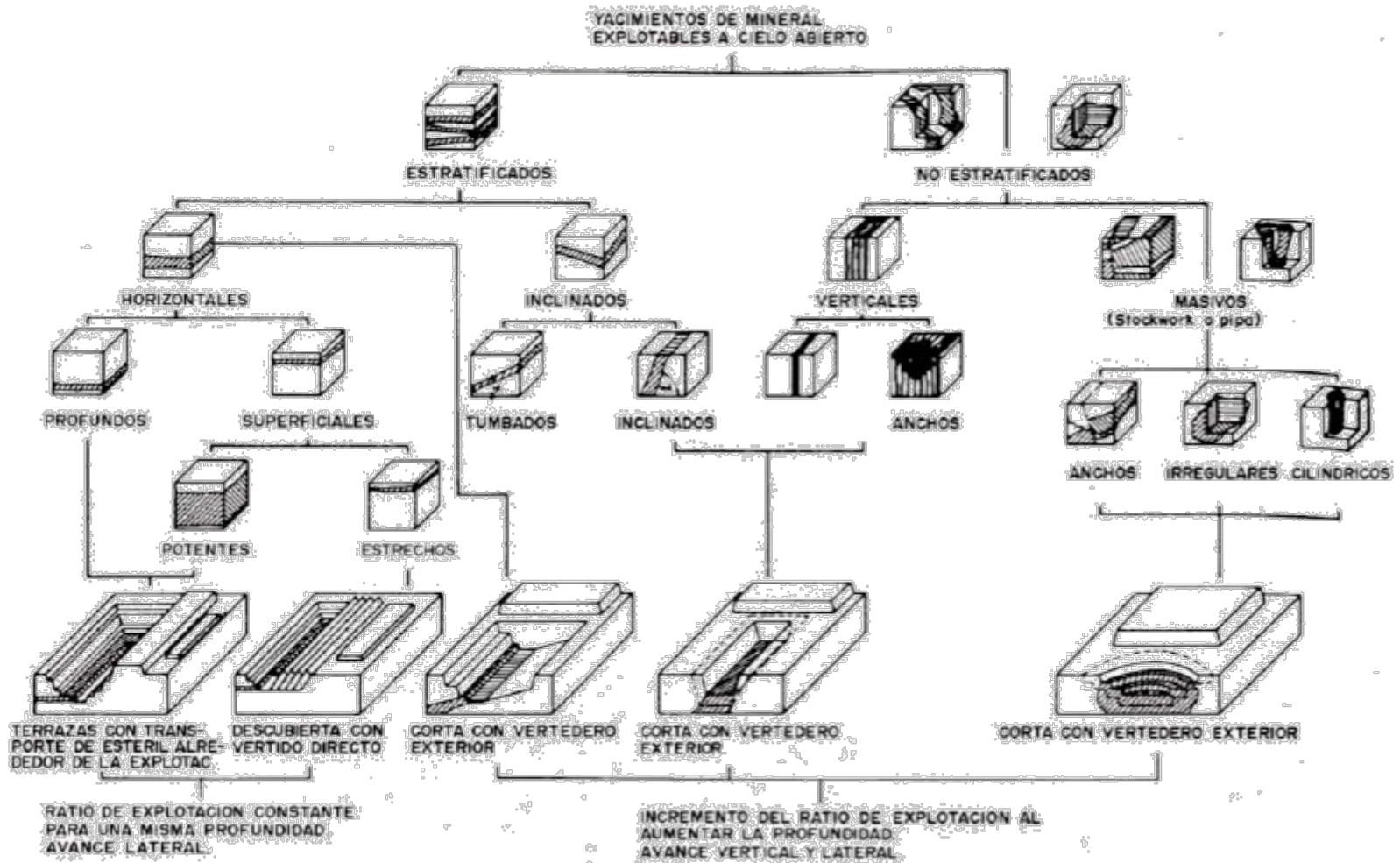
- Método de explotación.
- Ratio de explotación.
- Economía de operaciones.
- Recuperación final.



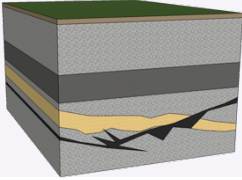
FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



TIPO DE YACIMIENTO: CLASIFICACIÓN



FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



GEOTECNIA: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

DISCONTINUIDADES

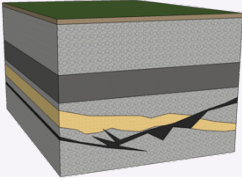
Influye en el comportamiento mecánico del macizo rocoso.

- **Diaclasas o juntas:** Son superficies de fracturación o rotura de la roca, variando su estabilidad y a la resistencia de la roca, influyendo decisivamente en el diseño e la explotación y el ratio de explotación (**aumentan permeabilidad, disminuyen resistencia al corte, actúan como planos de rotura**). Pueden ser de origen tectónico asociadas a plegamientos y a fallas o de origen térmico en el caso de las rocas ígneas (rápido enfriamiento).

- **Fallas:** Son superficies de rotura que presenta el cuerpo mineralizado asociados a un desplazamiento relativo entre bloques.



FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



GEOTECNIA: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

- **Planos de estratificación:** Son planos que dentro del yacimiento separan capas de espesor homogéneas y a profundidad relativa semejante en todas direcciones.

- **Superficies de laminación:** Son planos de de que limitan láminas de espesor centimétrico o milimétrico, en rocas sedimentarias.

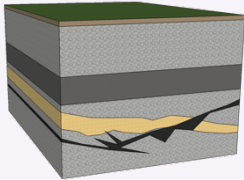


DISCONTINUIDADES

Influye en el comportamiento mecánico del macizo rocoso.

Fuente: <http://ingenieroenminas.com/manual-de-geomecanica-aplicada-conociendo-la-roca>

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



GEOTECNIA: CLASIFICACIÓN

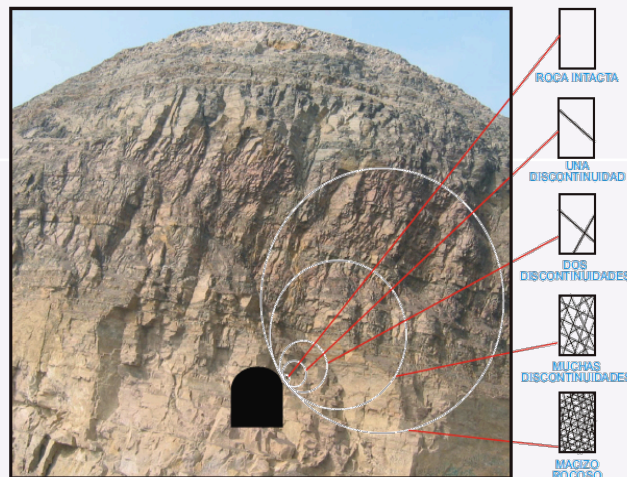
FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

DISCONTINUIDADES

Influye en el comportamiento mecánico del macizo rocoso.

- **Planos de esquistosidad:** Son planos que dentro del yacimiento se forman en sentido perpendicular a la dirección de acortamiento producido por origen tectónico, con una frecuencia elevada y espesor milimétrico.



Fuente: <http://ingenieroenminas.com/manual-de-geomecánica-aplicada-conociendo-la-roca>

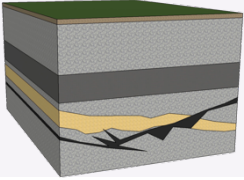
- **Superficies de contacto litológico:** Son planos de delimitación y contacto entre distintas unidades litológicas.

Descripción: Yacimiento de Sulfuros (pirita, pirrotina, esfalerita y Calcopirita), contacto entre la mena profunda y la roca encajante milonitizada.



Fuente: Libro Estructural Minería, autores Javier Lillo y Roberto Oyarzun.

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



GEOTECNIA: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

DISCONTINUIDADES

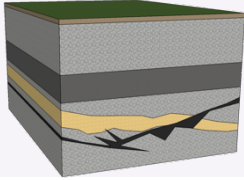
Influye en el comportamiento mecánico del macizo rocoso.

■ Parámetros:

- *Orientación*: Dirección de máxima pendiente del plano y su buzamiento.
- *Espaciado*: Es la distancia entre planos de discontinuidad consecutivos.
- *Continuidad*: Se determina en función de su extensión superficial dentro del macizo rocoso.
- *Rugosidad*: Es la rugosidad de la junta la cual aporta la resistencia al corte y por lo tanto la resistencia al deslizamiento de los bloques.
- *Resistencia de la paredes de la discontinuidad*: Parámetro que determina la resistencia al corte y la deformabilidad del plano.
- *Abertura*: Espaciamiento perpendicular entre las paredes de una discontinuidad.
- *Relleno*: Material intersticial entre paredes de la discontinuidad.
- *Filtraciones*: Presencia de agua en la junta.

CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO- RMR

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:

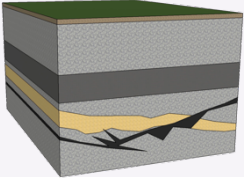


POSIBLE SITUACIÓN DE COLAPSO

FACTOR	ACCIDENTE
GEOTECNICOS	



FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



POSIBLE SITUACIÓN DE COLAPSO

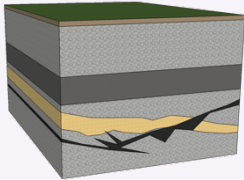
FACTOR

ACCIDENTE

GEOTECNICOS
COBRE LAS CRUCES
17 DE ENERO DEL
2019



FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



POSIBLE SITUACIÓN DE COLAPSO

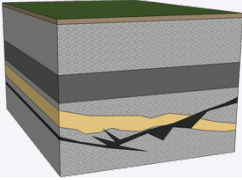
FACTOR

ACCIDENTE

**GEOTECNICOS
COBRE LAS CRUCES
23 DE ENERO DEL
2019**



FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



CONDICIONANTES ECONÓMICOS: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

LEYES Y PRECIOS

Influye en el método de laboreo y en el dimensionamiento de la explotación.

■ Leyes del mineral:

Existen diversos tipos de cálculo de leyes del yacimiento mineral

• *Método de la media ponderada.*
$$L_m = \frac{\sum L_i}{n_i}$$

• *Método inverso de la distancia.*
$$L_m = \frac{\sum \frac{L_i}{I_i^m}}{\sum \frac{1}{I_i^m}}$$

• *Método estadístico para distribución normal (Recta de Henry para distribución de leyes en yacimientos).*

• *Método estadístico para distribución lognormal.*

✧ *Kallistow (ajuste estadístico mediante t-Student).*

✧ *Método abreviado.* $\mu = E(X)$

✧ *Método de los estimadores de Sichel.* $\mu = e^{\alpha + \left(\frac{\beta^2}{2}\right)}$

$$\mu = e^{\alpha} \times f(\beta^2)_n$$

m = Media distribución lognormal.

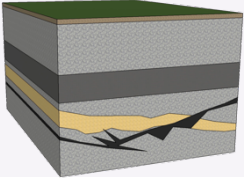
b² = Varianza distribución lognormal.

■ **Precios de venta:** fluctuaciones de los mercados influyen decisivamente en la Ley de corte del yacimiento.



Fuente: <http://www.droble.es/2014/10/>

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



CONDICIONANTES ECONÓMICOS: CLASIFICACIÓN

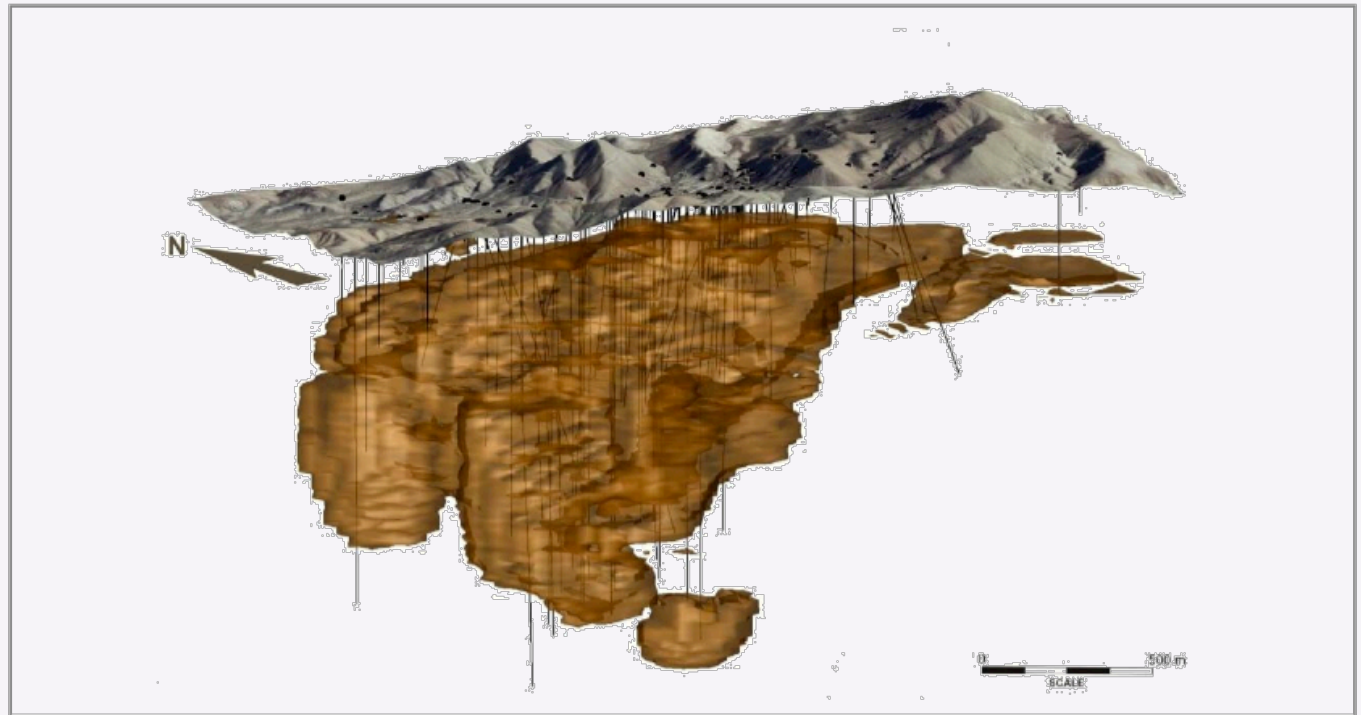
FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

LEYES Y PRECIOS

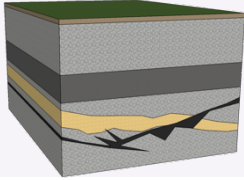
Influye en el método de laboreo y en el dimensionamiento de la explotación.

■ Leyes del mineral:



Fuente: Libro Estructural Minería, autores Javier Lillo y Roberto Oyarzun, envoltura del cuerpo mineralizado del pórfido Ann Mason para una ley de corte de 0,2 % Cu.

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



CONDICIONANTES ECONÓMICOS: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

■ HIDROGEOLOGIA (Aguas subterráneas):

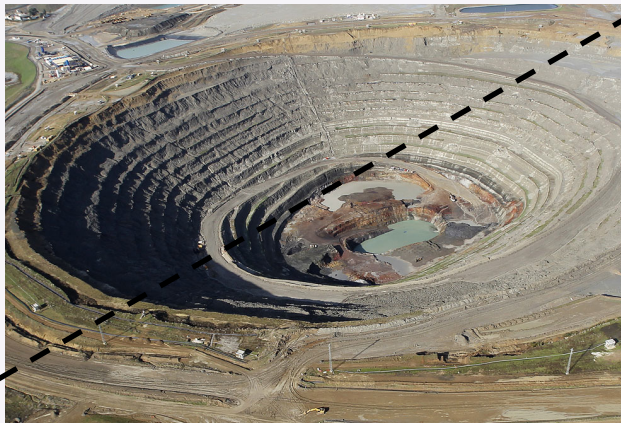
La presencia de aguas subterráneas limita el ámbito de la explotación, por aspectos puramente técnico o sociales y medio ambientales.

■ Hidrología (humedales, ríos, escorrentía):

Las aguas de escorrentía o superficiales condicionan el método de explotación por el empleo de técnica adecuada para el aprovechamiento del recurso y la minimización del impacto ambiental.

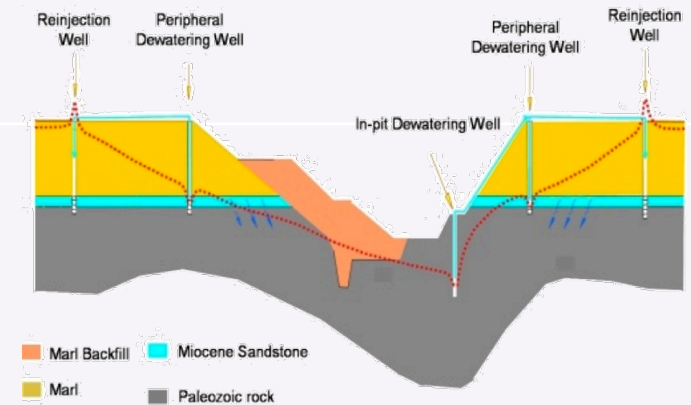
FACTORES AMBIENTALES

Influye en el método de laboreo y en el dimensionamiento de la explotación.



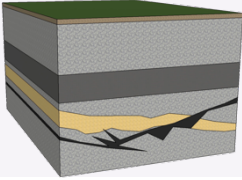
Fuente: <http://www.manueljesusflorencio.com/category/cobre-las-cruces/>

Perfil A-A'



Fuente: <http://www.manueljesusflorencio.com/2011/01/represaliado-por-sus-informes-sobre-las-cruces/>

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



OTROS FACTORES: CLASIFICACIÓN

FACTOR

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

OUTPUTS

Influye en el método de laboreo, en el dimensionamiento de la explotación y en la estrategia empresarial.

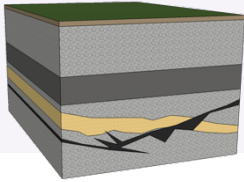
- Ritmo de explotación.
- Disponibilidad de mano obra especializada y geolocalización estratégica.
- Seguridad.
- Medio Ambiente.
- Impacto social.
- Política. Ejemplo mineral coltán.



FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:

- ❖ **TIPO DE YACIMIENTO:** Isométrico (masa), capa, filón, columna, complejo, mixto. Potencias y buzamientos. Dimensiones.
- ❖ **GEOTECNIA:** Resistencia (mineralización y encajantes), fracturación, profundidad y comportamiento tenso-deformacional.
- ❖ **CONDICIONANTES ECONÓMICOS:** Leyes, fluctuaciones en el precio de la mena, productividad y ritmo de explotación.
- ❖ **OTROS FACTORES:** Seguridad, medio ambiente (paisajes, subsidencia, aguas), impacto social (sindical, político, local...).

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



OPERATIVA DE SELECCIÓN

SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXPLOTACION EN FUNCION DE LOS FACTORES QUE LOS CONDICIONAN

La selección de métodos de explotación, se fundamenta en 2 métodos, uno mediante procedimientos numéricos de cuantificación de los factores influyentes en el método con el fin de obtener un valor de selección, y el otro en base a criterios de ratios económicos (Ratio Límite Económico –RLE– ó el Ratio Medio Económico –RME–).

1. Descripción del proceso numérico de cuantificación de la aplicabilidad del método de explotación:

Resulta de la aplicación de valores de cuantificación en el sentido de la idoneidad, operatividad y seguridad del método de explotación con respecto a los factores que influyen sobre el mismo.

Para dar rigor a este método empírico de valoración de aplicabilidad del método con respecto a los factores influyentes en el aprovechamiento óptimo del recurso mineral, se fundamenta en la experiencia en relación a los métodos explotados y desarrollados en minería, y resulta de la puntuación en sentido de la idoneidad del método en base al siguiente baremo:

IDONEIDAD DEL MÉTODO		PUNTUACIÓN
PREFERIBLE	MÁS ADECUADO	6
	AJUSTADO	5
	DESEABLE	4
PROBABLE	ACEPTABLE	3
	POCO ACONSEJABLE	2
	NO ACONSEJABLE	1
IMPROBABLE		0
DESCARTABLE		- 100

FACTORES RELACIONADOS CON EL YACIMIENTO

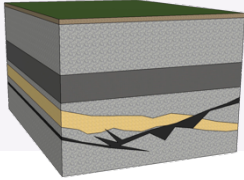
MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN		FORMA DEL YACIMIENTO				MORFOLOGÍA				PROFUNDIDAD			INCLINACION				COMPLEJIDAD			CALIDAD DEL MINERAL		TIPO DE ROCA		
		Masivos	Estratificados	Columnares	Mixtos	Horizontal	Ladera	Montaña	Subacuáticos	Superficiales	Profundos	Variables	Horizontales	Tumbados	Inclinados	Verticales	Simples	Complejos	Diseminados	Uniformes	No Uniformes	Roca Blanda	Roca Dura	Rocas distinta dureza y origen
A CIELO ABIERTO	CORTA	6	4	6	3	6	0	4	-100	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4	6	3
	CANTERA	6	4	4	3	6	6	6	-100	6	0	2	6	4	2	-100	6	4	-100	6	3	4	6	3
	DESCUBIERTAS	6	6	4	3	6	2	3	2	6	-100	0	6	4	-100	1	6	3	-100	6	2	6	4	6
	TERRAZAS	6	6	4	3	6	4	3	2	6	-100	0	6	4	-100	1	6	3	-100	6	2	6	4	3
	MINERÍA DE CONTORNO	6	6	4	3	6	4	3	2	6	-100	0	6	4	-100	1	6	2	-100	6	2	6	4	3
	GRAVERAS	6	6	4	3	6	2	3	2	6	-100	0	6	4	-100	1	6	2	-100	6	2	6	4	3
	MINERÍA HIDRÁULICA	6	6	4	3	6	6	3	6	4	1	0	6	4	-100	1	6	1	-100	6	2	6	4	3
	LIXIVIACIÓN	6	6	4	3	6	2	6	0	6	0	0	6	4	-100	1	6	-100	-100	6	2	6	4	3
	ESPECIALES O MIXTOS	6	6	4	3	6	2	3	6	4	0	0	6	4	-100	1	6	-100	-100	6	2	6	4	3
MINERÍA DE INTERIOR	CÁMARAS Y PILARES	6	3	1	2	6	4	4	1	4	6	3	6	3	-100	-100	6	3	-100	6	1	-100	6	2
	CÁMARAS POR SUBNIVELES	6	3	1	2	6	-100	-100	1	3	6	3	6	3	-100	-100	6	3	-100	6	1	-100	6	2
	CÁMARAS ALMACEN	6	3	1	2	6	-100	-100	1	3	6	3	6	3	-100	-100	6	3	-100	6	1	-100	6	2
	CORTE Y RELLENO	6	5	1	2	6	-100	-100	1	6	6	5	6	3	3	1	6	3	1	6	1	3	6	5
	HUNDIMIENTO POR SUBNIVELES	6	3	3	2	6	-100	-100	1	-100	6	5	6	4	5	3	6	5	6	6	4	3	6	5
	HUNDIMIENTO POR BLOQUES	6	3	3	2	6	-100	-100	1	-100	6	5	6	4	5	3	6	5	3	6	4	3	6	5
	TAJO LARGO	6	6	3	2	6	-100	-100	3	3	6	6	6	4	5	3	6	0	1	6	1	6	2	5

FACTORES RELACIONADOS CON LAS CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN		DIACLASADO	FALLAS	PLANOS DE ESTRATIFICACIÓN	SUPERFICIES DE LAMINACIÓN	PLANOS DE ESQUISTOSIDAD	SUPERFICIES DE CONTACTO LITOLOGICO
A CIELO ABIERTO	CORTA	2	2	2	2	2	2
	CANTERA	2	2	2	2	2	2
	DESCUBIERTAS	5	3	5	5	3	5
	TERRAZAS	5	3	5	5	3	5
	MINERÍA DE CONTORNO	5	3	5	5	3	5
	GRAVERAS	5	3	5	3	3	5
	MINERÍA HIDRÁULICA	5	3	5	3	3	5
	LIXIVIACIÓN	5	3	5	3	3	5
	ESPECIALES O MIXTOS	5	3	5	3	3	5
MINERÍA DE INTERIOR	CÁMARAS Y PILARES	-100	-100	3	4	-100	-100
	CÁMARAS POR SUBNIVELES	-100	-100	3	4	-100	-100
	CÁMARAS ALMACEN	-100	-100	3	4	-100	-100
	CORTE Y RELLENO	3	3	3	4	2	2
	HUNDIMIENTO POR SUBNIVELES	3	2	4	4	2	2
	HUNDIMIENTO POR BLOQUES	3	2	4	4	2	2
	TAJO LARGO	5	3	6	4	0	0

Factores relacionados con las características económicas y otros aspectos externos									
Métodos de explotación		Condicionantes económicos		Otros factores externos					
		LeYES	Precios de venta	Ritmo de explotación	Disponibilidad mano de obra	Seguridad	Medio ambiente	Impacto social	Política
A cielo abierto	Corta	3	3	6	6	3	1	2	2
	Cantera	2	5	6	6	3	1	2	2
	Descubiertas	3	5	6	6	3	3	2	2
	Terrazas	3	5	6	6	3	3	2	2
	Minería de contorno	3	5	6	6	3	3	2	2
	Graveras	-100	5	6	6	3	3	2	2
	Minería hidráulica	-100	2	3	6	3	1	2	2
	Lixiviación	4	2	3	6	3	3	2	2
	Especiales o mixtos	3	2	3	6	3	3	2	2
Minería de interior	Cámaras y pilares	-100	3	2	4	6	4	4	4
	Cámaras por subniveles	-100	3	2	4	6	4	4	4
	Cámaras almacén	-100	3	2	4	6	4	4	4
	Corte y relleno	3	3	2	3	6	4	4	4
	Hundimiento por subniveles	3	2	2	3	6	4	4	4
	Hundimiento por bloques	3	2	2	3	6	4	4	4
	Tajo largo	5	3	4	3	6	4	4	4

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



OPERATIVA DE SELECCIÓN

SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXPLOTACION EN FUNCION DE LOS FACTORES QUE LOS CONDICIONAN

La selección de métodos de explotación, se fundamenta en 2 métodos, uno mediante procedimientos numéricos de cuantificación de los factores influyentes en el método con el fin de obtener un valor de selección, y el otro en base a criterios de ratios económicos (Ratio Límite Económico –RLE– ó el Ratio Medio Económico –RME–).

II. En base al Ratio Límite Económico (RLE) y el ratio Medio Económico (RME):

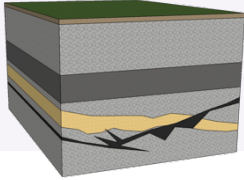
RLE: Se define como el límite a partir del cual una explotación a cielo abierto pierde interés, por igualarse o superar los costes unitarios a los propios de una explotación de interior, o dicho de otra forma, manifiesta el máximo volumen de estéril que individualmente una tonelada de mineral puede soportar con su extracción y concentración produciendo globalmente un beneficio 0.

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{unitario}} \times \eta \times L_{\text{media}} &= C_{\text{extracción-estéril}} \times R_{\text{ratio-medio}} + \Sigma G_{\text{unitarios}} + B_{\text{beneficio}} \\ B &= 0 \end{aligned} \right\} R_{\text{ratio-medio}} = RLE = \frac{P_{\text{unitario}} \times \eta \times L_{\text{media}} - \Sigma G_{\text{unitario}}}{C_{\text{extracción-estéril}}}$$

RME: Se define como la relación media entre la diferencia del valor del mineral y los costes relativos a la extracción, tratamiento y concentración y los costes del estéril asociada a la producción del mineral, con un objetivo de beneficio marcado, distinto de 0.

$$RME = \frac{P_{\text{unitario}} \times \eta \times L_{\text{media}} - \Sigma G_{\text{unitario}} - B_{\text{objetivo}}}{\Sigma C_{\text{costes-estéril}}}$$

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



OPERATIVA DE SELECCIÓN

SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXPLOTACION EN FUNCION DE LOS FACTORES QUE LOS CONDICIONAN

La selección de métodos de explotación, se fundamenta en 2 métodos, uno mediante procedimientos numéricos de cuantificación de los factores influyentes en el método con el fin de obtener un valor de selección, y el otro en base a criterios de ratios económicos (Ratio Límite Económico –RLE– ó el Ratio Medio Económico –RME–).

II. En base al Ratio Límite Económico (RLE) y el ratio Medio Económico (RME):

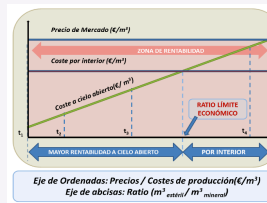
Realizando un análisis de los costes asociados a los procesos intervinientes en el desarrollo de las labores productivas mineras, se pueden extraer una conclusiones en relación al método de explotación a elegir para el desarrollo de la actividad minera.

- Costes a cielo abierto:

$$C_{\text{cielo-abierto}} \left(\frac{\text{€}}{\text{m}^3_{\text{mineral}}} \right) = \frac{V_{\text{estéril}}}{V_{\text{mineral}}} \times C_{\text{gestión-estéril}} + \frac{V_{\text{mineral}}}{V_{\text{mineral}}} \times C_{\text{gestión-mineral}}$$

$$\text{ratio} = \frac{V_{\text{estéril}}}{V_{\text{mineral}}}$$

$$C_{\text{gestión-estéril}} \approx C_{\text{gestión-mineral}} = C_{\text{gestión-mineral/estéril}}$$



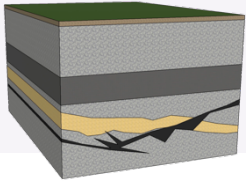
$$C_{\text{cielo-abierto}} = (\text{ratio} + 1) \times C_{\text{gestión-mineral/estéril}}$$

$$\text{Sí} \rightarrow C_{\text{cielo-abierto}} = C_{\text{interior}}$$

$$\text{ratio} = RM = RLE = \frac{C_{\text{interior}}}{C_{\text{cielo-abierto}}} - 1$$

CONCLUSIÓN: para $RM > RLE$ la explotación es más efectiva por interior.

FACTORES INFLUYENTES EN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:



OPERATIVA DE SELECCIÓN

SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXPLOTACION EN FUNCION DE LOS FACTORES QUE LOS CONDICIONAN

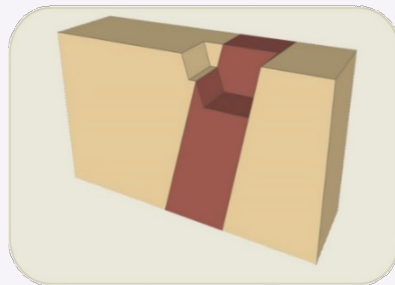
La selección de métodos de explotación, se fundamenta en 2 métodos, uno mediante procedimientos numéricos de cuantificación de los factores influyentes en el método con el fin de obtener un valor de selección, y el otro en base a criterios de ratios económicos (Ratio Límite Económico –RLE– ó el Ratio Medio Económico –RME–).

II. En base al Ratio Límite Económico (RLE) y el ratio Medio Económico (RME):

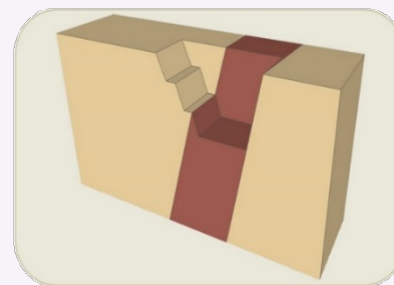
Ejemplo:



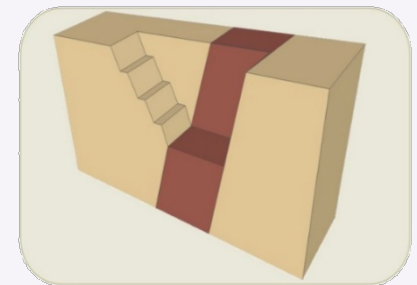
$$t=t_1; V_{\text{mineral}} = V_{m1}; V_{\text{estéril}} = V_{e1} = 0$$



$$t=t_2; V_{\text{mineral}} = V_{m2}; V_{\text{estéril}} = V_{e2}$$



$$t=t_3; V_{\text{mineral}} = V_{m3}; V_{\text{estéril}} = V_{e3}$$



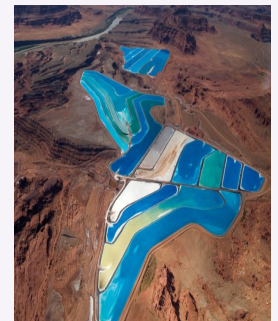
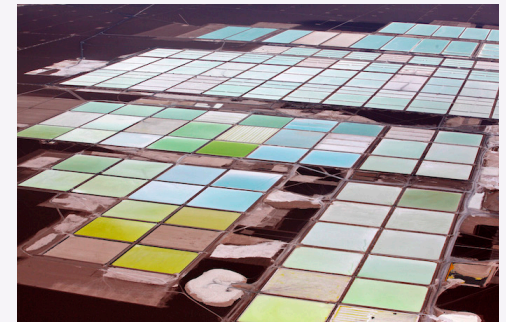
$$t=t_4; V_{\text{mineral}} = V_{m4}; V_{\text{estéril}} = V_{e4}$$

Fuente: Autor el Prof. D. Rubén Pérez Álvarez.

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO (C.A.):

Los métodos de explotación de exterior se dividen en los siguientes:

- 🚛 Canteras.
- 🚛 Corta.
- 🚛 Descubiertas.
- 🚛 Terrazas.
- 🚛 Minería de contorno.
- 🚛 Graveras.
- 🚛 Minería hidráulica.
- 🚛 Lixiviación.
- 🚛 Métodos especiales o mixtos.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Primera premisa, según Ley 22/1973, de 21 de Julio de Minas, las explotaciones de áridos se clasifican en la sección A, lo cual confiere a las explotaciones de cantera un escaso valor económico y consecuentemente interés. En segundo lugar, en relación al yacimiento, se deba la situación de una gran abundancia de estos recursos, reservas elevadas y el material explotable estaba sujeto a unas características muy holgadas y con criterios de selectividad del material en virtud de parámetros muy generalistas.

Se podía entender por el término “cantera”, a explotaciones superficiales con las siguientes características:

- Tenían un tamaño pequeño, una escasa tecnificación y bajas producciones.
- Tradicionalmente contaban con uno o dos bancos o de banco único de gran altura.
- Eran anárquicas en sus formas y planteamientos.
- Estaban destinadas a suministrar materiales abundantes de origen mineral y de escaso valor económico.
- Explotaban un yacimiento en el que existían pocos problemas de reservas, agotamiento o de selección del material por haber suficientes recursos a escala global o local.
- El yacimiento tenía una calidad natural adecuada para las exigencias del mercado.

Esto fue favorecido por la administración en el ámbito de la construcción de obra pública, ya que cualquier proyecto relacionado con la construcción de una nueva carretera, vía de ferrocarril, puerto, etc., suponía la localización y apertura de una nueva cantera (también llamada “préstamo” en el ámbito de la obra pública) con el fin de suministrar el material necesario para la obra.

Su diseño era anárquico, con bancos de 40-60 m en una única unidad, con un desarrollo de infraestructuras muy escaso, generalmente con sistema de vertido y no cargue-transporte del mineral.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Actualmente se considera “Cantera”, a una explotación y aprovechamiento de un recurso mineral con las siguientes particularidades a cumplir:

- Actividades sujetas a una gran legislación Medio Ambiental y percepción Social.
- Los materiales explotados y puestos en valor, implican un cumplimiento exhaustivo de normas de calidad y estándares de homogeneidad.
- Los sistemas productivos cada vez más especializados y técnicamente más desarrollados.
- Gran cantidad de especificaciones y normativa a cumplir para la apertura de las explotaciones de aprovechamiento de recursos de la sección A.
- Ajuste de los proyectos mineros a técnicas más seguras y con medios más modernos en cumplimiento de la normativa preventiva.

El hecho de una demanda creciente de este tipo de recursos minerales y el empleo de los mismos en actividades con gran relevancia social, son fuente de una clara trayectoria ascendente función del crecimiento de la población, de la riqueza per cápita y de una sociedad del bienestar.

Un motivo del creciente valor intrínseco de este sector es motivado por:

- Gran demanda y necesidad.
- Desarrollo estratégico para mercantiles que desarrollan su actividad en la construcción.
- Aumento de las limitaciones de apertura de nuevas explotaciones desde el punto de vista ambiental y social, y consecuentemente una reducción sustancial de los yacimientos explotables.
- Actualmente debido a su carácter de regulación y escasez del recurso mineral, se desarrollan las actividades de valorización y reutilización de productos naturales o no naturales con el fin de generar este producto.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Las canteras, de forma general, se pueden clasificar en:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).
- Las canteras de rocas y minerales industriales (Cementos, ladrillería, cerámica y vidrio, etc.).



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

- ❖ Árido: Son aquellos que cumplen:
 - Ser materiales minerales.
 - De origen natural o artificial.
 - De carácter sólidos y además inertes.
 - Dimensionados en las granulometrías y formas adecuadas.
 - Utilizados, mediante su mezcla íntima con aglomerantes de activación hidráulica (cales, cementos, etc.) o con ligantes bituminosos, para la fabricación de:
 - Hormigones, asfaltos o productos artificiales resistentes.
 - Zahorras para bases y subbases granulares.
 - Balastos, gravas o gravillas para ferrocarril (partículas de roca de tamaño según especificación de la normativa según aplicación).
 - Escolleras para muros de contención y refuerzo de taludes ante las inclemencias externas (climáticas, fluviales, marinas, etc.).
 - Rellenos de todo tipo.
 - Materias primas para: Cemento, yesos, arenas para filtros ó moldes, detergentes, pinturas, productos de alimentación de ganado, farmacéutica, etc.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ Árido:

Las características definidas para los áridos se establecen en las normas que los regulan, La Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 y su modificación por la Directiva 93/68/CEE han establecido el marco en Europa relativo al mercado CE los productos destinados a ser usados en la construcción, siendo los áridos uno de los materiales con mayor regulación.

En el ámbito español se define el alcance del sistema de evaluación de la conformidad de los áridos mediante la *Instrucción sobre Criterios para la Puesta en Práctica del Mercado CE de los Áridos* del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en 2004, recogiendo los criterios que demuestran la conformidad de los áridos en virtud de su uso, y las normas UNE EN que son de aplicación en cada caso.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ Árido:

Los áridos en primera aproximación los podemos clasificar en función del destino, en base a la reglamentación específica que los regula, siendo esta como:

- **Hormigón:** Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, regula cuales deben ser las especificaciones que deben cumplir los áridos destinados al uso en el hormigón, así como los ensayos y especificaciones que deben cumplir los áridos destinados a confeccionar hormigón estructural:

Ensayos	Método de Ensayo	Árido Fino	Árido Grueso
Terrones de Arcilla	UNE 7133/58	1%	0,25%
Partículas Blandas	UNE 7134/58	-	5%
Materia Orgánica	UNE en 1744-1/99	Sol. patrón	-
Análisis Granulométrico	UNE en 933-1:96	Según huso	
Equivalente de Arena (EAV)	UNE 83131/90		
Ambiente I - II		75	
Ambiente III		80	
Azul de Metileno	UNE en 933-9/99		
Ambiente I - II		0,6% V.A.	
Ambiente III		0,3% V.A.	
Desgaste de los Ángeles	UNE en 1097-2/99	-	40%
Absorción de Agua	UNE 83133/ UNE 83134	<5%	<5%
Friabilidad	UNE en 1097-1/97	40%	-
Coefficiente de Forma	UNE 7238/71	-	0,20
Material Flotante Líquido p.e.=2	UNE 7244/71	0,5%	1%
Compuestos de Azufre en SO ₃	UNE 1744-1/99	1%	1%
Sulfatos Solubles en Ácidos	UNE en 1744-1:99		
Reactividad Alcali-Carbonato	UNE 146507/99EX P-2	No reactivo	No reactivo
Reactividad Alcali-Silíce o Alcali-Silicato	UNE 146507/99EX P-1	No reactivo	No reactivo
Finos que pasan Tamiz UNE 0,063	UNE en 933-2:96		
Árido machaqueo calizo (I-IIa-IIb)		15%	2%
Árido machaqueo calizo (IIa-IIb-IIc-IV)		10%	2%
Árido machaqueo no calizo (I-IIa-IIb)			1%
Árido redondeado		6%	
Árido de machaqueo no calizo (IIa-IIb-IIc-IV)			1%
Pérdida peso en solución de MgSO ₄	UNE en 1367-2/99	15%	18%
Cloruros (Cl ⁻)	UNE en 1744-1:98		
Hormigón armado o en masa con armaduras		0,05%	0,05%
Hormigón pretensado		0,03%	0,03%

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ Árido:

- **Áridos para Morteros:** Los áridos para morteros están regulados por la norma UNE EN 13139:2003, actualizada en 2004. Tras un periodo de adopción voluntaria del marcado CE, pasó a ser obligatorio en 2004.
- **Áridos para Mezclas Bituminosas:** En la Norma UNE EN 13043: 2003, actualizada en 2004, define los requisitos para los áridos destinados a mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas.
- **Áridos para carreteras:** En el Pliego de Prescripciones técnicas generales para obras de carreteras del Ministerio de Obras Públicas (PG-3) se introducen y definen las especificaciones que deben cumplir los áridos destinados a este uso. Igualmente ha sido armonizada la norma UNE EN 13242:2003 (actualizada también en 2004), de forma que regula los requisitos de los áridos destinados a ser usados en capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para su uso en capas estructurales de firmes.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ Árido:

También se pueden clasificar en base a su naturaleza como:

- **Áridos naturales:** Granulares, obtenidos de graveras y donde el material extraído se usa tras haber sufrido un lavado y una clasificación, y los obtenidos mediante machaqueo, a partir de la trituración, molienda y clasificación de diferentes rocas de cantera o de las granulometrías de rechazo de los áridos granulares.
- **Áridos artificiales:** Constituidos por subproductos o residuos de procesos industriales, como son las escorias siderúrgicas, las cenizas volantes de la combustión del carbón, estériles mineros, etc.
- **Áridos reciclados:** Áridos procedentes de materiales de demolición y construcción (hormigones, subbases, cerámicas, etc), así como de firmes antiguos.
- **Áridos ligeros:** Productos naturales o artificiales que se usan para la obtención de piezas o elementos de obra de bajo peso y/o aislantes.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

Dentro de:

Y por último en base a su tamaño y denominación:

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES (mm)
ESCOLLERAS	> 700
Mampostería	300-700
Encachado	150-300
Balasto	22-80
Grava	8-22
Gravilla	4-8
Arrocillo	3-4
Arena	0-3
Arena fina	0,02-2

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

Definido el productos de este tipo de explotaciones, los tipos de canteras existente dentro de la denominación canteras de áridos las podemos dividir en:

- ❖ **Canteras en terrenos horizontales:** Se desarrollan en yacimientos masivos con gran extensión y cuya profundización se realiza mediante la apertura en superficie de tajo en trinchera y posterior desarrollo en en extensión.

Inconvenientes:

- Efectuar el transporte de materiales contra pendiente.
- Mayores costes en el dimensionamiento adecuado de los sistemas de drenaje y bombeo para mantener seca la explotación.

Ventajas:

- Una vez excavado un hueco con las suficientes dimensiones, es posible instalar la planta de tratamiento dentro del mismo, consiguiéndose un menor impacto y una menor ocupación de terrenos.
- ❖ Permiten proyectar la pista general de transporte en una posición que no tenga que moverse en mucho tiempo.
- Permiten la instalación de un sistema de cintas transportadoras.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

Definido el productos de este tipo de explotaciones, los tipos de canteras existente dentro de la denominación canteras de áridos las podemos dividir en:

- ❖ **Canteras en terrenos horizontales:** Se desarrollan en yacimientos masivos con gran extensión y cuya profundización se realiza mediante la apertura en superficie de tajo en trinchera y posterior desarrollo en en extensión.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- ❖ **Canteras en ladera:** Explotaciones presentes mayoritariamente en la zona central y norte de España siendo las más abundantes, caracterizadas por estar compuestas de gran cantidad de bancos, con el fin de poder desarrollar la explotación racional del aprovechamiento óptimo del recurso al tener que salvar elevada diferencia de cota y generalmente sobre una morfología abrupta.

Según la dirección de los trabajos de excavación, pueden distinguirse las siguientes alternativas:

- *Avance frontal y frente de trabajo de altura creciente:*
 - ✓ Facilidad de apertura y desarrollo de explotación.
 - ✓ Inicialmente mínima distancia del punto de arranque hasta zona de tratamiento.
 - ✓ Un único frente activo, con altura creciente en morfología alomada.
 - ✓ Imposibilidad de restauración hasta termino de explotación.



Fuente: Métodos de Minería a Cielo Abierto, Juan Herrera Herbert.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ Canteras en ladera:

Según la dirección de los trabajos de excavación, pueden distinguirse las siguientes alternativas:

- *Desarrollo descendente y abandono de frentes altos:*



- ✓ Apertura inicial complicada por la necesidad de inversión elevada en sistemas auxiliares de pistas y accesos e infraestructuras duraderas para todo el desarrollo de la explotación.
- ✓ Sistema de laboreo con posibilidad de compensación en etapas intermedias.
- ✓ Mayor recorrido desde los puntos de extracción a la planta de tratamiento en estadios iniciales, compensándose a medida que se va descendiendo.
- ✓ Desarrollo en laderas abruptas y con elevadas pendientes y desniveles.
- ✓ Posibilidad de restauración hasta termino de explotación.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ Canteras en ladera:

Según la dirección de los trabajos de excavación, pueden distinguirse las siguientes alternativas:

- *Avance lateral y abandono de talud final:*

- ✓ Desarrollo en zonas alomadas donde la componente transversal del yacimiento permite desarrollar la explotación de forma lateral creando un frente único o en número reducido en la componente hacia el interior de la ladera.
- ✓ Permite una recuperación de taludes finales una vez excavado el hueco inicial.
- ✓ Un recorrido compensando desde los puntos de extracción a la planta de tratamiento tanto en estadios iniciales como finales, compensándose a medida que se va desarrollándose la explotación.
- ✓ La restauración se realiza desde el inicio de la explotación empleando el método de transferencia.
- ✓ Los rechazos y residuos son ubicados en la explotación, no necesitándose estructuras de acumulación (Escombreras).



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

Para poder entender cada una de ellas, se define lo que identifica a cada tipo de cantera concreta:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ Canteras en ladera:

Según la dirección de los trabajos de excavación, pueden distinguirse las siguientes alternativas:

- *Explotación en forma troncocónica:*

- ✓ Explotación caracterizada por tener todos los frentes envolviendo a la zona de labores.
- ✓ Inicialmente se comienza en superficie el desarrollo de labores, profundizándose para cada nivel, generando un tronco de cono.
- ✓ Se comienza con un recorrido muy cercano a la plantan de tratamiento, aumentando a medida que se avanza la explotación en sentido descendente, con la generación de infraestructuras a medida que se desarrolla el proyecto de explotación.
- ✓ A medida que se profundiza, **SE PIERDE RECUPERABILIDAD DEL YACIMIENTO**.
- ✓ La restauración se puede desarrollar parcialmente en bancos terminados a medida que se profundiza, es necesario estructuras de acumulación (Escombreras).



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

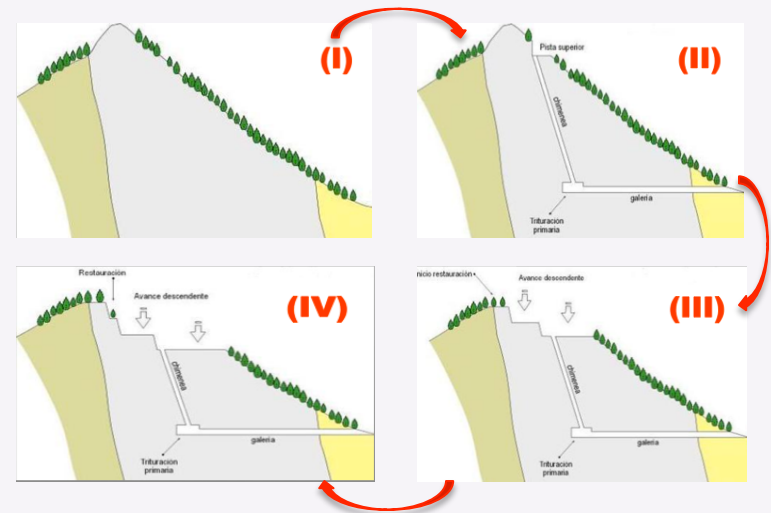
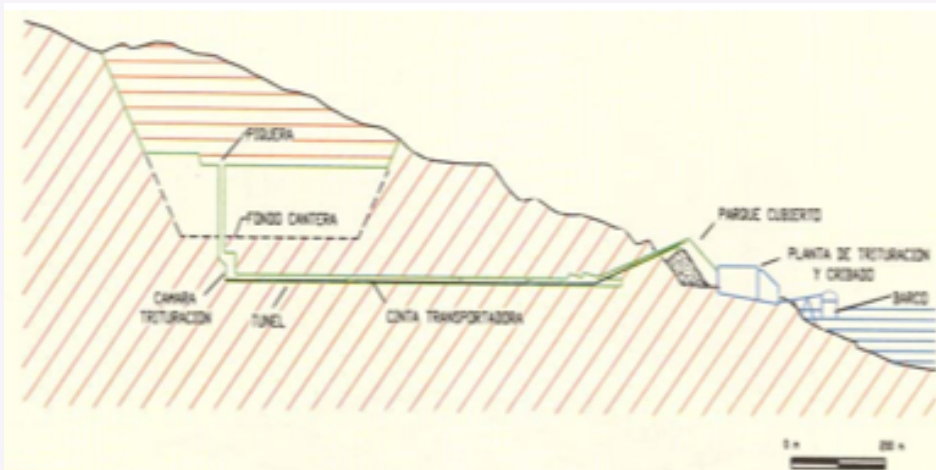
I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- ❖ **Supercanteras:** Son explotaciones basadas en un ***aprovechamiento óptimo del yacimiento*** (mayor productividad-menor coste) y con unas reservas elevadas, basadas en los siguientes aspectos:
 - Yacimiento con reservas elevadas y de buena calidad.
 - Zona de ubicación en entornos naturales susceptibles de generar un impacto ambiental bajo.
 - Ritmos de producción de entre 5 y 20 Mt/año para aprovechar los efectos de las economías de escala en los costes de operación.
 - Proximidad a vías de comunicación terrestres o marítimas.
 - Inversiones específicas de entre 5 y 8 Euros/t de capacidad año.
 - Mayor eficiencia y control de las operaciones, que se traducen en altos rendimientos.
 - Utilización del método de “corta”, con arranque por perforación y voladura, trituración dentro de la misma corta con equipos móviles y semimóviles y extracción por banda transportadora a través de túneles hasta la planta. Obliga al abandono de reservas y a la realización de labores subterráneas, pero permite un menor impacto ambiental.
 - Las profundidades proyectadas llegan a superar los 200 m, por lo que es posible plantear dos secuencias de avance:
 - ✓ La primera consiste en explotar desde los bancos más altos a los más bajos, pero cada vez un nivel en toda su extensión y llevándolo hasta la situación de talud final.
 - ✓ La segunda consiste en configurar varios bancos con vistas a aprovechar el descenso por gravedad y reducir el número de pistas a construir y conservación de las mismas.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

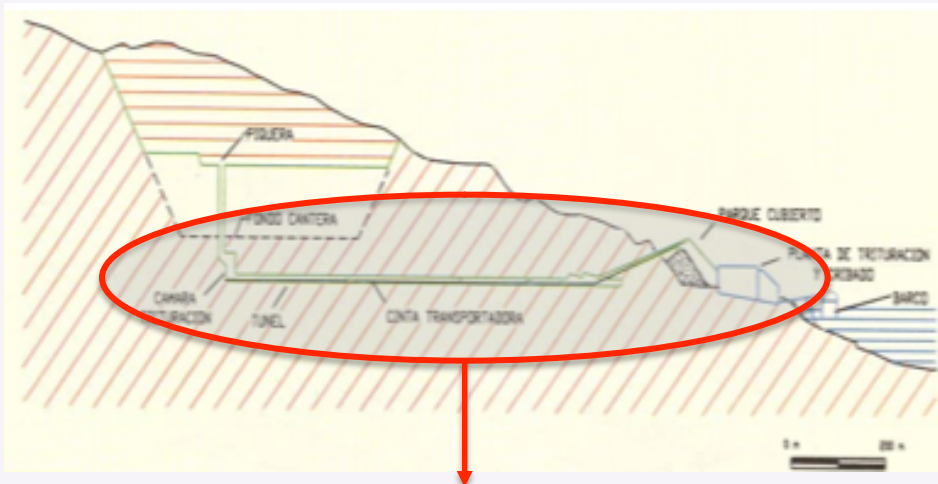
- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- ❖ **Supercanteras:** Son explotaciones basadas en un ***aprovechamiento óptimo del yacimiento*** (mayor productividad-menor coste) y con unas reservas elevadas, basadas en los siguientes aspectos:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

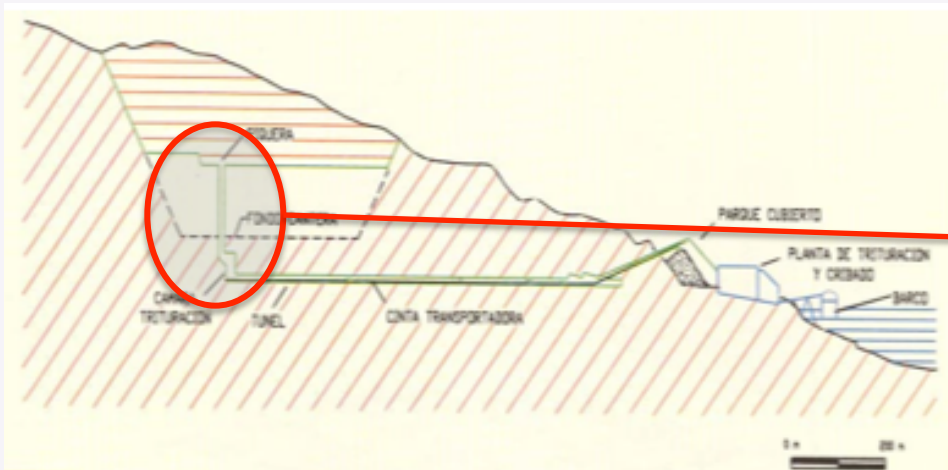
- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- ❖ **Supercanteras:** Son explotaciones basadas en un aprovechamiento óptimo del yacimiento (mayor productividad-menor coste) y con unas reservas elevadas, basadas en los siguientes aspectos:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

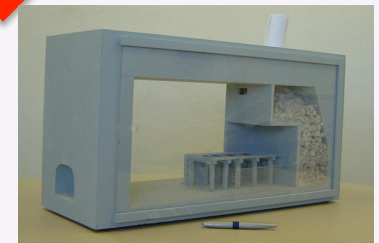
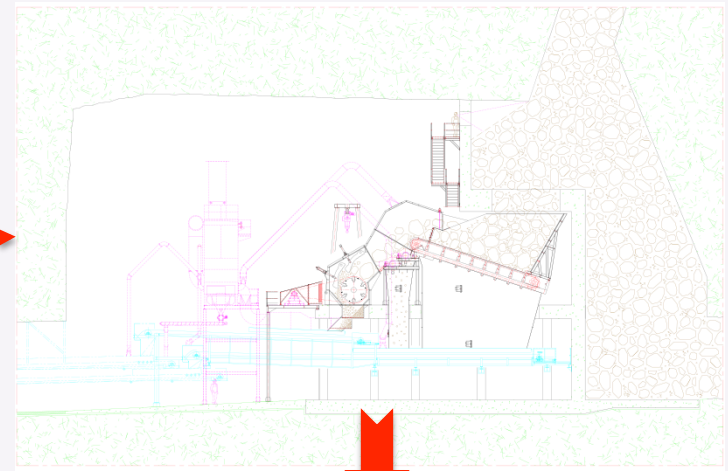
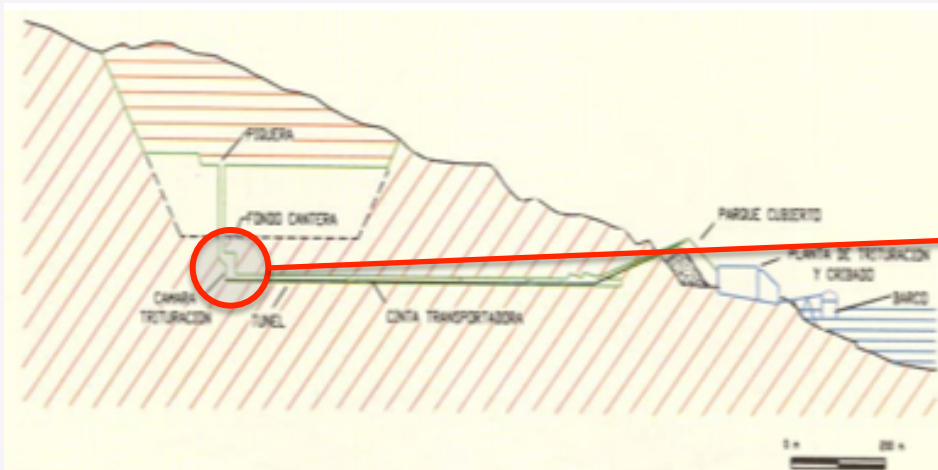
- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- ❖ **Supercanteras:** Son explotaciones basadas en un aprovechamiento óptimo del yacimiento (mayor productividad-menor coste) y con unas reservas elevadas, basadas en los siguientes aspectos:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

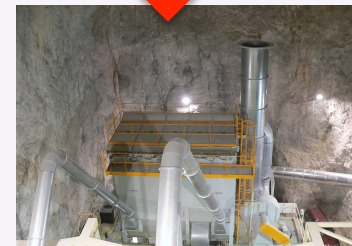
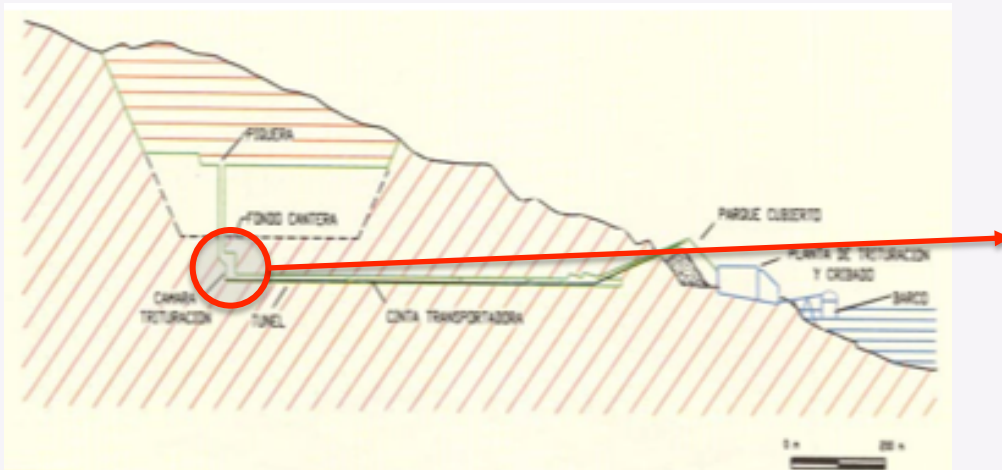
- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- ❖ **Supercanteras:** Son explotaciones basadas en un aprovechamiento óptimo del yacimiento (mayor productividad-menor coste) y con unas reservas elevadas, basadas en los siguientes aspectos:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- ❖ **Supercanteras:** Son explotaciones basadas en un aprovechamiento óptimo del yacimiento (mayor productividad-menor coste) y con unas reservas elevadas, basadas en los siguientes aspectos:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- ❖ **Canteras Subterráneas:** Este tipo de explotaciones se constituyen en una alternativa a tener en cuenta, debido a su mayor coste, solamente en casos especiales:
 - *Escasez de recursos geológicos.*
 - *Se supera el RLE (Ratio Límite Económico), por motivos como aumento de estéril de recubrimiento del yacimiento.*
 - *Existencia de importantes restricciones ambientales.*

Uno de los aspectos a tener en cuenta en este tipo de proyectos, es que en la viabilidad de los mismos debe considerarse el flujo de retorno debido al aprovechamiento de la estructura subterránea (aumenta el RLE).

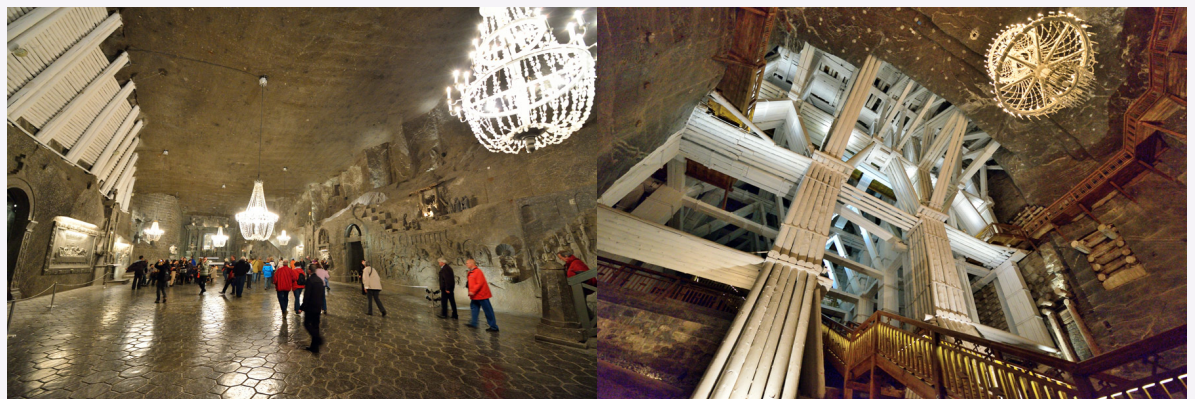
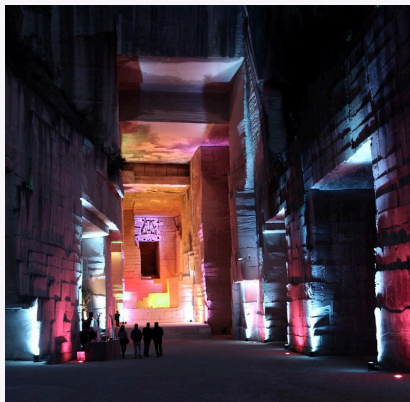
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- ❖ **Canteras Subterráneas:** Posible uso susceptible de ser utilizado en umbral económico de viabilidad, puede ayudar a compensar los mayores gastos de producción y completar los proyectos mineros con usos más racionales.

Generalmente, las cavidades abiertas presentan como características más significativas una temperatura prácticamente constante a lo largo de todo el año, una localización próxima o bajo áreas densamente pobladas y con un reducido caudal de aguas subterráneas cuando los macizos poseen discontinuidades, etc.

Por ello, muchas canteras subterráneas están siendo aprovechadas con finalidades tan diversas como el almacenamiento de sustancias peligrosas, la construcción de aparcamientos, talleres, almacenes, oficinas, etc.



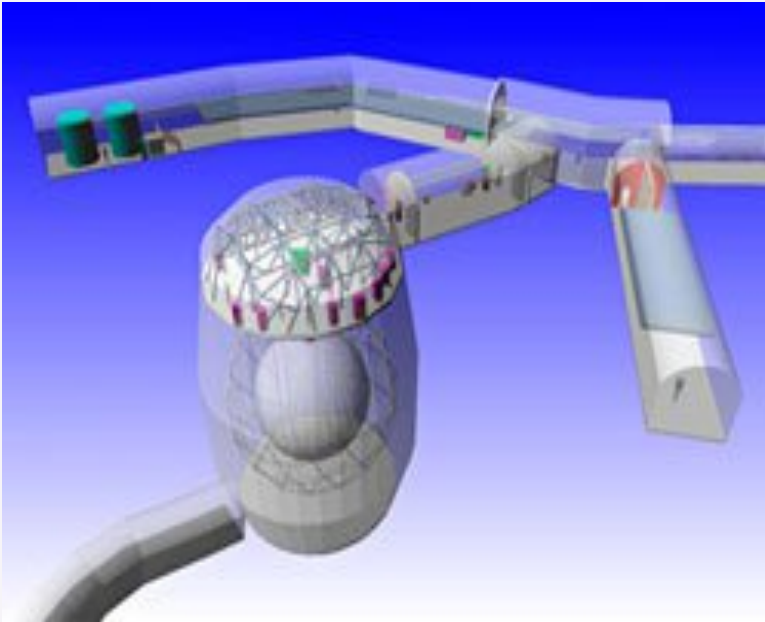
Fuente: <http://es.atlasofwonders.com/2013/10/catedral-imagenes-carrieres-lumieres.html>

Fuente: <http://www.cracovia.net/minas-sal-wieliczka>

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- ❖ **Canteras Subterráneas:** Posible uso susceptible de ser utilizado en umbral económico de viabilidad.



Fuente: <http://ciudad-futura.net>, Complejo de investigación astrofísica SNOLAB en el interior de una antigua mina de Sudbury (Ontario, Canadá), Observatorio de Neutrinos (ONS, en la imagen).

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

El proyecto de una cantera subterránea deberá prestar atención a los siguientes apartados:

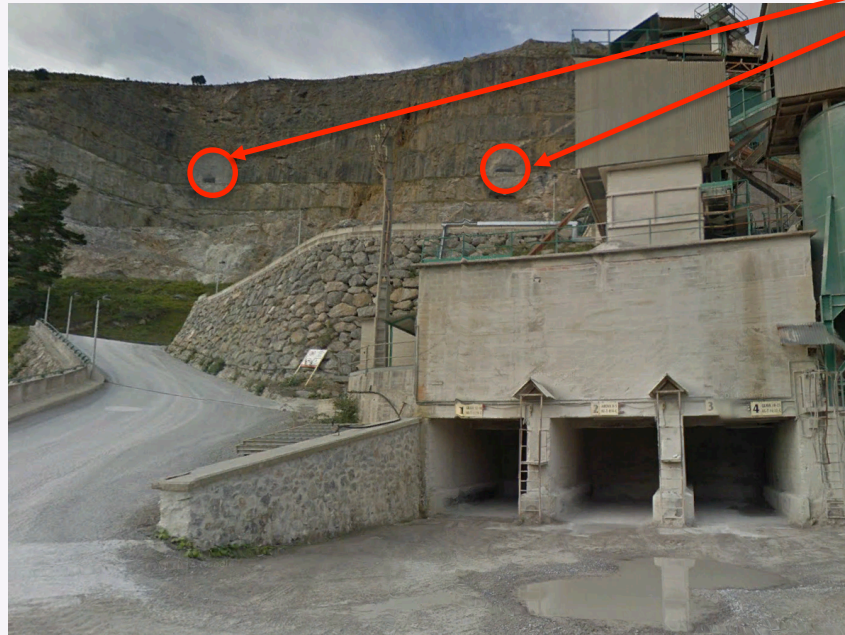
- Métodos de explotación:
 - ✓ Depende de la morfología, potencia e inclinación, características geométricas de hastiales y masa explotable, costes de arranque, infraestructura, características de la roca, etc.
 - ✓ Es frecuente la utilización del método de cámaras y pilares gracias a las buenas características geomecánicas de las formaciones que en general se usan para la trituración y obtención de áridos.
- Los equipos de trabajo son los específicos de minería de interior, aunque en determinadas circunstancias se asemejan a los equipos de exterior, por motivos de estandarización de repuestos, mantenimiento, mano de obra cualificada, lo que implica una menor inversión global del proyecto.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

- *Accesos de las canteras subterráneas:* Se realizan mediante galería de ataque desde el frente y rampas interiores de conexión entre niveles. Los pozos son menos utilizados por su elevado coste e inversión, aunque se suele utilizar en determinados casos en los que el desarrollo vertical es elevado y la accesibilidad no permite otra opción. Dependiendo del desarrollo a generar se emplean coladeros de material para la extracción desde la galería de fondo.

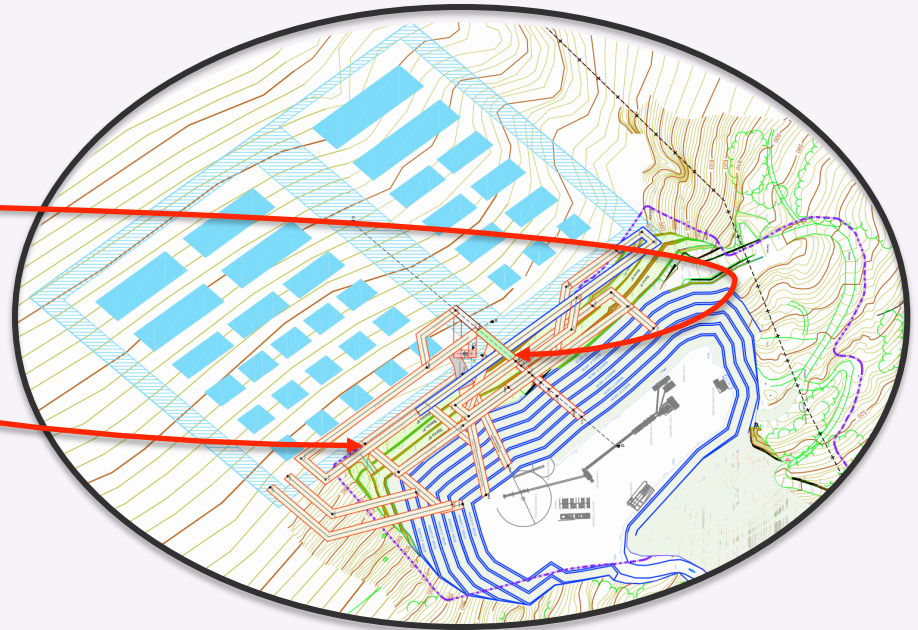


MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

- *Accesos de las canteras subterráneas:*

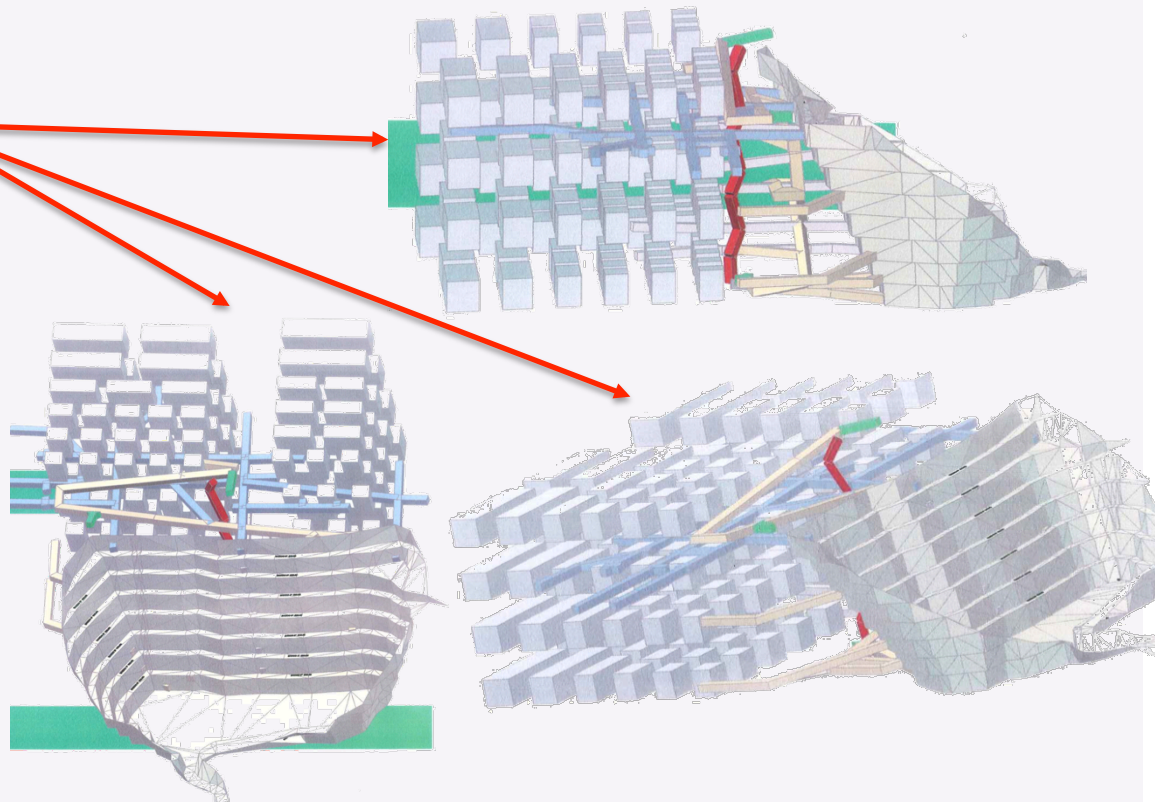


MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

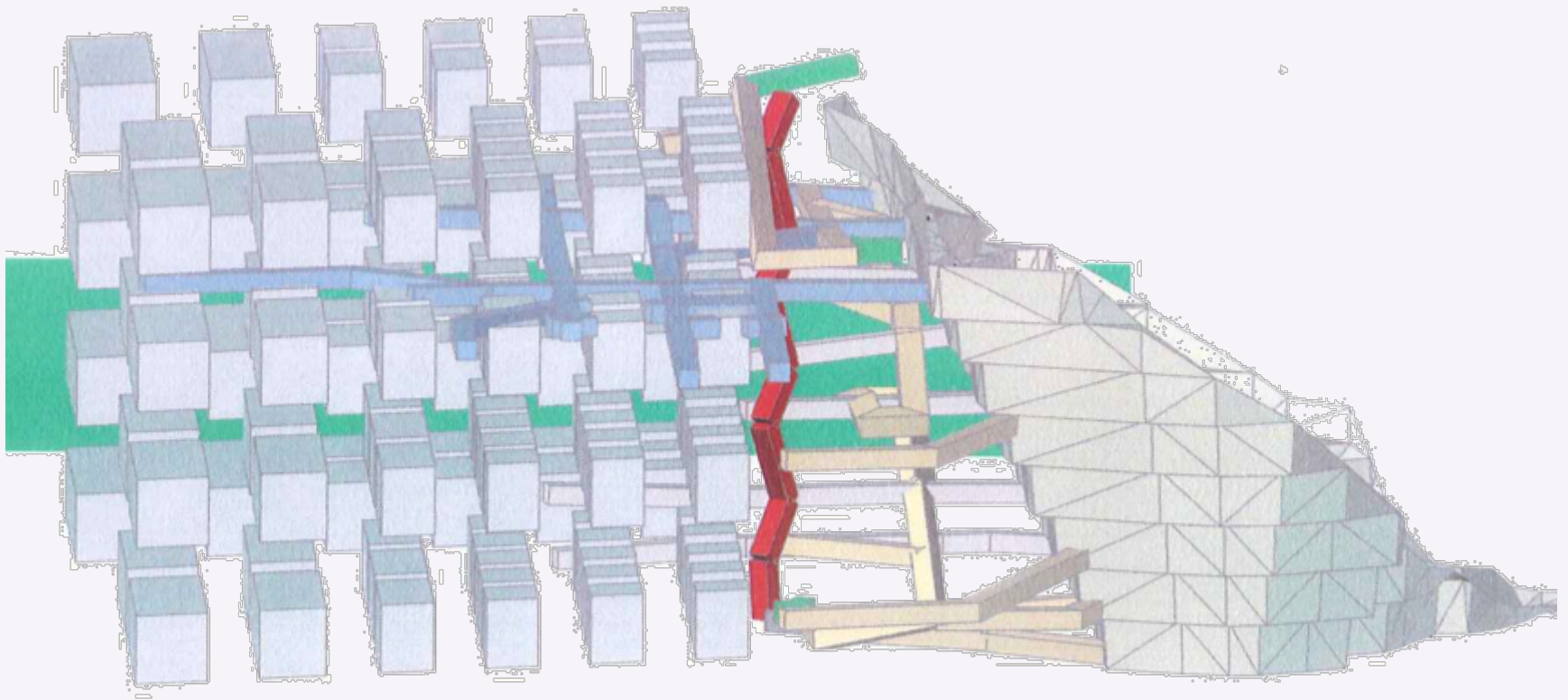
- *Accesos de las canteras subterráneas:*



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

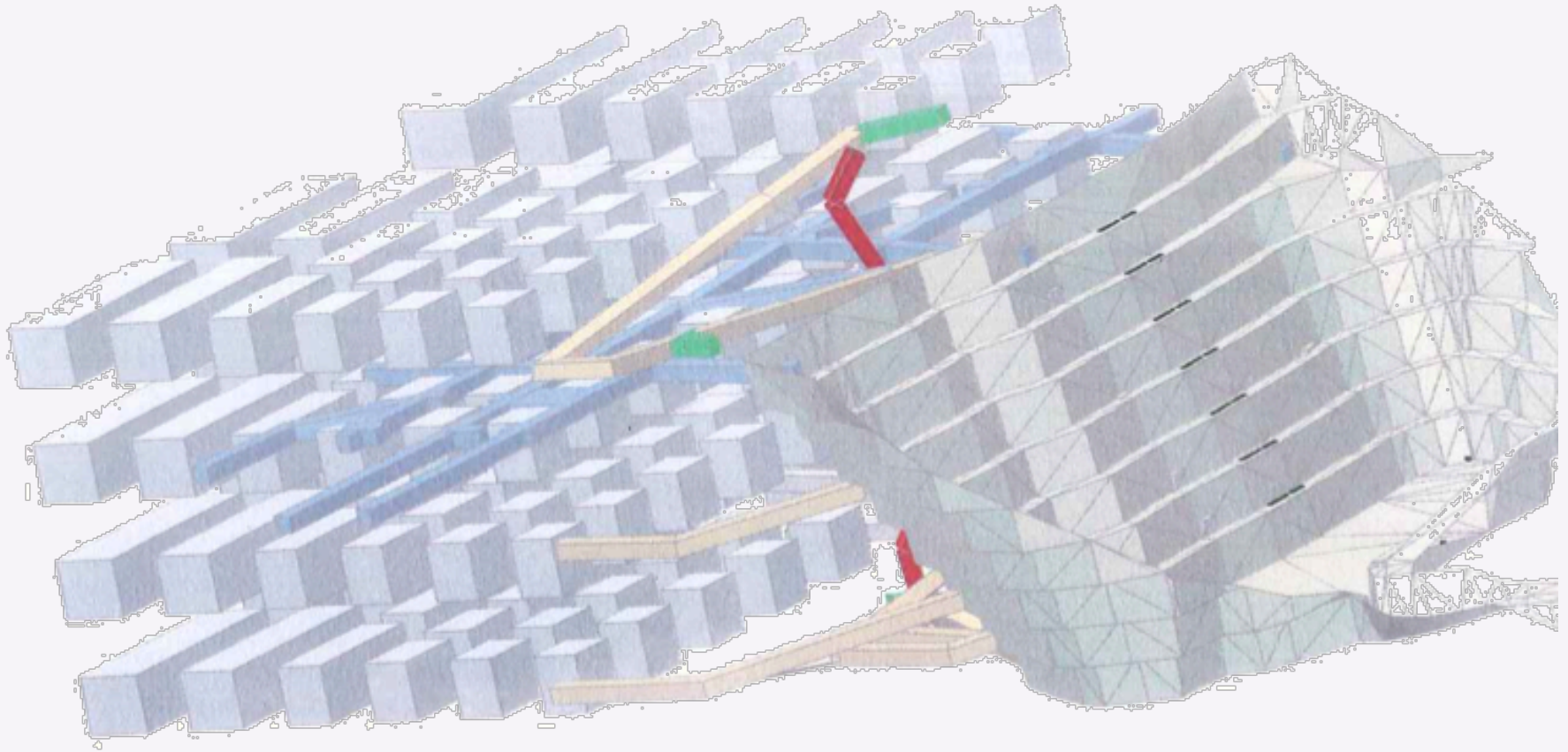
❖ Canteras Subterráneas:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS.

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

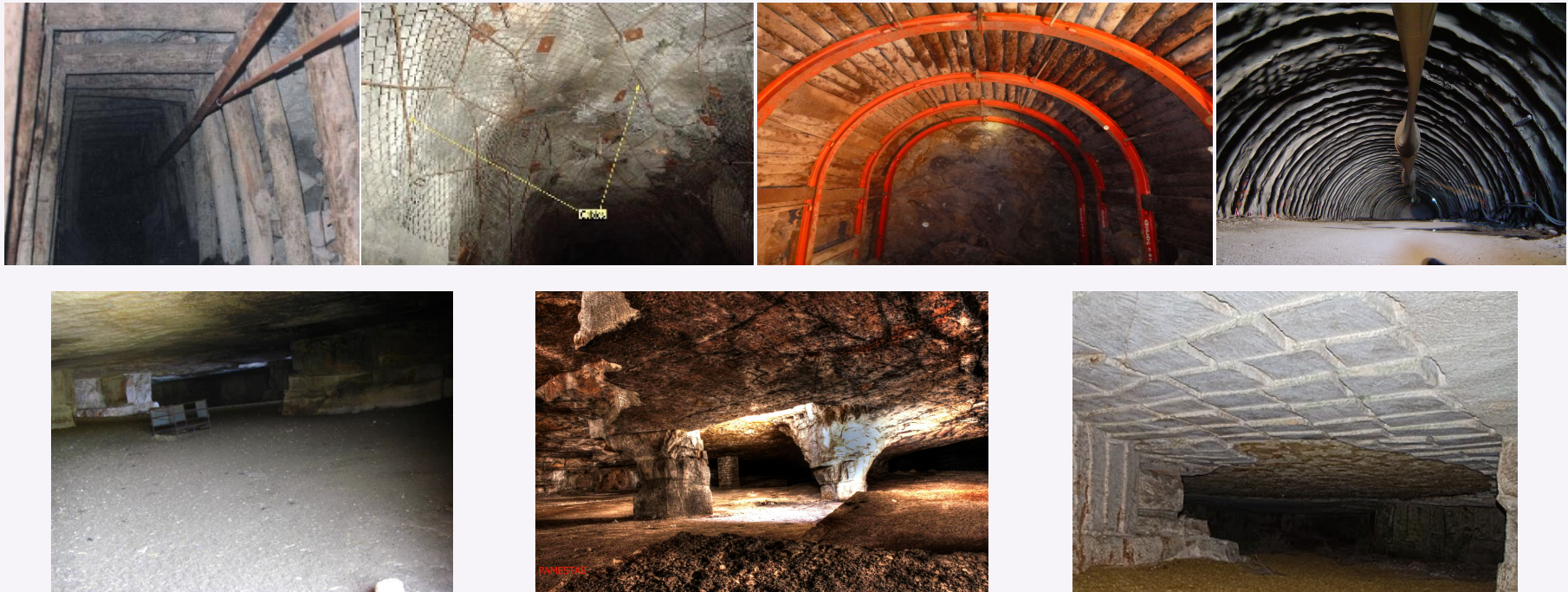


MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

- *Técnicas de sostenimiento de las canteras subterráneas:* (colocación de bulones, cables de anclaje, pletinas bulonadas, gunitado, etc.) dependen de las características de la roca y del adecuado dimensionamiento de los pilares. Suponen un coste adicional que, en muchos casos es muy importante.

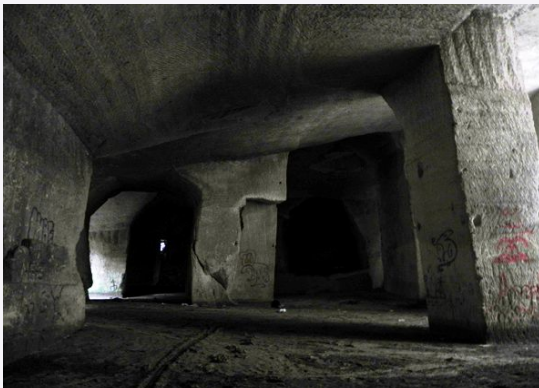


MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

- *Técnicas de sostenimiento de las canteras subterráneas:* (colocación de bulones, cables de anclaje, pletinas bulonadas, gunitado, etc.) dependen de las características de la roca y del adecuado dimensionamiento de los pilares. Suponen un coste adicional que, en muchos casos es muy importante.



Fuente: http://bellasartessantacecilia.blogspot.com.es/2012_07_01_archive.html



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

- *Ventilación:* Uno de los factores más importantes en las canteras subterráneas, es la ventilación, para dotar de aire limpio a las distintas labores de trabajo y mejorar la calidad del aire viciado de la cantera subterránea o mina, el cual a parte de dotar de un aire respirable, también ayuda a generar un confort en el ambiente de trabajo mediante una reducción de la temperatura del ambiente.

Los objetivos principales de la ventilación son:

- Dotar del aire fresco necesario para la seguridad y salud del personal y buen funcionamiento de las maquinas y equipos.
- Diluir y extraer los gases asfixiantes, tóxicos y/o inflamables que se generan esporádica y permanentemente en la mina.
- Control de las concentraciones de polvos nocivos para la salud y perjudiciales para el funcionamiento de las máquinas y equipos mineros, mediante filtración, humidificación, dilución y extracción.
- Control de la temperatura ambiente de la mina mediante calefacción ó refrigeración.
- Control de flujos de aire en la mina en casos de incendios subterráneos.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

- *Ventilación:* Hay 2 tipo ventilación, la natural y la ventilación forzada, donde las peculiaridades de cada uno son:

a) Ventilación natural: Se debe a la introducción de flujo aire fresco desde el exterior (boca mina), el cual recorre la totalidad del circuito de ventilación hasta su salida por la chimenea de ventilación.

El sentido físico de circulación se produce en el sentido de un incremento negativo de diferencial de presión atmosférica, producida por la diferencia de peso de la columna de aire entre punto de inyección de aire fresco (P_{inicial}) y el de salida (P_{final}), siendo el decrecimiento de presión atmosférica de 1 mmHg por cada 10 m de incremento de altura (aumento de altura-decrece presión atmosférica).

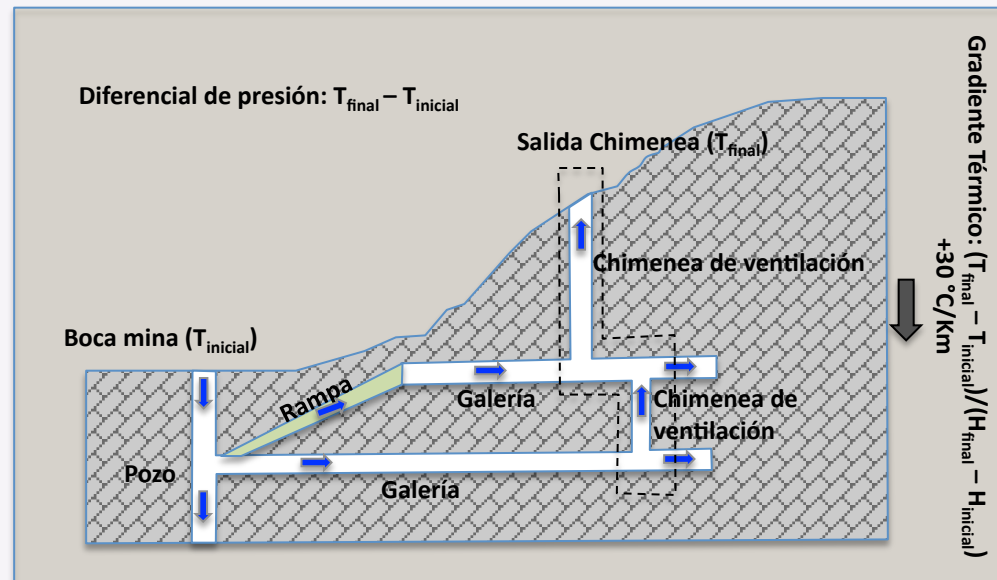
No solo se ve limitada la circulación por la diferencia de cota altimétrica o por la diferencia de cota de la mina, sino de otros factores más importantes como el intercambio termodinámico que se produce entre la superficie y el interior. La energía térmica agregada al sistema se transforma a energía de presión, susceptible de producir un flujo de aire (el aire caliente desplaza al aire frío produciendo circulación). Es un factor crucial en la ventilación natural, el aspecto meteorológico, el cual es muy cambiante, depende de la época del año, incluso, en algunos casos, de la noche y el día.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

- *Ventilación:* Hay 2 tipo ventilación, la natural y la ventilación forzada, donde las peculiaridades de cada uno son:
 - **Ventilación natural:**



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Canteras Subterráneas:

b) Ventilación forzada: Es aquella que se produce debido al empleo de equipos de insuflación de aire fresco desde el exterior (boca mina), el cual recorre la totalidad del circuito de ventilación hasta su salida por la chimenea de ventilación. Para poder suministrar aire fresco al interior de las labores, debemos disponer de equipos de suministro de forma continua (ventiladores), los cuales se dimensionan en función del diagrama de ventilación interior de la cantera subterránea o mina, y en base a su resistencia aerodinámica que ofrece el diseño de las labores de interior.

El diseño de la ventilación forzada, conlleva el contemplar los siguientes aspectos:

- I. Definición de las características de la explotación y de las necesidades de aire fresco en las labores subterráneas con el fin de aportar caudal y diluir los gases presentes.
- II. Diseño del diagrama de ventilación interior.
- III. La ubicación, dimensionamiento y determinación de las propiedades aerodinámicas de los conductores de aire.
- IV. La ubicación y dimensionamiento de las características que deberán tener los ventiladores.
- V. La ubicación y determinación de las propiedades que deberán tener los reguladores y las puertas de ventilación.
- VI. La evaluación del papel desempeñado por la ventilación natural.
- VII. El diseño de planos de ventilación que contemplan la posible falta de ventiladores, incendios, y otras emergencias.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- ❖ Canteras Subterráneas:
 - b) Ventilación forzada:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ Graveras:

Dentro de las canteras de áridos se encuentran englobadas las denominadas graveras, las cuales se pueden dividir en los siguientes grupos:

- Graveras secas.
- Graveras con explotación bajo lamina de agua.
- Graveras con rebaje de nivel freático o secado.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Graveras:

- **Graveras secas.**

Consisten en excavaciones tridimensionales hasta alcanzar el fondo previsto o lecho del depósito de gravas y arenas. Estas explotaciones se localizan en las terrazas altas de los depósitos fluviales y se trabaja siempre por encima del nivel del río o, en su caso, del nivel freático.

Según la profundidad, el avance se realiza con un frente único o escalonado en varios bancos.

La maquinaria empleada es la misma que se emplea en explotación a cielo abierto, retroexcavadoras, palas cargadoras o buldozer, ya que son máquinas que presentan la ventaja de una mayor accesibilidad visual de los materiales que se extraen y unas mejores condiciones de trabajo de los equipos mineros.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Graveras:

- **Graveras con explotación bajo lamina de agua.**

En estas explotaciones el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie o a una cierta profundidad cuando el paquete productivo es de gran potencia. Por ello, la extracción se realiza total o parcialmente bajo el agua.

En la mayoría de los casos se lleva un solo banco con una altura igual a la de la profundidad del hueco inundado. Solo cuando la parte alta del depósito se encuentra seca, la extracción se hace con un método mixto, pudiendo emplearse equipos distintos en cada zona. Los más comunes son dragalinas, cucharas de arrastre y retroexcavadoras.

El principal inconveniente está en la falta de visión sobre los materiales que se extraen y, consecuentemente, las pérdidas o la contaminación de estos materiales por arcillas o limos. Este método presupone que prácticamente todos los terrenos afectados van a ser abandonados como lagunas, llegándose a rellenar parcialmente algunas zonas.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ Graveras:

- **Graveras con rebaje de nivel freático o secado.**

El método se basa en la depresión del nivel freático mediante:

- Conjunto de pozos de bombeo perimetrales al área de explotación.
- Red de zanjas excavadas por debajo del nivel de extracción.
- Pantallas de impermeabilización.

▪ **Ventajas:**

- ➡ Mejores condiciones de trabajo de los equipos convencionales de extracción al estar el material drenado.
- ➡ Mayor precisión en la extracción al poderse ver el contacto entre materiales de diferentes características.
- ➡ Mejor aprovechamiento del depósito al poderse observar el fondo del yacimiento.

▪ **Inconvenientes:**

- ➡ La inversión en equipos de bombeo y red de captación de agua, zanjas y pozos, debido al caudal elevado a achicar por la alta conductividad hidráulica y radios de influencia de varios cientos o miles de metros.
- ➡ El coste de extracción del agua durante la operación.
- ➡ Los problemas de vertido y de control de un gran caudal de agua a un cauce próximo o a huecos excavados anteriormente, que pueden requerir un tratamiento de las aguas y presentar el riesgo de retorno del agua hacia el área de trabajo por filtración a través del propio acuífero.
- ➡ Riesgo de retorno del agua hacia el área de trabajo por filtración a través del propio acuífero.

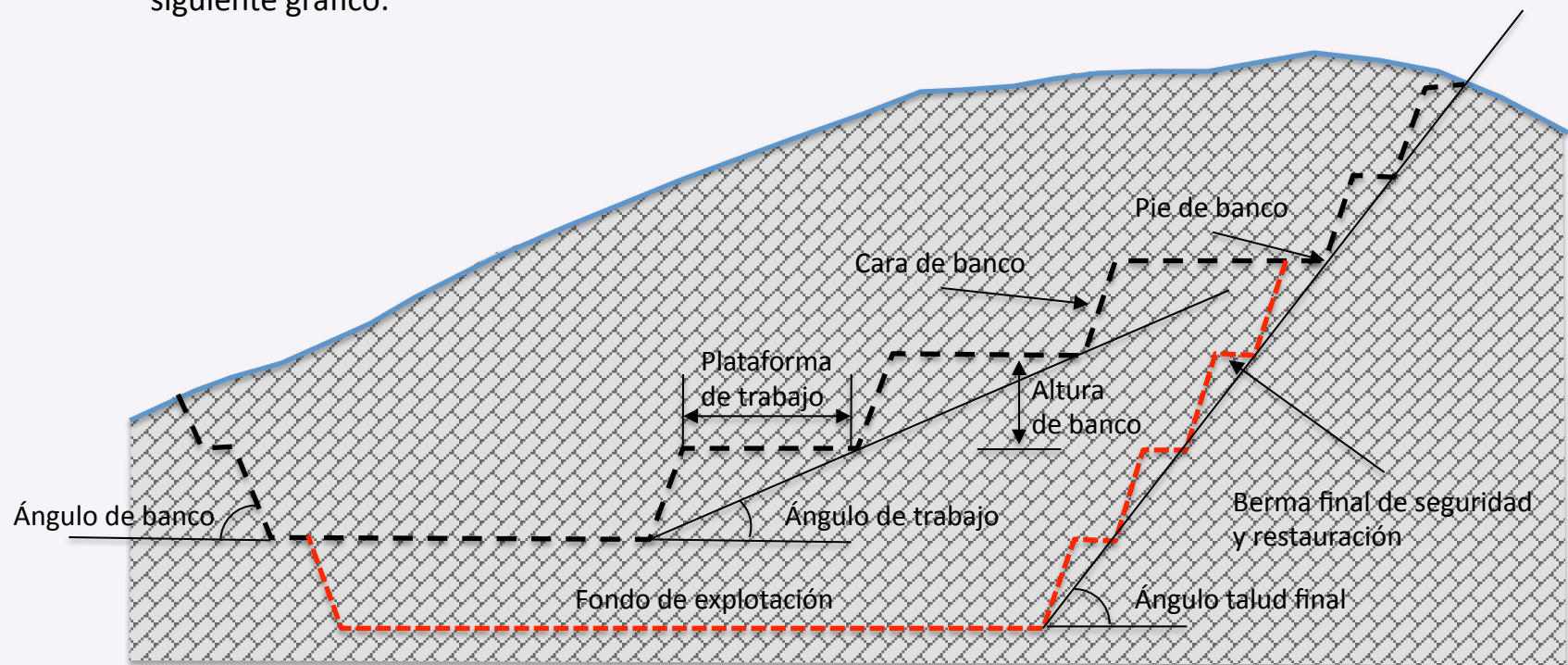
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

En este tipo de explotaciones la terminología empleada para el diseño de las mismas es la descrita en el siguiente gráfico:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

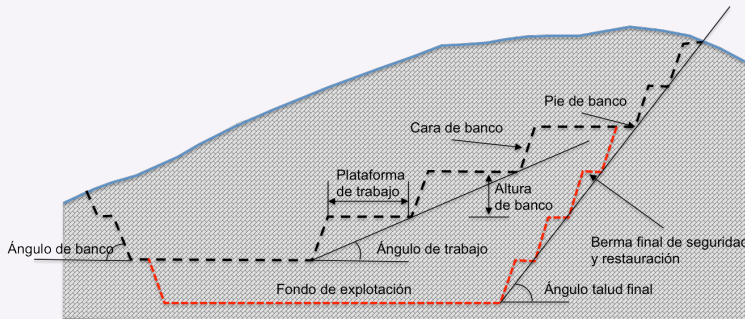
I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

Los términos establecidos en el esquema general de una explotación de exterior, son los parámetros geométricos principales a considerar en el diseño, los cuales se definen de la forma:

- **Banco:** es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota de estéril y/o mineral, y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida.
- **Altura de banco:** es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es lo mismo, desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo.
- **Talud de banco:** es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco.
- **Talud de trabajo:** es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra alguno de los tajos o plataformas de trabajo. Es, en consecuencia, una pendiente provisional de la excavación.



- **Límites finales de la explotación:** son aquellas situaciones espaciales hasta las que se realizan las excavaciones. El límite vertical determina el fondo final de la explotación y los límites laterales los taludes finales de la misma.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

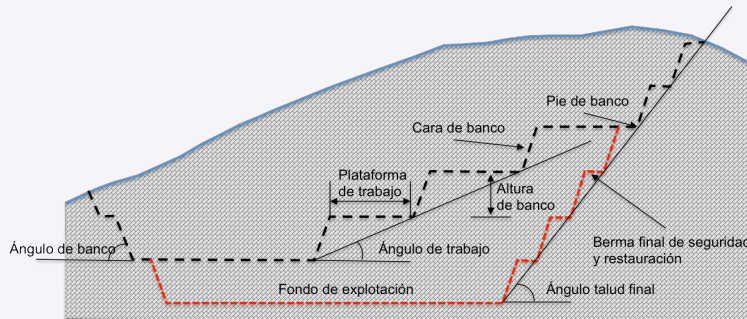
I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

Los términos establecidos en el esquema general de una explotación de exterior, son los parámetros geométricos principales a considerar en el diseño, los cuales se definen de la forma:

- **Talud final de explotación:** es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza del superior.
- **Bermas:** son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la excavación sobre los taludes finales, que ayudan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caídas de piedras.
- **Pistas:** son las estructuras viarias dentro de una explotación a través de las cuales se extraen los materiales, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la misma. Se caracterizan por su anchura, su pendiente y su perfil.



- **Ángulo de reposo** del material: es el talud máximo para el que es estable sin deslizar el material suelto que lo constituye y en condiciones de drenaje total, después de vertido.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

Los puntos a definir para el dimensionamiento de la explotación, una vez caracterizado el yacimiento y comprobado el cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas en relación al resto de requisitos legales en relación a la titularidad y disponibilidad del derecho minero, son los siguientes:

- Estabilidad general de los taludes.
- Definición de vida y ritmo de explotación.
- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.
- Diseño de pistas y accesos.
- Definición del sistema de explotación.
- Instalaciones auxiliares.

Para poder realizar el diseño de la explotación, se requieren disponer estudios previos como:

- Estudio de Medio Ambiente.
- Estudio socioeconómico y de demanda.
- Estudio Geológico de detalle.
- Estudio Geotécnico.
- Estudio Hidrogeológico e Hidrológico.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Estabilidad general de los taludes.

Tras la realización del estudio Geológico, para definir claramente la litología del yacimiento junto con sus características tanto mineralógicas como geomecánicas y las estructuras presentes (familias de juntas, diaclasas, fallas, etc) en el yacimiento, se elabora estudio Geotécnico, donde se determinará la estabilidad global de la definición geométrica a realizar en la explotación, así como las diferentes tipo de inestabilidades que se pueden producir en el macizo rocoso en el que se va a definir y diseñar la explotación.

La descripción de los distintos tipos de roturas susceptibles de producirse en el macizo rocoso en explotación, como caída de cuñas, rotura o colapso de un talud parcial o global, toppling o buckling, etc, determinará no solo las dimensiones geométricas de los parámetros de la explotación, sino que nos definirá el tipo de control a realizar, definiéndose las medidas de control y auscultación a realizar incluyéndose los equipos de instrumentación a instalar en nuestra explotación (extensómetros, células de presión, medidores de convergencias, etc).

En geotecnia, el riesgo de colapso de un talud se mide mediante un coeficiente de seguridad F , que es la relación entre el conjunto de las fuerzas resistentes y las desestabilizadoras que provocarían la rotura del talud. ***La selección de un valor de F mayor implica una disminución de riesgo, pero supone en general taludes más tendidos.***

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Estabilidad general de los taludes.

El valor $F = 1$ señala la frontera en la cual un talud es, o deja de ser, estable. La necesidad de utilizar valores de $F > 1$ surge como consecuencia de los siguientes factores:

- La posible existencia de características geológicas y/o estructuras adversas que puedan afectar a la estabilidad del talud y que no han sido detectadas en el estudio geotécnico.
- Posibles errores en los ensayos de caracterización de los materiales del macizo.
- La variabilidad de las propiedades de los materiales dentro del macizo en estudio.
- La determinación y variabilidad estacional de las presiones de agua en el talud.
- Errores derivados de los supuestos de rotura utilizados.
- Errores de cálculo.

En la práctica, los valores que se adoptan varían en función de las consecuencias que resultarían de un colapso, así como del nivel de confianza en los datos utilizados. La experiencia considera que, debido a las elevadas implicaciones económicas, la selección de un coeficiente de seguridad F próximo a 1,3 puede ser adecuado para taludes cuya estabilidad no se considere a largo plazo, mientras que si tales condiciones son críticas o permanentes, F debe ser del orden de 1,5 a 1,6, valores que son superiores a los mínimos establecidos en la normativa española vigente.

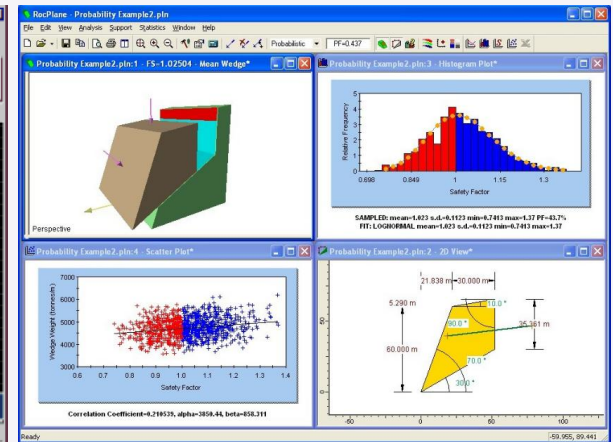
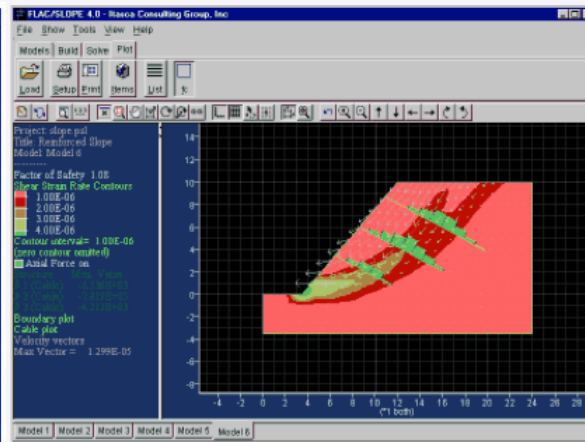
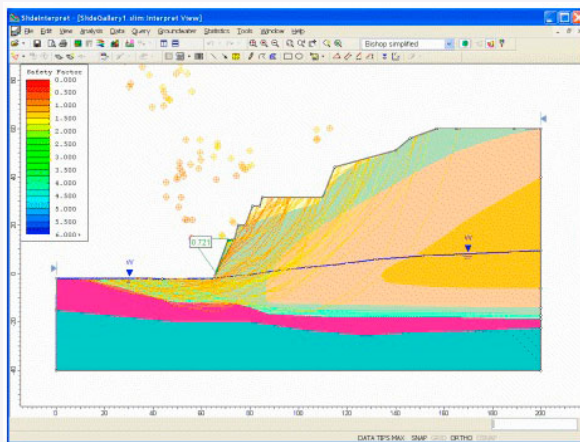
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ DISEÑO DE EXPLOTACIONES:

- Estabilidad general de los taludes.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Definición de vida y ritmo de la explotación.

La definición del ritmo y vida de la explotación, depende de los siguientes factores:

- ☞ Calidad del yacimiento (homogénea) y regular en su estructura geomecánica.
- ☞ Situación propicia desde el punto de vista de demanda y accesibilidad.
- ☞ Método de explotación seleccionado.
- ☞ Compatibilidad con las exigencias de la producción y de la demanda (Flexibilidad).
- ☞ Definición y dimensionado adecuado de las instalaciones y obras auxiliares.

Para poder determinar el ritmo de la explotación y la vida útil de la misma, es necesario conocer las reservas, tanto probadas, como inferidas y posibles, junto con la elección del método de laboreo asociado todo esto a las necesidades a cubrir de la demanda y de la posibilidad de suministro.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

Definidas las inestabilidades y las orientaciones favorables de los taludes de bancos que conformarán el diseño del laboreo de la explotación, se partirá el estudio mediante definiendo los siguientes parámetros:

- ☞ Altura máxima y mínima de los bancos.
- ☞ Anchura de plataformas de trabajo.
- ☞ Definición de anchura de bermas.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

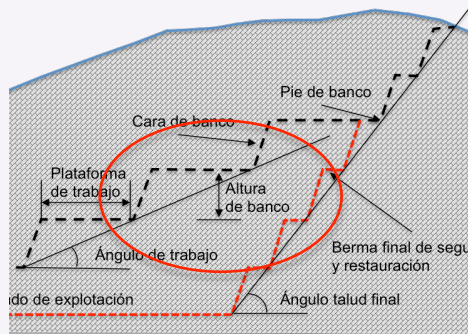
❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

Definidas las inestabilidades y las orientaciones favorables de los taludes de bancos que conformarán el diseño del laboreo de la explotación, se partirá el estudio mediante definiendo los siguientes parámetros:

☞ Altura máxima y mínima de los bancos.

La altura máxima de los bancos viene definida por la normativa minera y más concretamente por lo establecido en el RGNBSM, en su desarrollo por la ITC 07.1.03.



Las alturas de bancos se define como la distancia vertical existente entre 2 bermas o plataformas de trabajo, medida como diferencia de cota y caracterizado por la cota de pie de banco y de cabeza de banco.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Altura máxima y mínima de los bancos.

Las alturas y taludes que se establecen para los diversos tipos de explotación y según el método de arranque, son los siguientes:

- **Explotaciones en las que el arranque se efectúa con explosivos y la carga es independiente del mismo:**

✂ ***La altura máxima del frente de trabajo será de 20 metros.***

En casos especiales, la Autoridad minera podrá aprobar alturas superiores, que nunca **excederán de los 30 metros**, siempre que se realice un estudio geotécnico en el que al tener en cuenta las fuerzas resistentes y desestabilizadoras que actúan en el talud, resulte de la relación de ambas un coeficiente de seguridad de 1,2 o de 1,1 en el caso de que se haya considerado también el riesgo sísmico. *No se permitirán explotaciones por desplomes, salvo cuando éstos se produzcan por la presencia de superficies naturales de discontinuidad. En ningún caso se permitirán taludes invertidos. En la pared del talud resultante se permitirá una altura máxima de 40 metros sin necesidad de bermas*, siempre que el frente resultante sea estable y no sobrepase la vertical. En el caso de que la explotación continuase progresando a niveles inferiores, deberá dejarse la correspondiente berma de seguridad.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Altura máxima y mínima de los bancos.

○ **Excavación con medios mecánicos o manuales:**

Cuando la excavación se realice manualmente, la **altura máxima del frente no sobrepasará los 2 metros**.

*Si la excavación se realiza con palas cargadoras o excavadoras de cuchara de ataque frontal, la altura del frente no podrá sobrepasar en más de **1 metro** al alcance vertical de la cuchara.*

Cuando la excavación se realice con otro tipo de excavadoras, la altura máxima del frente será el alcance del brazo de la máquina o altura de ataque.

El talud del frente podrá ser vertical en las excavaciones realizadas a nivel superior de la plataforma de trabajo por excavadoras que no sean de cangilones, así como en las realizadas a nivel inferior por palas retroexcavadoras.

En las **excavaciones manuales**, el talud puede ser **vertical únicamente** en el caso de que el banco no supere **1,25 metros de altura**. En todos los demás casos, el talud no será superior a los 60°. Cuando la excavación se realice por ripado o arranque con bulldozer, la pendiente no será superior a 25°.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ *DISEÑO DE EXPLOTACIONES:*

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Altura máxima y mínima de los bancos.

○ **Explotaciones mixtas:**

En las explotaciones mixtas, como algunas de carbón, serán de aplicación las normas de alguno de los apartados anteriores, o una combinación de ellas, según las características que presenten los materiales y el método de explotación utilizado.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ *DISEÑO DE EXPLOTACIONES:*

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Plataforma de trabajo.

La plataforma de trabajo debe ser lo suficientemente amplia para permitir que los volquetes y palas maniobren con facilidad, sin aproximarse innecesariamente al frente de arranque y manteniendo una **distancia mínima de cinco metros al borde del banco**, en el desarrollo normal del trabajo.

En situaciones especiales, como la iniciación de plataformas o limitaciones de amplitud de éstas por diversas causas en las que se presenten riesgos de vuelco o caídas, se colocarán topes o barreras no franqueables en condiciones normales de trabajo.

La superficie de la plataforma de trabajo debe ser regular de modo que permita la fácil maniobra de la maquinaria, su estabilidad y un desagüe eficaz. Se prestará especial atención a la conservación y limpieza de los drenajes existentes para evitar encharcamientos, así como a la restauración de la superficie de la plataforma, eliminando baches blandones, roderas, etc. Se retirarán las piedras descalzadas de los taludes o caídas de las cajas de los vehículos.

En caso de actividad nocturna, las plataformas de trabajo deben estar dotadas con el sistema de iluminación adecuado al trabajo a desarrollar.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ *DISEÑO DE EXPLOTACIONES:*

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Plataforma de trabajo.

Las plataformas de trabajo se diseñarán siempre con los anchos necesarios para la realización de los diferentes trabajos que se vayan a llevar a cabo en el mismo nivel.

Los trabajos que pueden realizarse en la plataforma de trabajo pueden ser los siguientes:

- Perforación (P).
- Cargue (C).
- Transporte (T).
- Vertido (V)
- Seguridad (S).

Las plataformas de trabajo van condicionadas por la anchura de la maquinaria que realizará la labor en la explotación, por lo cual se establece como límites máximos de dimensiones de la maquinaria la siguiente:

Retroexcavadora.

Dumper.

Perforadora.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS



Fuente: <http://pixabay.com/es/cantera-pozo-de-piedra-77462/>

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

❖ *DISEÑO DE EXPLOTACIONES:*

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Plataforma de trabajo.

Para el caso general expuesto en la imagen anterior, resultaría el cálculo de las dimensión de la plataforma de trabajo la siguiente:

- Perforación (P): B (piedra de la voladura) + $A_{\text{máquina}}$ (600 mm).
- Cargue (C): R_{giro} (radio de giro mínimo con brazo recogido).
- Transporte (T): R_{giro} (radio de maniobra y giro $\pm 10-15$ m dependiendo del ángulo de ataque).
- Vertido (V): Distancia de seguridad en caso de realizarse un derrame de la voladura.
- Seguridad (S, Sb): distancia de seguridad al frente o entre máquinas como perforadora y transporte.

Tomando como referencia los valores de los catálogos expuestos, resulta la plataforma de trabajo necesaria para el caso más general en el que se realizan los trabajos en la misma plataforma, resulta:

$$\text{Anchura de plataforma} = B + A_{\text{máquina}} + C + T + S + Sb = 4\text{m} + 0,6\text{m} + 8,5\text{m} + 12\text{m} + (5 + 1,5 \cdot N_{\text{operaciones}} = 3) \text{ m} = \mathbf{30,7 \text{ m.}}$$

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Anchura de bermas.

Cuando el espesor del material a extraer sea superior a la altura máxima permitida, la explotación será realizada por niveles formando bancos, siendo dicha explotación será **descendente**.

En la explotación por banqueo se dejarán bermas con el fin de evitar que posibles desprendimientos de frentes activos o no activos caigan sobre lugares de trabajo y/o pistas situados a niveles inferiores.

Las bermas definitivas se proyectarán como resultado de un estudio geotécnico que determine el talud final estable.

Para que una berma pueda ser utilizada para la circulación de vehículos, debe poder cumplir lo reglamentado sobre pistas.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

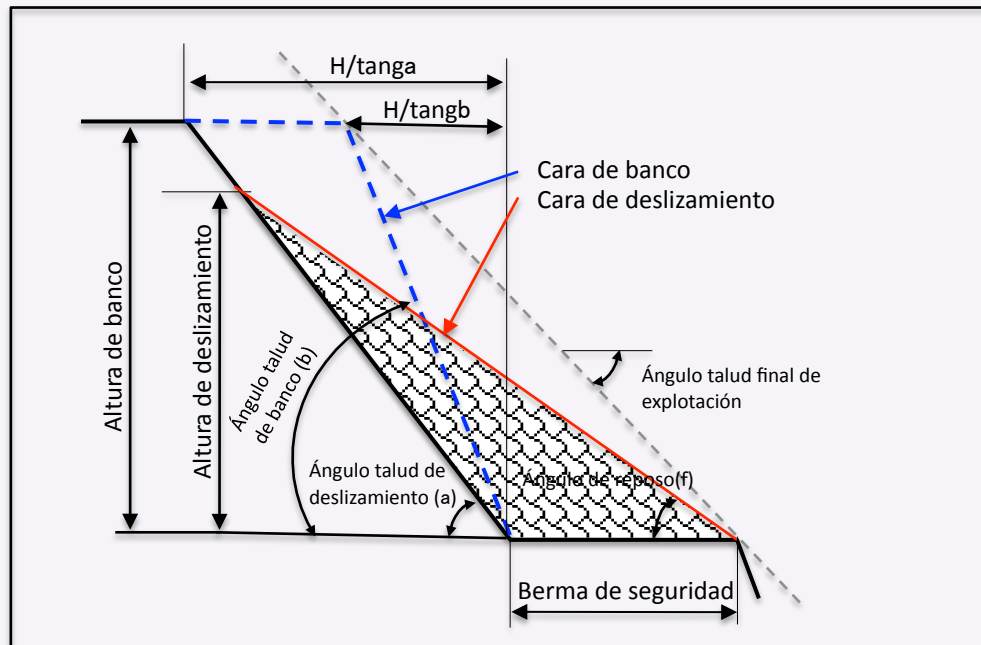
I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Anchura de bermas.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Anchura de bermas.

El cálculo de esta berma de seguridad, inicialmente se puede estimar, en función del área total equivalente que ocuparía un hipotético colapso del talud, donde la función de esta berma es la de contener todo el material desprendido.

Supongamos que tomamos un diferencial de metro de banco, el volumen a acumular en la berma sería igual al área del material acumulado:

$$V_{\text{acumulado}} = 1 \times A_{\text{material-acumulado}} = \frac{1}{2} \times H \times \frac{H}{\tan(\alpha)} - \frac{1}{2} \times H \times \frac{H}{\tan(\beta)} = \frac{H^2}{2} \times \left(\frac{1}{\tan(\alpha)} - \frac{1}{\tan(\beta)} \right)$$

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Dimensionamiento y orientación de los bancos, plataformas de trabajo y bermas.

☞ Anchura de bermas.

En virtud de estea área de material en reposo sobre el banco, calcularemos la anchura de la plataforma de seguridad de forma que sea lo suficiente para que se quede en la misma, mediante el empleo de la ecuación siguiente:

$$A_{berma} = \sqrt{\frac{2 \times A_{material-acumulado}}{\sin \varphi \times \cos \varphi + \frac{\sin^2(\varphi)}{\tan(\beta - \varphi)}}$$

Siendo:

φ = Ángulo de rozamiento interno.

β = Ángulo del talud de deslizamiento.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

El diseño de pistas, se realiza conforme a las directrices establecidas en la I.T.C. 07.1.03, Diseño de la Explotación, entendiéndose por tales infraestructuras:

- **Pista:** Vía destinada a la circulación de vehículos para el servicio habitual de una explotación.
- **Acceso:** Vía destinada a la circulación de vehículos y/o personal de carácter eventual para el servicio a un frente de explotación.

En el diseño de las pistas y accesos, deben considerarse los dos aspectos siguientes:

- Anchura de pista.
- Pendiente.
- Curvas.
- Firmes.
- Visibilidad entre las curvas.
- Convexidad y bombeo.
- Conservación.

Con vistas a garantizar una circulación segura y sin dificultades en función de los tipos de vehículos que vayan a utilizarlos y la intensidad prevista de circulación.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

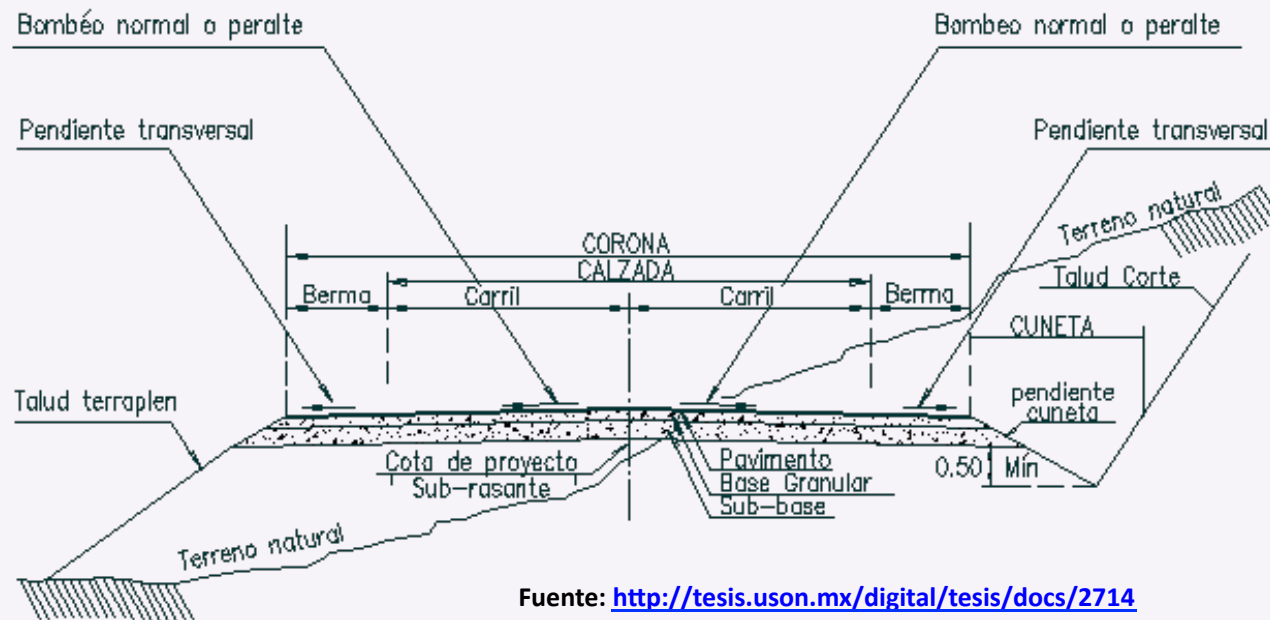
I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

Sección típica de carreteras:



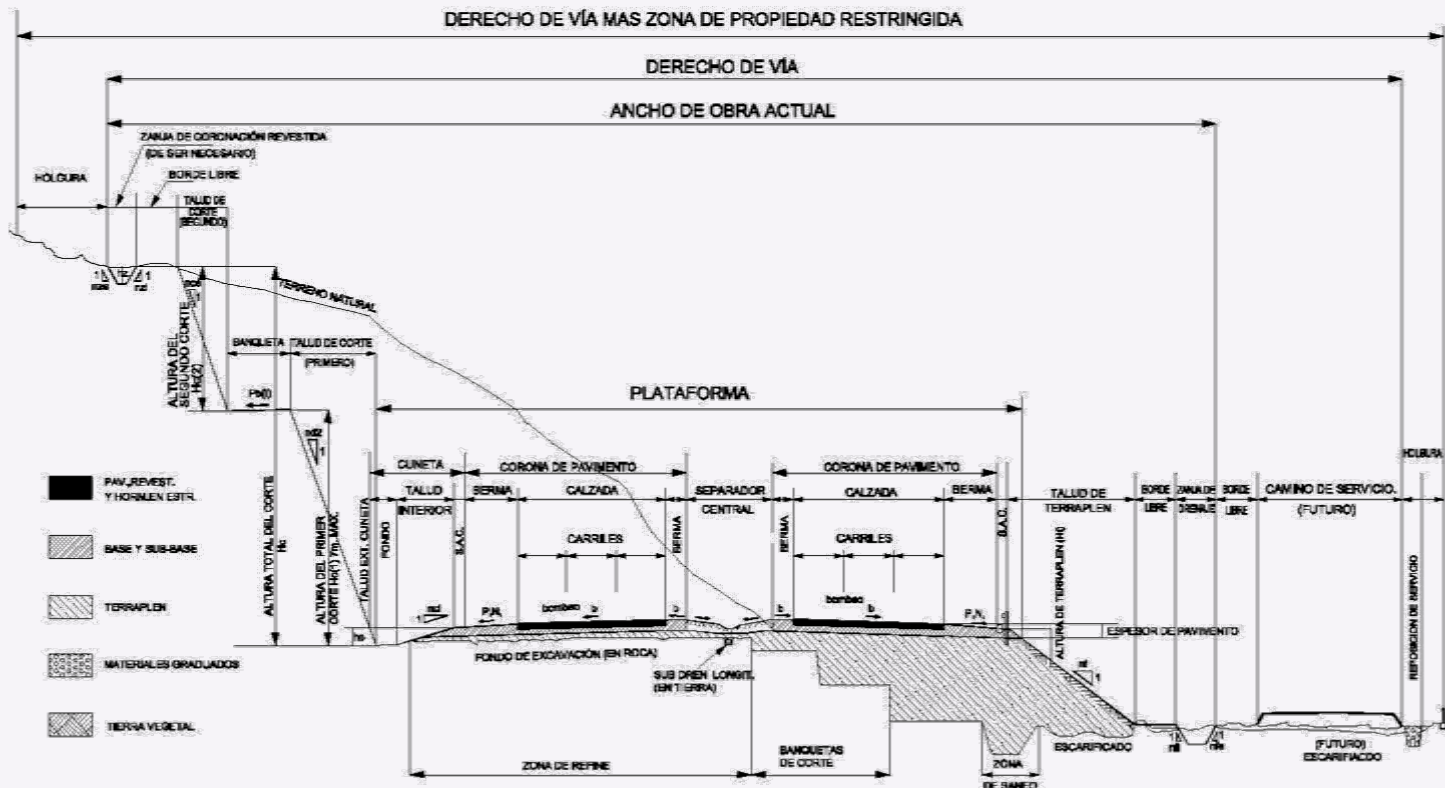
Fuente: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2714>

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

❖ DISEÑO DE EXPLOTACIONES:

- Diseño de pistas.

Sección típica de carreteras:



Pb(1) : Pendiente transversal de la banqueta = 2%
 Pendiente longitudinal de banqueta 3% máximo

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

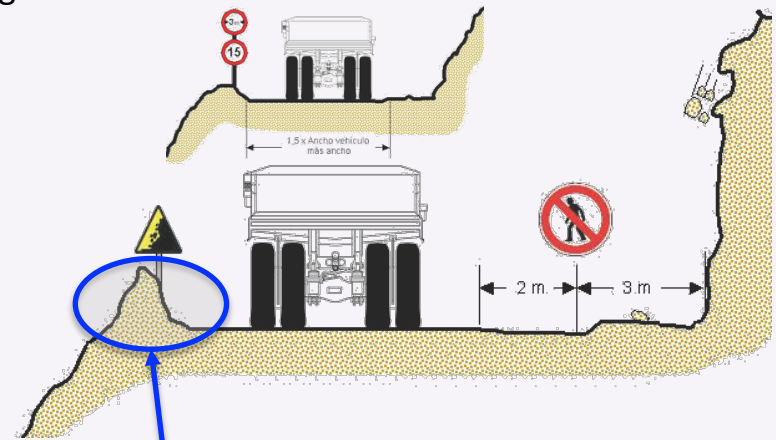
- Diseño de pistas. Datos generales.

El arcén de separación entre el borde de la pista o acceso y el pie o el borde inferior de un talud no puede ser menor de 2 metros. Cuando exista riesgo de deslizamientos o desprendimientos en los taludes que afecten a una pista, ésta debe protegerse mediante el mallazo, bulonado, gunitado, etc., del talud, dejando en caso necesario un arcén de seguridad de cinco metros de anchura.

En aquellos accesos que sean paso obligado de personal, el arcén de separación del borde inferior del talud se aumentará en dos metros más, para disponer de un arcén peatonal complementario.

En zonas donde exista riesgo de caída o vuelco, el borde de la pista deberá balizarse convenientemente.

Si además la distancia de la pista al borde superior de un talud es inferior a cinco metros de terreno firme, deberá o bien colocarse un tope o barrera no franqueable para un vehículo que circule a la velocidad normal establecida, o señalarse la anchura de pista y limitar la velocidad.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

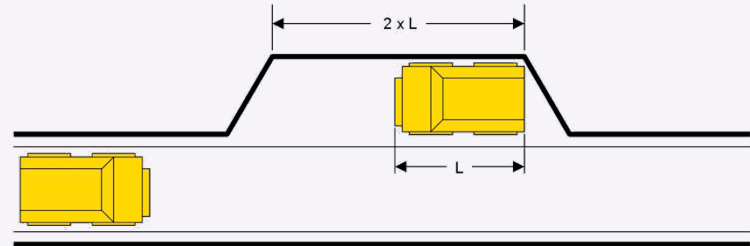
I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ *DISEÑO DE EXPLOTACIONES:*

- Diseño de pistas.

☞ Anchura de pistas:



La **anchura mínima** de la calzada de una pista de un solo carril será **vez y media la del vehículo mayor** que se prevea que circule por ella. En caso de **tráfico intenso y pesado**, esta anchura será de **dos veces el ancho del mayor vehículo** que circule por ella.

En las pistas de dos carriles, la anchura de la calzada será tres veces la del vehículo más ancho y en los casos de pistas de un solo carril con cruce de vehículos, deberán preverse apartaderos convenientemente espaciados. Su longitud será como mínimo, el doble de la longitud de los vehículos más largos que se utilicen y su anchura será la del vehículo más ancho que se prevea que circule por la pista. Tanto en cambios de rasante como en curvas que carezcan de visibilidad, la pista deberá ser de doble carril o disponer de apartaderos con un dispositivo de señales eficaz que regule el tráfico alternativo.

La anchura mínima de la calzada de un acceso de un solo carril será la del vehículo mayor que se prevea que circule por él.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ *DISEÑO DE EXPLOTACIONES:*

- Diseño de pistas.

☞ Anchura de pistas:

La **anchura mínima** de la calzada de una pista de un solo carril será **vez y media la del vehículo mayor** que se prevea que circule por ella. En caso de **tráfico intenso y pesado**, esta anchura será de **dos veces el ancho del mayor vehículo** que circule por ella.

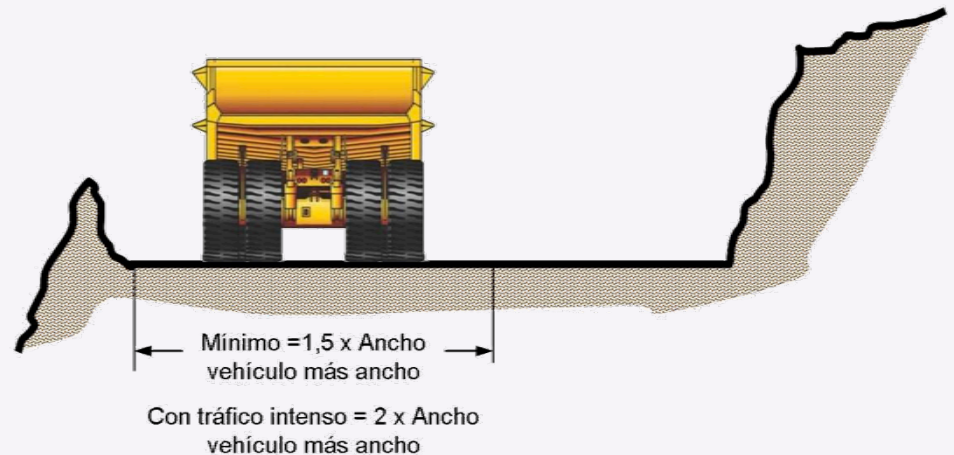
$$A_{\text{pista-acceso}} = a(0,5 + 1,5 \times n)$$

$$A_{\text{pista-acceso}} = a(0,5 + 2 \times n)$$

Siendo:

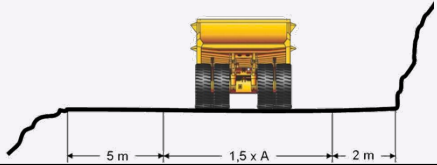
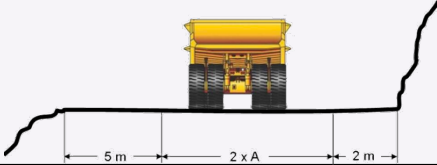
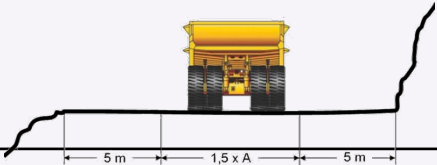
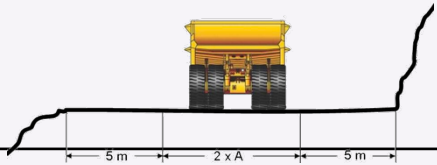
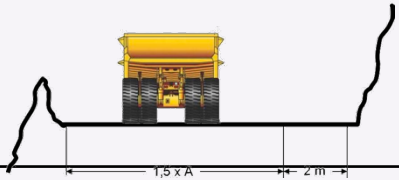
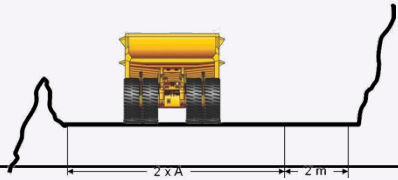
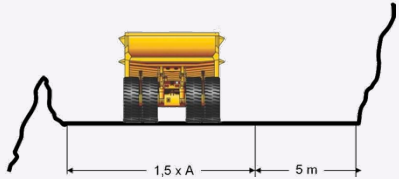
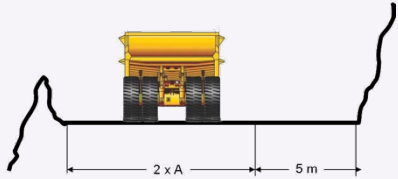
a = ancho del mayor vehículo que va a transitar por la pista.

n = número de carriles.



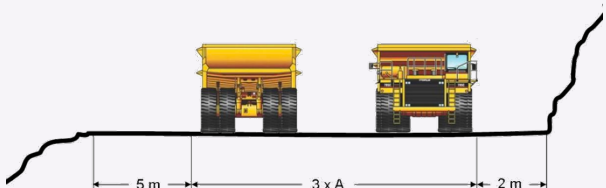
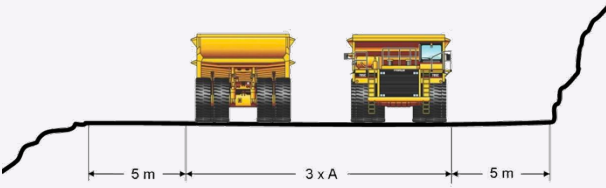
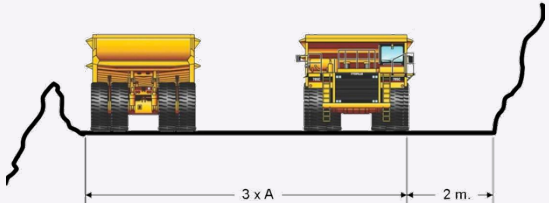
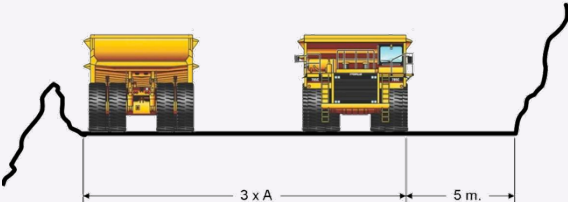
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

☞ Anchura de pistas:

		1 CARRIL	
		Tráfico normal	Tráfico intenso y pesado
Sin barrera no franqueable	Sin arcén de seguridad		
	Con arcén de seguridad		
Con barrera no franqueable	Sin arcén de seguridad		
	Con arcén de seguridad		

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

☞ Anchura de pistas:

		2 CARRILES
Sin barrera no franqueable	Sin arcén de seguridad	
	Con arcén de seguridad	
Con barrera no franqueable	Sin arcén de seguridad	
	Con arcén de seguridad	

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

☞ Pendientes:

Las pendientes longitudinales de las pistas y accesos deberán estar adaptadas a las características de los vehículos y de las cargas que transportan. En todo caso, las pendientes longitudinales medias de las **pistas no deberán sobrepasar el 10 por 100**, con máximos puntuales del 15 por 100.

En los accesos a los tajos u otros casos especiales se podrá superar este límite siempre que un vehículo, en las condiciones reales más desfavorables, pueda arrancar y remontarlos a plena carga, pero **en ningún caso la pendiente sobrepasará el 20 por 100**. Los vehículos o máquinas que circulen por estos tramos deberán adoptar medidas específicas de seguridad.

La pendiente transversal será la suficiente para garantizar una adecuada evacuación del agua de escorrentía.

En las pistas de un solo carril a media ladera, esta pendiente transversal deberá ser de sentido inverso a la de la ladera, disponiéndose una cuneta adecuada.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS.

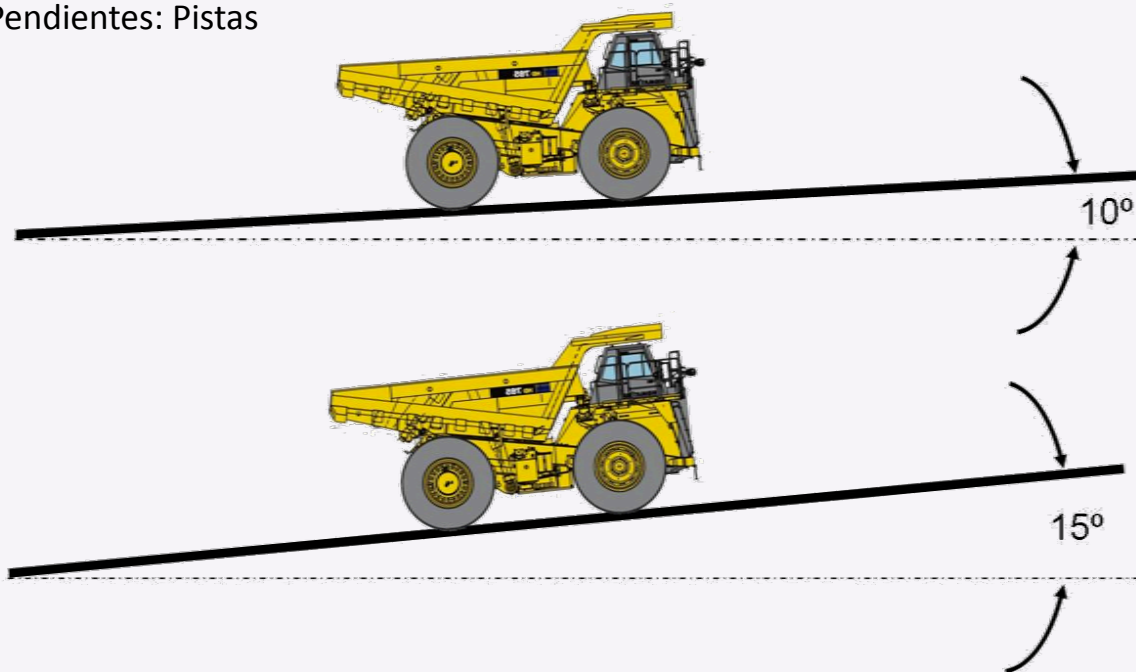
I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

☞ Pendientes: Pistas



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

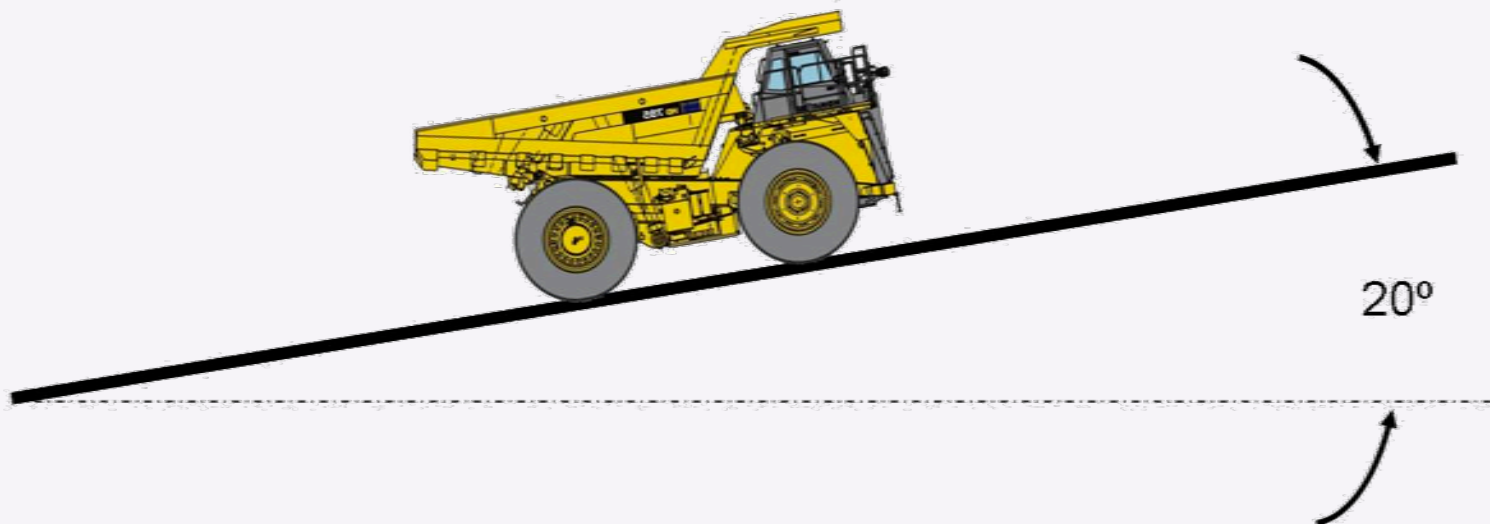
I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

☞ Pendientes: Accesos



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

☞ Curvas:

El radio mínimo admisible será aquel que puedan realizar los vehículos sin necesidad de efectuar maniobras, no permitiéndose en ningún caso peraltes inversos, donde las curvas se diseñarán con un radio que será función del tipo de vehículo, velocidad prevista, peralte y coeficiente de rozamiento, no siendo recomendable un radio menor de 25–30 m.

En las curvas deberá considerarse un sobreancho para cada carril según las expresioones siguientes:

$$S = \frac{L^2}{2 \times R} \text{ (según ITC) } \text{ ó } S = 2 \times \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) \times \frac{5,8}{\sqrt{R}} \text{ (Voshell)}$$

Donde:

S = Sobreancho de cada carril en metros.

L = Longitud de los vehículos en metros medida entre su extremo delantero o del remolque, si es articulado, y el eje de las ruedas traseras.

R = Radio de la curva en metros.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

☞ Curvas:

Asociado al desarrollo de las alineaciones de trazado en planta mediante curvas circulares o curvas de transición (clotoide), se determina el peralte como:

$$P(\%) = \left(\frac{V^2}{127,14 \times R} - f \right) \times 100$$

Donde:

V = Velocidad del vehículo (Km/h).

ϕ = Coeficiente de rozamiento transversal movilizado.

R = Radio de la curva en metros.

En la siguiente tabla se aportan las recomendaciones para distintos tipos de radio de curva:

Radio (m)	12	25	50	75	100	150
Peralte máximo (%)	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Velocidad (Km/h)	10	15	20	22	25	30

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

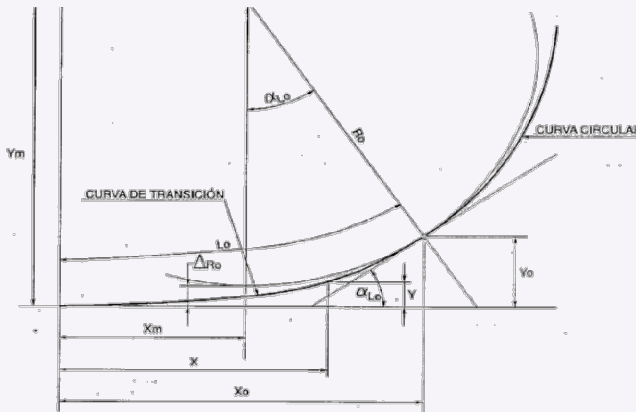
I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

👉 Curvas:



Las curvas de transición, denominadas clotoides, son aquellas que tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del desarrollo del trazado a definir en la explotación minera, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad y comodidad en el transito de vehículos, siendo la ecuación general:

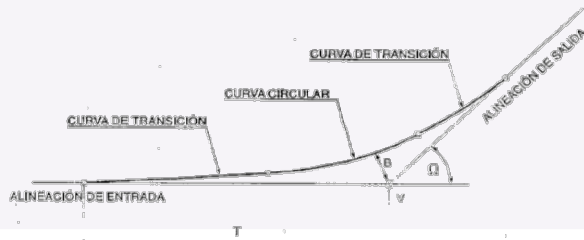
$$R \times L = A^2$$

donde:

A = Parámetro de la clotoide.

L = Longitud de la curva desde su punto de inflexión (R=infinito) y el punto de radio R.

R = Radio de la curva en metros.



Es importante realizar una adecuada transición en el peralte desde la alineación recta hacia la curva circular, para ello se define la longitud mínima del tramo de transición.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

☞ Curvas:

Para obtener la longitud mínima del tramo de transición se define la inclinación máxima del eje de la calzada por medio de un valor respecto a la velocidad de proyecto sobre la pista minera, de la forma :

$$ip_{m\acute{a}x} = 1,8 - 0,01 \times V_p$$

Por lo que la longitud del tramo de transición resulta:
$$l_{\min} = \frac{p_f - p_i}{ip_{m\acute{a}x}} \times B$$

donde:

p_f = Peralte final con su signo (%).

p_i = Peralte inicial con su signo (%).

B = Distancia del borde de la pista al eje de giro del peralte (m).

Como norma general, la transición del peralte se realizará en los tramos rectos y antes de entran en la curva de transición, o en la curva circular.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

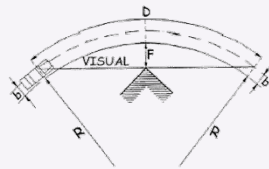
- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ DISEÑO DE EXPLOTACIONES:

- Diseño de pistas.

👉 Curvas:

Otro aspecto a considerar es la visibilidad del trazado en planta, resolviéndose por medio de la ecuación que nos facilita el despeje necesario, de la forma



$$F = R - (R + b) \times \cos\left(\frac{31,83 \times D}{R + b}\right) \quad (\text{valor angular gonios})$$

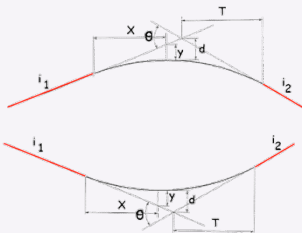
donde:

F = Distancia mínima del obstáculo al borde de la calzada más próximo a él (m).

R = Radio del borde de la calzada más próximo al obstáculo (m).

b = Distancia del borde de la pista al eje de giro del peralte (m).

D = Visibilidad (m).



V _p (km/h)	MÍNIMO		DESEABLE	
	K _c CONVEXO (m)	K _c CÓNCAVO (m)	K _c CONVEXO (m)	K _c CÓNCAVO (m)
120	15276	6885	30780	9801
100	7125	4348	15276	6885
80	3050	2636	7125	4348
60	1085	1374	3050	2636
40	303	568	1085	1374

Es igual de importante los acuerdos verticales y horizontales, para el encaje y visibilidad:

$$y = \frac{x^2}{2 \times K_v}$$

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

☞ Firmes (Norma 6.1 IC):

Las estructuras de trazado se diseñan con un firme adecuado a la acción prevista del tráfico, fundamentalmente del más pesado, durante la vida útil del firme. Por ello, la sección estructural del firme dependerá en primer lugar de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) que se prevea por la pista de proyecto, y de la categoría de la explanada en segundo lugar. Se definen ocho categorías de tráfico pesado, según la IMDp que se prevea para la pista de proyecto.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Categoría	Carga Máxima
P1	30-45 t
P2	46-70 t
P3	71-100 t
P4	101-160 t

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

☞ Firmes (Norma 6.1 IC):

La segunda parte que influye en el aspecto de la selección de firme estructural de la pista minera, es debido a la explanada sobre la que se asienta la zona de rodadura o calzada de la pista, estableciéndose tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3. Estas categorías se determinan según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido de acuerdo con la NLT-357 «Ensayo de carga con placa», cuyos valores se recogen en la siguiente tabla:

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Categoría	Capacidad de soporte
S1	$3 \leq \text{CBR} < 5$
S2	$5 \leq \text{CBR} < 10$
S3	$10 \leq \text{CBR} < 30$
S4	$30 \leq \text{CBR}$

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ DISEÑO DE EXPLOTACIONES:

- Diseño de pistas.

👉 Firmes (Norma 6.1 IC):

La formación de las explanadas de las distintas categorías dependen del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente, y de las características y espesores de los materiales disponibles.

TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)								
		SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)		SUELOS TOLERABLES (0)		SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 $F_{0-100} > 100\text{MPa}$							
	E2 $F_{0-100} > 70\text{MPa}$							
	E3 $F_{0-100} > 30\text{MPa}$							
IN		Suelo inadecuado o marginal (ver. 338 del PG-3)		Suelo tolerable (ver. 338 del PG-3)		Suelo adecuado (ver. 338 del PG-3)		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)
0		Suelo tolerable (ver. 338 del PG-3)		Suelo tolerable (ver. 338 del PG-3)		Suelo tolerable (ver. 338 del PG-3)		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)
1		Suelo adecuado (ver. 338 del PG-3)		Suelo adecuado (ver. 338 del PG-3)		Suelo adecuado (ver. 338 del PG-3)		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)
2		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)
3		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)		Suelo seleccionado (ver. 338 del PG-3)
R		Roca (ver. 338 del PG-3)		Roca (ver. 338 del PG-3)		Roca (ver. 338 del PG-3)		Roca (ver. 338 del PG-3)

CATEGORÍA DE VEHICULOS	CATEGORÍA DE EXPLANADA			
	S1	S2	S3	S4
P1				
P2				
P3				
P4				

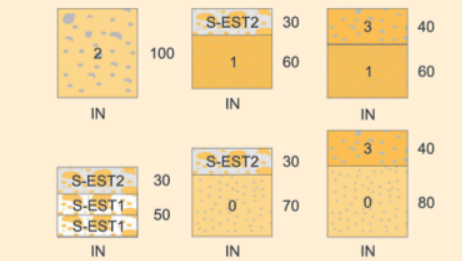
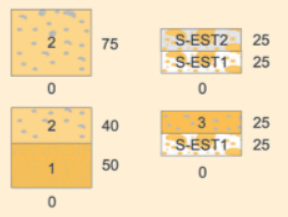
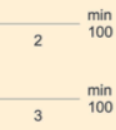
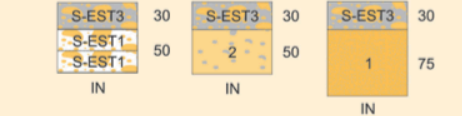
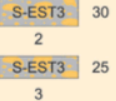
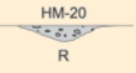
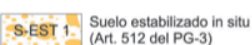
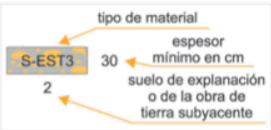
ESPESOSES MINIMOS EN CM.

Material granular en capa de base.
 Material granular en capa de subbase.

NOTA: En caso de recurrir a un firme homogéneo todo el material corresponderá a capas de base.

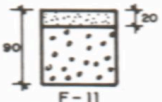
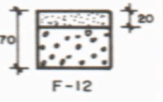
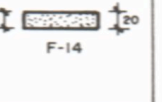
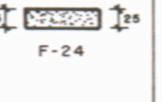
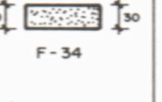
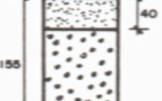
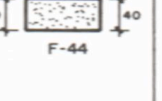
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

Firmes (Norma 6.1 IC):

		TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)				
		SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 $E_{v2} \geq 60\text{MPa}$					
	E2 $E_{v2} \geq 120\text{MPa}$					
	E3 $E_{v2} \geq 300\text{MPa}$					
		    				
		   				
						

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

👉 Firmes (fuera de aplicación en carreteras):

CATEGORIA DE VEHICULOS	CATEGORIA DE EXPLANADA			
	S1	S2	S3	S4
P1	 F-11	 F-12	 F-13	 F-14
P2	 F-21	 F-22	 F-23	 F-24
P3	 F-31	 F-32	 F-33	 F-34
P4	 F-41	 F-42	 F-43	 F-44

ESPESORES MINIMOS EN CM.

 Material granular en capa de base.

 Material granular en capa de subbase

NOTA: En caso de recurrir a un firme homogéneo todo el material corresponderá a capas de base.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ DISEÑO DE EXPLOTACIONES:

- Diseño de pistas.

👉 Firmes (Norma 6.1 IC):

En base a la IMDp y a la categoría de la explanada seleccionamos un tipo de sección de firme, según tabla adjunta:

		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO															
		T00				T0				T1				T2			
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1													211 MB 28 ZA 40 212 MB 18 SC 30⁽¹⁾ 214 HF 23 HM 15 ZA 20			
	E2					121 MB 30 ZA 25 122⁽²⁾ MB 20 SC 25⁽³⁾ 123 MB 15 GC 22⁽³⁾ SC 22 124⁽¹⁾ HF 25 HM 15				221 MB 25 ZA 25 222⁽¹⁾ MB 18 SC 22⁽³⁾ 223 MB 15 GC 20⁽³⁾ SC 20 224⁽¹⁾ HF 23 HM 15							
	E3	0031 MB 35 ZA 25 0032 MB 25 SC 30 0033 MB 20 GC 22⁽³⁾ SC 25 0034 HF 25⁽¹⁾ HM 15	031 MB 30 ZA 25 032 MB 20 SC 25⁽³⁾ 033 MB 18 GC 22⁽³⁾ SC 20 034 HF 24⁽¹⁾ HM 15	131 MB 25 ZA 25 132 MB 20 SC 20⁽³⁾ 134 HF 25 HM 15	231 MB 20 ZA 25 232 MB 15 SC 20⁽³⁾ 234 HF 23 HM 15												

MB

Mezclas bituminosas

HF

Hormigón de firme

HM

Hormigón magro vibrado

GC

Gravicemento

SC

Suelocemento

ZA

Zahorra artificial

Espesores mínimos en cm

(1) Para las categorías de tráfico pesado T00 y T0 se emplearán únicamente pavimentos continuos de hormigón armado con los espesores indicados.

(2) Capas tratadas con cemento que deberán prefurarse con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

(3) Para poder proyectar esta solución será preceptivo que la capa superior de la explanada E2 esté estabilizada con cemento.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

👉 Firmes (Norma 6.1 IC):

		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T00	T0	T1	T2
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1				
	E2				
	E3				

Espesores mínimos en cm

MB Mezclas bituminosas HF Hormigón de firme HM Hormigón magro vibrado GC Gravacemento SC Suelocemento ZA Zahorra artificial

(1) Para las categorías de tráfico pesado T00 y T0 se emplearán únicamente pavimentos continuos de hormigón armado con los espesores indicados.

(2) Capas tratadas con cemento que deberán prefisurarse con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

(3) Para poder proyectar esta solución será preceptivo que la capa superior de la explanada E2 esté estabilizada con cemento.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Diseño de pistas.

☞ Firmes (Norma 6.1 IC):

☞ Conservación:

El sistema de pistas diseñado debe tener previsto un mantenimiento periódico y sistemático, de tal manera que se conserven en todo momento en buenas condiciones de seguridad. Desde la propia fase de diseño deberá quedar establecido mediante una **DISPOSICIÓN INTERNA DE SEGURIDAD**, cuales serán las condiciones en las que se realizará este mantenimiento, cual será su frecuencia, los medios a emplear y las operaciones a desarrollar.

Como en el caso de las plataformas de trabajo, se prestará una especial atención a la conservación y limpieza de los drenajes existentes para evitar encharcamientos, así como a la restauración de la superficie de rodadura, eliminación de baches, blandones, roderas, etc., estableciendo los medios para la retirada de las piedras descalzadas de los taludes o caídas de las cajas de los vehículos. Asimismo, deberá preverse la conservación y reposición periódica de las señales de tráfico establecidas. *En el tema de política de lucha contra el polvo, en tiempo seco se efectuarán riegos periódicos con el fin de reducir la emisión de polvo.*

Si se hubieran producido circunstancias que *alteren peligrosamente las condiciones de circulación de una pista, deberá establecerse un plan de reparación de la misma y fijar normas de circulación específicas aplicables en el tiempo que dure la reparación.*

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Definición del sistema de explotación.

☞ Labores preparatorias:

El diseño preliminar de una explotación de cantera y su planificación operativa a corto, medio y largo plazo debe tener cuantificado el volumen de recubrimiento en forma de tierras y suelos o en su caso, de formaciones litológicas no interesantes, que es necesario remover anualmente en operaciones de específicas de desmonte.

La importancia del correcto desarrollo de las operaciones de desmonte no está solo en conseguir un coste bajo, sino en también en permitir que los frentes sean lo más estables posible dándoles un talud apropiado en función de sus características geomecánicas, que muy frecuentemente son mucho peores que el macizo rocoso explotado por la cantera, y protegiéndolos de la acción erosiva de las aguas mediante la construcción de cunetas de guarda para las de escorrentía y de drenajes para las de infiltración.

El diseño de la explotación debe prever que, entre el pie del desmonte y la cabeza del frente de explotación, debe guardarse una berma de seguridad que impida que los posibles desprendimientos o corrimientos del recubrimiento caigan sobre la explotación y se permita, si fuera necesario, la reanudación de los trabajos de desmonte en condiciones suficientes de seguridad al disponerse del espacio necesario para el acceso y maniobra de la maquinaria.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Definición del sistema de explotación.

☞ Saneos:

El diseño de la explotación debe prever el adecuado saneo de todos los frentes y taludes excavados para su conservación en perfectas condiciones y en prevención de la aparición de problemas de mayor gravedad.

Después de una parada y antes de comenzar los trabajos es necesario inspeccionar los frentes de explotación, asegurándose de que no existen masas de rocas inestables y ordenándose, en caso necesario, su saneo por parte de personal adecuadamente formado para estas labores y utilizando, preferiblemente, medios mecánicos.



Las inspecciones y los saneos deben realizarse de forma sistemática en los casos siguientes:

- Después de lluvias, heladas o nevadas intensas.
- Cuando se haya producido el desprendimiento de masas importantes de roca.
- Después de cada voladura.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Definición del sistema de explotación.

☞ Sistema de carga y transporte:

Tras la selección del método aplicable a la explotación de áridos, es necesario establecer el sistema de explotación que se utilizará y que estará constituido por los diferentes equipo de arranque, carga y transporte. En función de estos, será necesario posteriormente definir los equipos de servicios.

Según la continuidad del ciclo básico, se diferencian los siguientes sistemas:



1. Sistema totalmente discontinuo.

La operación de arranque, con o sin voladura, se lleva a cabo con equipos discontinuos y el transporte se efectúa con volquetes mineros. Es el sistema más implantado debido a su gran flexibilidad y versatilidad.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Definición del sistema de explotación.

☞ Sistema de carga y transporte:

Tras la selección del método aplicable a la explotación de áridos, es necesario establecer el sistema de explotación que se utilizará y que estará constituido por los diferentes equipo de arranque, carga y transporte. En función de estos, será necesario posteriormente definir los equipos de servicios.

Según la continuidad del ciclo básico, se diferencian los siguientes sistemas:

2. Sistema mixto con trituradora estacionaria dentro de la cantera.

Sistema en el que se sitúa una instalación de machaqueo primario móvil en la explotación, donde el material resultante es cargado directamente a camión de venta o transportado por vehículos mineros a planta de tratamiento fija instalada para conseguir una granulometría adecuada para poder efectuar desde ese punto el transporte continuo por cintas.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Definición del sistema de explotación.

☞ Sistema de carga y transporte:

Tras la selección del método aplicable a la explotación de áridos, es necesario establecer el sistema de explotación que se utilizará y que estará constituido por los diferentes equipo de arranque, carga y transporte. En función de estos, será necesario posteriormente definir los equipos de servicios.

Según la continuidad del ciclo básico, se diferencian los siguientes sistemas:

3. Sistema mixto con trituradora semimóvil dentro de la cantera.

Consiste en un sistema móvil dentro de la explotación, en el cual no se dispone de instalaciones fijas.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Definición del sistema de explotación.

☞ Sistema de carga y transporte:

Tras la selección del método aplicable a la explotación de áridos, es necesario establecer el sistema de explotación que se utilizará y que estará constituido por los diferentes equipo de arranque, carga y transporte. En función de estos, será necesario posteriormente definir los equipos de servicios.

Según la continuidad del ciclo básico, se diferencian los siguientes sistemas:



4. Sistema continuo con trituradora móvil y arranque discontinuo.

En este sistema se prescinde del transporte con volquetes, ya que la trituradora móvil acompaña constantemente por el tajo el equipo de arranque y carga discontinuo.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.

❖ **DISEÑO DE EXPLOTACIONES:**

- Definición del sistema de explotación.

☞ Sistema de carga y transporte:

Tras la selección del método aplicable a la explotación de áridos, es necesario establecer el sistema de explotación que se utilizará y que estará constituido por los diferentes equipo de arranque, carga y transporte. En función de estos, será necesario posteriormente definir los equipos de servicios.

Según la continuidad del ciclo básico, se diferencian los siguientes sistemas:

5. Sistema de transporte mixto y arranque continuo.

Es una variante de la tercera alternativa, donde se sustituye el arranque discontinuo por un minador continuo. Es un sistema poco utilizado, aunque algunas canteras lo aplican.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las canteras de Rocas Ornamentales, constituyen un caso particular de canteras de exterior, debido a que el recurso explotado posee unas características que le aporta un mayor valor añadido, interés social y comercial, redundando en un aumento significativo del precio de venta.

Los aspectos que diferencian una roca ornamental de una roca industrial, son:

- ❖ Su belleza y vistosidad
- ❖ Características físico-mecánicas (textura, durabilidad, dureza, resistencia al desgaste, a la abrasión, a la heladicidad, etc.).
- ❖ Aptitud para el pulido (salvo en el caso de la pizarra donde se considera la aptitud al lajado).
- ❖ Aplicabilidad muy concreta debido a sus características.



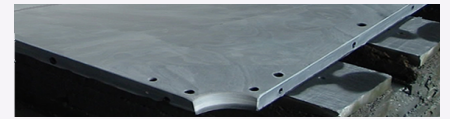
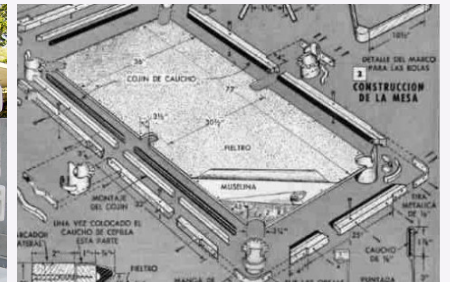
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Gracias a esas propiedades y a su atractivo, constituyen la materia prima de una industria que, después de un proceso de elaboración, permite su comercialización y utilización en aplicaciones tan variadas como son :

- ***Materiales nobles de construcción.***
- ***Materia prima de trabajos de cantería.***
- ***Elementos de ornamentación.***
- ***Arte funerario y escultórico.***
- ***Objetos artísticos y variados.***
- ***Proyectos urbanos que siguen tradiciones locales.***
- ***Deporte.***



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las propiedades de los yacimientos: Los factores que condicionan la explotabilidad:

- Morfología.
- Fracturación.
- Características de la roca:
- Composición litológica:
 - Color.
 - Tamaño de grano.
 - En su caso, karstificación y meteorización.
 - Plegamientos y/o repliegues internos.
 - Metamorfismo (en su caso) y/o recristalizaciones.
 - Textura.
 - Homogeneidad:
 - Cambios de facies.
 - Variaciones de color.
 - Presencia de discontinuidades.
 - Vetas y concreciones.
 - Impurezas
 - Oxidaciones.
 - Otras alteraciones.
- Tamaño del afloramiento.
- Recubrimientos.
- Topografía y accesos.
- Impacto ambiental que pudiera ocasionar la cantera.
- Existencia de explotaciones próximas.
- Infraestructura industrial.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Los métodos de explotación se pueden dividir en:

➤ **Canteras a cielo abierto:**

- Canteras en foso sobre terrenos llanos: Explotaciones confinadas donde su única forma de extracción es por medio del descenso en forma de corta, característicos de yacimientos masivos, con poco recubrimiento y de homogeneidad en profundidad de las calidades y características del recurso.

A. Extracción con grúas (derrick):



B. Extracción con rampa:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

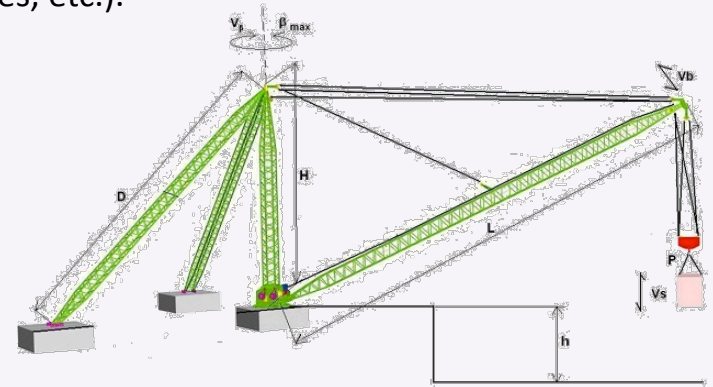
I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Los métodos de explotación se pueden dividir en:

➤ **Canteras a cielo abierto:**

A. Extracción con grúas (derrick):



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Los métodos de explotación se pueden dividir en:

➤ **Canteras a cielo abierto:**

B. Extracción con rampa:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Los métodos de explotación se pueden dividir en:

➤ **Canteras a cielo abierto:**

- Cantera en Ladera sobre terrenos en pendiente: Son llevadas en media ladera. En muchos casos, la extracción comienza por los niveles inferiores, aumentando la altura y el número de bancos del frente de explotación. En otros casos se empieza por alcanzar la situación final en los bancos superiores y se profundiza verticalmente.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Los métodos de explotación se pueden dividir en:

➤ **Canteras a cielo abierto:**

- Canteras de nivelación terrenos montañosos: Están emplazadas en lo alto de un cerro o promontorio natural que conducen a la nivelación del terreno original, tanto por la propia extracción como por el relleno de vaguadas con los estériles producidos.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

Una voladura descubre un yacimiento de mármol que durará los próximos 100 años

ALMERIA .- La mayor voladura de la historia minera de Almería ha culminado con una gran sorpresa. La detonación de 70.000 kilos de explosivos ha permitido que aflorase en Macael (Almería) un "corazón" de mármol suficiente para el mantenimiento de esta explotación durante cien años.

La explosión ha dejado al descubierto 400.000 metros cúbicos de mármol, de la calidad "blanco macael", el más apreciado en los mercados internacionales, en una zona conocida como Rambla Orica, propiedad de la empresa Tino Stone Group.

Durante dos días, un grupo de unos 60 operarios distribuyó las cargas explosivas, compuestas por 65.000 kilos de nagolita y 5.000 de goma-2, que fueron introducidas mediante 1.500 perforaciones en un radio de 25 kilómetros, según la empresa.

Debido a la peligrosidad de la operación, ésta fue supervisada desde su origen por la Guardia Civil, que se encargó no sólo de custodiar el traslado de los explosivos desde la frontera francesa a Almería, sino también de controlar a las numerosas de personas que se desplazaron a la cantera para contemplar la voladura del cerro.

La explosión, supervisada por la Dirección General de Minas y la Junta de Andalucía, removi6 en cuesti6n de segundos unos 400.000 metros cúbicos de tierra, cantidad similar a la del mármol que el cerro guardaba en su interior.

Capricho

Desde la empresa Tino Stone Group se hizo especial énfasis en el hecho de que la operaci6n "no era ningú n capricho", sino que obedecía a cuestiones de seguridad, ya que ú ltimamente se habían detectado en Rambla Orica corrimientos de tierra que podrían haber puesto en peligro la integridad de los trabajadores de la cantera y el mantenimiento de otras minas adyacentes.

La voladura, que es la mayor de las efectuadas en una mina a cielo abierto en la Sierra de Los Filabres, garantizará la explotaci6n en condiciones de seguridad durante un centenar de años.

La empresa propietaria de la cantera posee otras 11 más en Espa ña, repartidas entre Almería, Granada y Soria, y ademá s participa en otras sociedades dedicadas a la explotaci6n minera en paí ses como India, Marruecos e Italia.

La comarca almeriense del mármol export6 el a ño pasado por valor de 5.200 millones de pesetas, principalmente a paí ses como Alemania, Estados Unidos, Italia, Paí ses Bajos, Hong Kong, Portugal, Bél gica y Luxemburgo, Taiwan, Kuwait, Francia y Singapur.

En la comarca de Macael hay 290 empresas, algunas de ellas propiedad de un mismo empresario, dedicadas a la extracci6n, elaboraci6n y fabricaci6n de piezas de artesanía, repartidas en 11 municipios, lo que da empleo a 4.500 trabajadores de forma directa.

La producci6n en fá brica durante 1999 se elev6 a 10.817.680 metros cuadrados que arrojaron un valor en ventas de 53.000 millones de pesetas. La mayor parte del mármol que se produce es el denominado "blanco macael", del que el a ño pasado se exportaron 1.054.345 toneladas, de un total de 1.829.273 toneladas de piedra de diversas tonalidades.

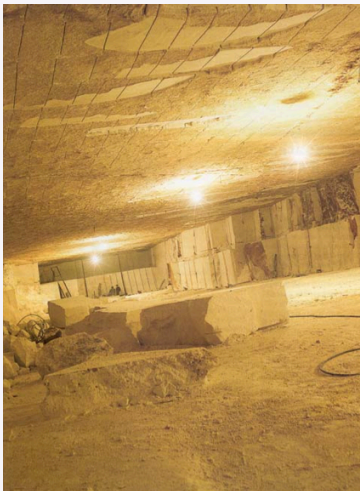
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Los métodos de explotación se pueden dividir en:

- **Canteras Subterráneas:** Utilizan el método de explotación de cámaras y pilares, con inicio de labores desde la plaza de cantera exterior y abriendo una galería en la dirección de explotación. Dejando los necesarios pilares, se abre el hueco inicial y se explota en profundidad con herramientas clásicas. Obedecen a razones económicas, medioambientales y climatológicas; actualmente las famosas canteras de Carrara en Italia, están pasándose a subterráneas, aprovechándose la antigua infraestructura de ferrocarriles de interior como accesos principales a las grandes cámaras.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:** El proceso de arranque de las rocas ornamentales consiste en la separación primaria en el macizo rocoso de un "primer bloque o rachón", entendiendo por bloque una figura geométrica más o menos cúbica, y con unas dimensiones tales que los equipos de carga y transporte seleccionados puedan manipularla u operar en unas condiciones de productividad óptimas. El bloque primario se somete a unas sucesivas etapas de subdivisión hasta alcanzar unas dimensiones que sean manipulables en el taller de corte y aserrado, y al mismo tiempo dentro de las gamas y tolerancias que requiere actualmente la industria de transformación, propia o exterior, ya que en muchas ocasiones este bloque es o puede ser un producto vendible de la cantera. Las dimensiones finales siguientes corresponden a los bloques vendibles de una gama aproximada para los mármoles y granitos, en donde son más apreciados y por ello mejor pagados los mayores tamaños, el mejor escuadrado, el mejor acabado de las caras, factores todos ellos que implican un mejor rendimiento de transformación posterior. Alcanzan unos volúmenes de 6 m³ y hasta 20 t de peso, y pueden ser ya objeto de comercialización, y exportadas a grandes distancias para llegar a valer cifras millonarias.
 - **Longitud 1.90 - 3.30 m.**
 - **Fondo 1.00 - 1.50 m.**
 - **Altura 0.90 - 1.20 m.**
 - **Volumen 2 - 6m³ - Peso 10- 20 Tn.**

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

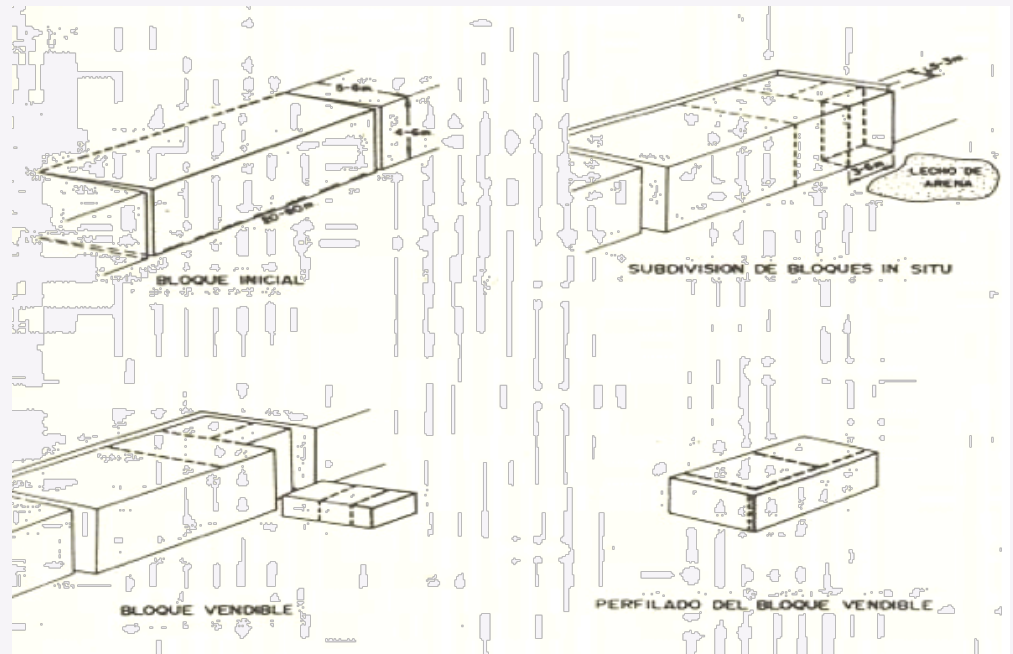
I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

- Longitud 1.90 - 3.30 m.
- Fondo 1.00 - 1.50 m.
- Altura 0.90 - 1.20 m.
- Volumen 2 - 6m³ - Peso 10- 20 Tn.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ Técnicas de corte por perforación de barrenos próximos, con y sin voladura.
- ☐ Técnicas de corte mecánico:
 - Equipos de corte con hilo diamantado o Rozadoras de brazo.
 - Equipos de corte con disco.
 - Equipos de corte con chorro de agua o Utilización de cuñas manuales e hidráulicas.
- ☐ Técnicas actualmente obsoletas:
 - *Equipos de corte con hilo corrugado (totalmente ya en desuso).*
 - *Lanza térmica (utilización todavía esporádica).*

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

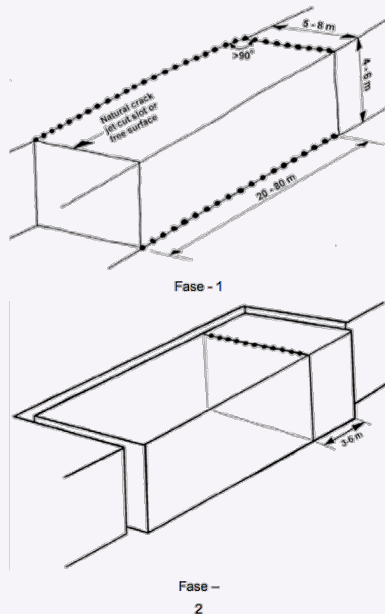
- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte por perforación de barrenos próximos, con y sin voladura.**



Esta técnica consiste en la perforación de barrenos muy próximos y paralelos de un pequeño diámetro para poder producir un corte a través del plano constituido por los mismos mediante la acción de una adicional presión hidráulica, mecánica o por la acción de la pólvora o del cordón detonante. Este sistema se debe aplicar fundamentalmente sobre las rocas de mayor dureza y abrasividad, grupo de los granitos, aunque coexiste con los otros sistemas, para el resto de las rocas ornamentales, en donde se debería utilizar o abusar menos de él, para mejorar el grado de recuperación y la calidad de la roca vendible.

Este sistema es el llamado sistema finlandés de explotación y subdivisión mediante la técnica de la perforación dentro de la cantera.

La importancia de su aplicación ha cobrado un mayor interés a partir de los últimos avances tecnológicos, en la línea de una mayor mecanización gracias a la sustitución de la perforación neumática por la hidráulica, con una operación centralizada de las baterías de perforadoras que permiten el control.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

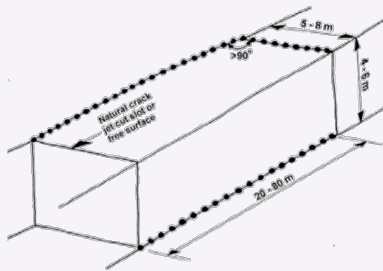
Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte por perforación de barrenos próximos, con y sin voladura.**

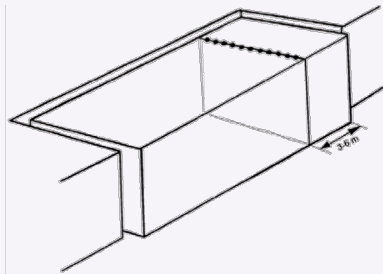
➤ **Fase 1:**

La etapa inicial consiste en la separación, en la masa rocosa, de un gran bloque cuyo volumen puede oscilar entre los 100 y los 4.000 m³. La operación de arranque comienza con la creación de dos caras libres en los laterales del gran bloque, bien a partir de las diaclasas naturales, bien mediante la perforación de unos barrenos casi secantes entre si con unos diámetros de 2 1/2" (63,5 mm), o bien realizándolas con la lanza térmica por unos canales de 70 mm de anchura. Posteriormente se realiza la perforación vertical sobre los planos posterior y horizontal en la base del bloque. Los barrenos son de pequeño diámetro (27-36 mm), y las separaciones variables de acuerdo con la resistencia a la fragmentación de la roca.

La rotura entre barrenos se puede realizar mediante el empleo de algunos explosivos débiles con cargas conformadas o con un cordón detonante de bajo gramaje, o por unas cuñas de accionamiento hidráulico.



Fase - 1



Fase -
2

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

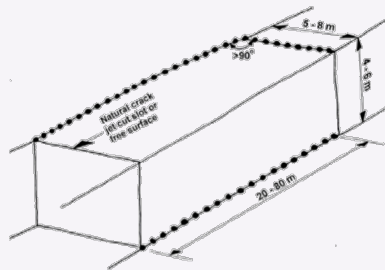
- **Técnicas de corte por perforación de barrenos próximos, con y sin voladura.**

➤ Fase 1:

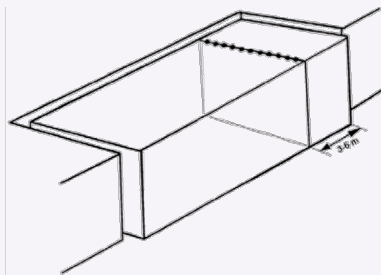
Unos rendimientos de las operaciones que se pueden esperar como normales con los modernos equipos hidráulicos pueden ser los siguientes:

Plano	Diámetro (mm)	Velocidad (ml/h)	Espesor (cm)	Rendimiento (m ² /h)
Lateral	63.50	15	5.70	0.90
Posterior	27-36	25-50	10 - 30	5 - 10
Horizontal	27-36	25-50	10 - 30	5 - 10

El rendimiento específico de la perforación oscila entre unos 2 y 7 ml/m³ del material rocoso a producir.



Fase - 1



Fase -
2

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

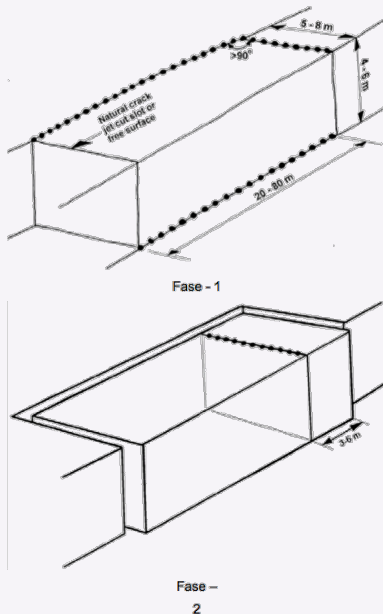
- **Técnicas de corte por perforación de barrenos próximos, con y sin voladura.**

➤ **Fase 2:**

Esta segunda etapa ejecuta la subdivisión en bloques de un menor tamaño, todavía "in situ", esto es, en la misma cantera. Los parámetros de perforación son similares, aunque las fases sucesivas de división del bloque, implican una calidad cada vez mejor de terminación de las caras, por lo que dentro de la gama de diámetros y espaciado entre barrenos es muy recomendable usar los menores valores. El volumen de los bloques correspondiente a esta fase oscila entre los 18 y los 100 m³. Los rendimientos normales de perforación son los siguientes:

- Rendimiento horario..... 7 m² /h
- Rendimiento específico..... 5 ml/m³

La rotura entre los barrenos se puede realizar, al igual que en la fase anterior, mediante unos explosivos débiles como la pólvora, el cordón detonante o mediante cuñas hidráulicas.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

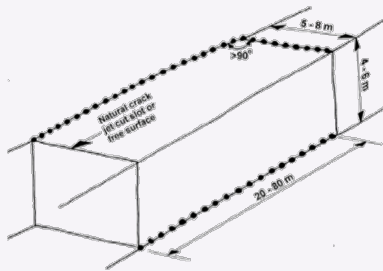
- ☐ **Técnicas de corte por perforación de barrenos próximos, con y sin voladura.**

- **Fase 2:**

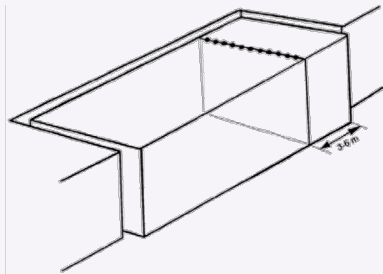
El bloque, una vez individualizado, debe volcarse sobre el piso de la cantera, donde se puede disponer de un lecho de arena o bien un colchón de goma hinchable que logre amortiguar la caída, y evitar su rotura.

Los sistemas más empleados para volcar el bloque, pueden ser:

- Tracción mediante cabrestante o grúa torre (DERRICK).
- Empujadores hidráulicos en el plano posterior.



Fase - 1



Fase -
2

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

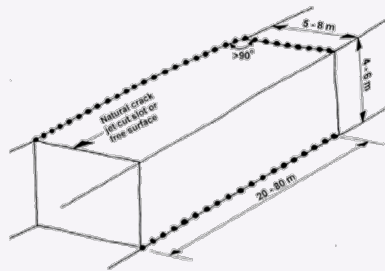
- **Técnicas de corte por perforación de barrenos próximos, con y sin voladura.**

- **Fase final:**

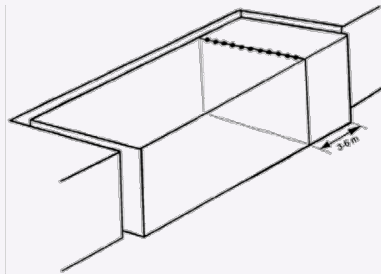
En esta etapa, el bloque extraíble debe subdividirse en unas dimensiones más manipulables por los equipos de la cantera, con unos volúmenes máximos de hasta 10 m^3 para su fácil manejo y transporte posterior al taller. Los diámetros de perforación recomendables son de unos 25 - 27 mm. Los rendimientos en esta etapa de subdivisiones son muy variables con los siguientes valores medios:

- Rendimiento horario $5 \text{ m}^2/\text{h}$.
- Rendimiento específico..... 3 - 15 ml/m^3

En esta fase la rotura entre los barrenos tiene lugar, en general, mediante el empleo de cuñas, accionadas manual o hidráulicamente. Los bloques obtenidos deben alcanzar las dimensiones adecuadas para su comercialización, que puede ser directa, si el escuadrado de las caras fuera correcto, o precisa de un perfilado definitivo, en función de las calidades de la roca y la tolerancia final exigida por el mercado.



Fase - 1



Fase -
2

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

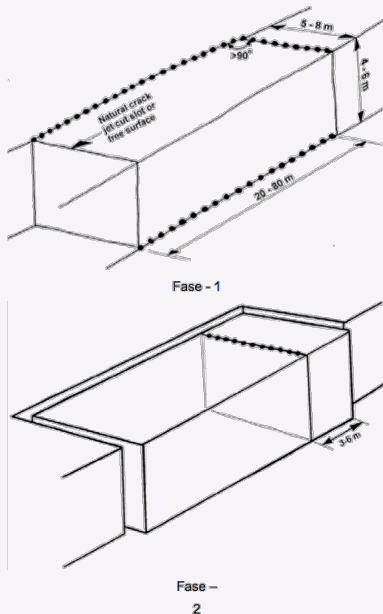
Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte por perforación de barrenos próximos, con y sin voladura.**

- **Fase final:**

La calidad del acabado en las caras del bloque final depende del correcto alineado de la perforación, así como de la separación y diámetro de los barrenos, existiendo en cualquier caso imperfecciones derivadas del sistema en sí mismo que suponen unas pérdidas en detritus estimadas en el orden de unos 25 - 50 mm. para cada una de las caras del bloque.

Es importante señalar que estas técnicas requieren, de manera imprescindible, distribuir lo mejor posible la energía generada por el explosivo en el plano de fractura y evitar la aparición de tensiones máximas o diferenciales que induzcan a la fracturación de la roca volada o la remanente. El éxito de la voladura se traduce en una gran precisión en la geometría del bloque y en unos daños mínimos a éste y a la roca remanente. Depende tanto del esquema de perforación, como de la calidad de los barrenos y de las cargas de explosivo.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

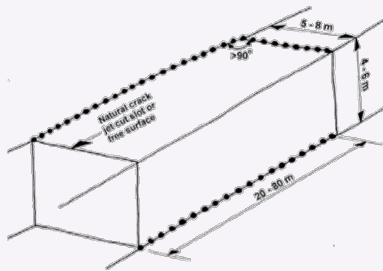
- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

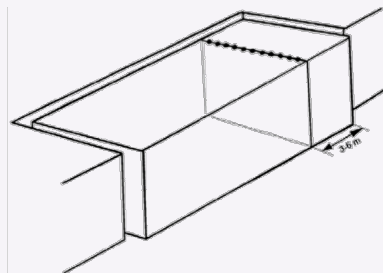
- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte por perforación de barrenos próximos, con y sin voladura.**



Fase - 1



Fase -
2



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con **hilo diamantado** o Rozadoras de brazo.



Los avances de los materiales empleados en la moderna tecnología de corte ha supuesto la introducción del hilo diamantado, que permite con menores longitudes de cable en operación, unos rendimientos de corte muy superiores, manteniendo una calidad de acabado similar a la alcanzada con el hilo helicoidal tradicional.

Los modernos y actuales equipos de hilo diamantado están compuestos de:

- Un grupo motor, con accionamiento eléctrico, y con potencia entre 30 - 50 C.V., con su correspondiente reductor que actúa sobre la polea conductora del cable y que va montado sobre un chasis móvil sobre raíles.
- Un conjunto guiador compuesto por dos carriles o vías sobre los que se desliza o mueve el sistema de accionamiento, y con una carrera de unos 6 m de desplazamiento, que se puede suplementar para su alargamiento paralelo al banco.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con **hilo diamantado** o Rozadoras de brazo.



Los avances de los materiales empleados en la moderna tecnología de corte ha supuesto la introducción del hilo diamantado, que permite con menores longitudes de cable en operación, unos rendimientos de corte muy superiores, manteniendo una calidad de acabado similar a la alcanzada con el hilo helicoidal tradicional.

Los modernos y actuales equipos de hilo diamantado están compuestos de:

- Unos sistemas automáticos de control electrónicos de arranque, velocidad y tensión del cable, de paradas por rotura o final de carrera, etc.

Las velocidades lineales del cable se encuentran en la gama de 0 - 40 m/s., para unas longitudes normales en operación inferiores a 60 m.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

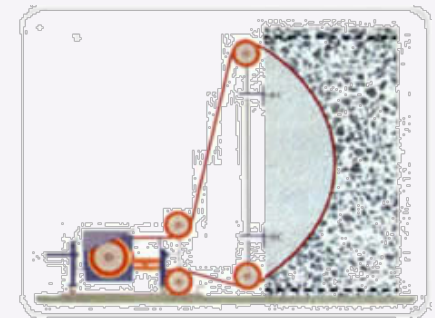
Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con **hilo diamantado** o Rozadoras de brazo.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con **hilo diamantado** o Rozadoras de brazo.



El hilo diamantado consiste en un cable de acero inoxidable que lleva engarzados, a modo de cuentas de rosario, unos insertos diamantados de forma cilíndrica, con separadores constituidos por muelles, y cuya disposición se ajusta como muestra la fotografía. Las características básicas de un cable diamantado son las siguientes:

- Diámetro del cable guía 5 mm.
- Diámetro del inserto diamantado 10 mm.
- Longitud del inserto diamantado 8,5 mm.
- Longitud útil diamantado 6 mm.
- Separación entre insertos 30 mm.
- No de insertos por ml 33,4.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con **hilo diamantado** o Rozadoras de brazo.

Los rendimientos horarios de corte y vida del cable, son función de las características de la roca y se mueven en la gama siguiente de valores:

	m^2/h	ml/m^2
Mármoles cristalinos	8 - 15	25 - 50
Mármoles compactos	5 - 9	15 - 30
Mármoles duros	3 - 5	15
Calizas blandas y porosas	10 - 15	50 - 75



Actualmente se ha introducido ya la aplicación del cable diamantado en el corte de los granitos, fundamentalmente en aquellos de menor contenido en cuarzo. La reducción de costes se está haciendo muy progresivamente a medida que se ha ido extendiendo su aplicación, y aumentando la producción unitaria de cada cantera.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

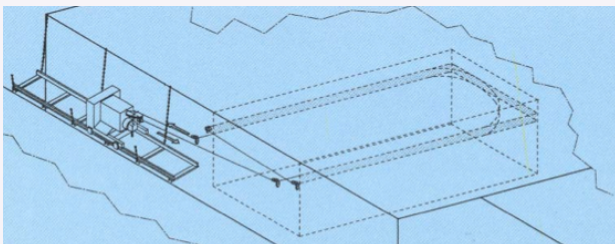
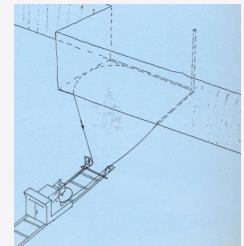
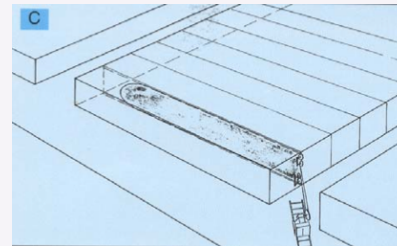
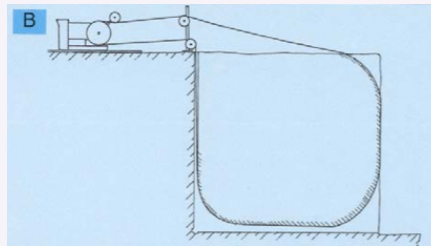
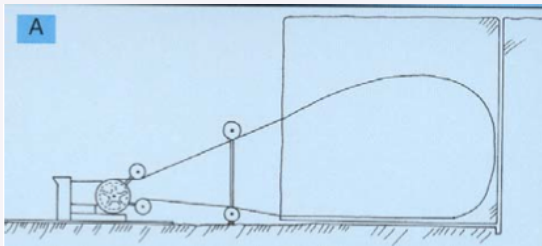
Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con **hilo diamantado** o Rozadoras de brazo.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con hilo diamantado o *Rozadoras de brazo*.



Dentro del contexto general de los sistemas de arranque de las rocas ornamentales, cuyo método de explotación es común, este sistema se aplica en aquellos macizos rocosos de dureza media a baja (< 100 MPa) y contenidos bajos en cuarzo (Grupo de los mármoles). La abrasividad y resistencia a la compresión definen la capacidad de penetración en la roca, siendo preferible un mayor valor de resistencia a la compresión, ligado a un bajo contenido en sílice, que el concepto contrario que asimilaría la roca a una piedra de afilar derivando en una escasa vida de la herramienta de corte y con ello un alto costo unitario de arranque.

Para el uso de este sistema, altamente mecanizable, es necesario disponer de unas alturas de banco muy limitadas por el alcance del brazo cortador, y su uso está condicionado por la existencia y orientación de las discontinuidades naturales, así como por las exigencias en el tamaño de los bloques vendibles.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

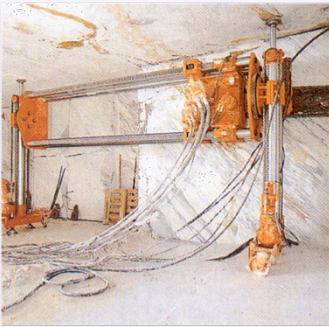
Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con hilo diamantado o **Rozadoras de brazo**.



Sin embargo esto permite obtener desde un principio unos bloques finales, eliminándose las sucesivas fases de subdivisión que implican los sistemas anteriormente descritos y que inevitablemente reducen la recuperación de unos tamaños comerciales.

El desarrollo de este sistema, inicialmente ligado a la minería y arranque de carbón y de las sales potásicas, se ha logrado a partir de los avances tecnológicos relacionados con la técnica de penetración en las rocas y de los nuevos materiales aplicados en las herramientas de corte, y tiene la posibilidad de ser utilizado no solo en las canteras a cielo abierto sino también en explotaciones subterráneas de cámaras y pilares.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con hilo diamantado o **Rozadoras de brazo.**

La rozadora consta básicamente de un brazo accionado, móvil y orientable, sobre el que se desplaza una cadena provista de unas picas como elementos de corte y de desgaste. El sistema de accionamiento del brazo es, modernamente, del tipo electro-hidráulico con unas potencias entre 10 y 60 Kw, y todo el conjunto se desliza sobre carriles en la dirección del corte con velocidades de avance de 2 a 10 cm/mín. y con la posibilidad de desplazarse por pendientes máximas de 15°.

El brazo es orientable para poder realizar los cortes verticales y horizontales, con una longitud variable entre 1,5 y 3 m. Sobre el perímetro del brazo se desplaza la cadena que arrastra las picas, de un material altamente resistente, situadas a unos intervalos en el orden de 40 mm, con unas velocidades lineales entre 0,4 - 1,4 m/s. y una anchura de corte de 4 cm.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con hilo diamantado o ***Rozadoras de brazo***.



Generalmente las picas de materiales muy duros pueden ser reemplazables in situ. El material, que constituye las picas, suele ser carburo de tungsteno para usar en los materiales de bajas resistencia y abrasividad, y de matrices diamantadas para los valores mayores, o cualquier otro tipo de acero aleado de alta resistencia al desgaste por abrasividad.

El sistema de operación de la rozadora permite obtener directamente un bloque comercial en base a la dimensión del brazo. Las fases de operación se reflejan en el esquema adjunto y consisten en una primera fase de sucesivos cortes paralelos, de dirección perpendicular a la cara del banco, seguido del corte horizontal a lo largo del frente, y de la subdivisión vertical paralela al frente, de acuerdo con el tamaño previsto de los bloques y alcanzable por la longitud del brazo. Los rendimientos horarios de corte con esta técnica están comprendidos entre 4 y 10 m² /h para las rocas de resistencia a la compresión inferior a 100 MPa y con abrasividades medias a bajas.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con hilo diamantado o ***Rozadoras de brazo***.



Hasta hoy, este sistema ha sido más utilizado en los talleres de corte y aserrado que en la cantera, pero su desarrollo en base a montar mayores unidades, de mayor potencia y longitud del brazo en bastidores de maquinaria móvil o sobre raíles ha permitido su introducción en las canteras, aunque es obvio que requieren un adecuado estudio de selección y de ensayos antes de tomar la decisión.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

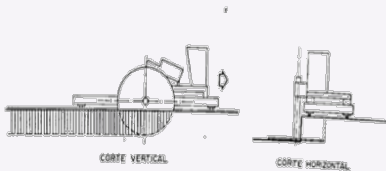
Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de **corte con disco**.



El uso de este sistema permite obtener, desde el principio, los bloques sin necesidad de recurrir a las sucesivas etapas de división y acabado, aunque presenta grandes limitaciones de aplicación por la escasa profundidad del corte, y por tanto de reducidas dimensiones en los bloques obtenidos y por tanto obliga a un diseño previo y muy ajustado de los bancos de trabajo. Su limitación viene dada por la fórmula:

$$h = 0,5 (D-d) \text{ cm.}$$

D = diámetro exterior del disco.

d = diámetro interior del disco.

Económica y técnicamente es el equipo más favorable tanto por su simplicidad como por su menor consumo energético, pero estas ventajas no logran, en muchos casos, compensar las limitaciones descritas anteriormente, por lo cual su uso sigue siendo más generalizado en los talleres de aserrado que en las canteras, aunque revisando el diseño geométrico de estas podría ser más utilizado.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

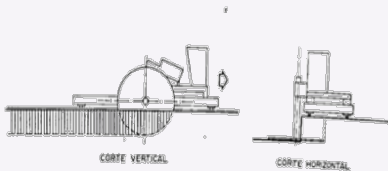
Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de **corte con disco**.



Otra limitación en el uso de este equipo se refiere a la configuración de la explotación por la necesidad de disponer de amplias plataformas, al menos de 200 x 200 m, de forma que se puedan realizar largos cortes sin tener que mover el equipo y que la inclinación de la misma tiene que ser menor de 10°. Su rango de aplicación son los mármoles y las piedras calizas, pero pueden aplicarse en el grupo de pizarras de techar o para losas de pizarras y de areniscas. El equipo a utilizar consiste, básicamente, en un disco giratorio cortador con el filo de acero diamantado y que puede desplazarse montado sobre un carretón móvil que se mueve paralelamente, sobre carriles.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

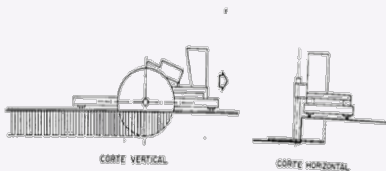
- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de **corte con disco**.

Las características básicas de los equipos se recogen en el cuadro siguiente, de acuerdo con la dirección de los cortes y la abrasividad de la roca:



	CORTE PLANOS VERTICALES			CORTE PLANO HORIZONTAL
DIÁMETRO DISCO (m)	2.50	2.70	3.00	2.70
VELOCIDAD PERIFÉRICA (m/s)	40 - 55	40 - 55	40 - 55	40 - 55
PROFUNDIDAD DE CORTE (m)	1.00	1.10	1.25	1.10
ANCHURA DE CORTE (mm)	12	12	12	12
CONSUMO DE AGUA (l/mín.)	80 - 140	80 - 140	80 - 140	80 - 140
POTENCIA (Kw)	60	75	75	75

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

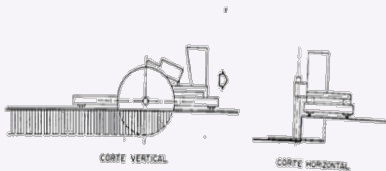
Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de **corte con disco**.



La calidad de acabado de las caras del bloque es, al igual que las obtenidas con la rozadora de brazo, excelente, sin necesidad de escuadrados finales, pero con limitadas dimensiones, y por tanto para aplicaciones comerciales muy concretas. Los rendimientos de corte pueden variar entre 5 y 8 m²/h.

Existen en el mercado algunos equipos con multibrazos, que permiten realizar 2 ó 3 cortes simultáneamente, incluso uno vertical y otro horizontal al mismo tiempo y con un solo operador, lo cual puede y debe aumentar la productividad.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de **corte con chorro de agua** o utilización de cuñas manuales e hidráulicas.

El empleo del chorro de agua a alta presión y velocidad, se ha usado tradicionalmente en la minería aluvionar del estaño, del carbón, de los caolines, de las arcillas cerámicas, etc.

La aplicación de esta tecnología en las rocas ornamentales está ligada al desarrollo de unos equipos hidráulicos de potencia adecuada, más robustos y fiables.

Existen hoy en día aplicaciones para el corte de vidrio, cerámicas, papel, y otros materiales más resistentes como el aluminio y el acero, donde el equipo consiste básicamente en una pequeña central hidráulica iniciada por un motor eléctrico, y acoplada a una bomba hidráulica de alta presión, que a su vez acciona un intensificador de presión constituido por un pistón de doble efecto y un movimiento alternativo, capaz de realizar entre 60 y 80 ciclos por minuto.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de **corte con chorro de agua** o utilización de cuñas manuales e hidráulicas.

El efecto intensificador se consigue por la diferencia relativa de superficies activas del pistón, uno de los cuales impulsa finalmente el agua a través de una fina boquilla inyectora de zafiro sintético y con unos diámetros entre 0.1 y 1 mm. El mecanismo de rotura de la roca debido al finísimo chorro de agua a alta presión, se produce por efecto del choque del mismo, y las micro-fracturas creadas en consecuencia. A una velocidad de 300 m/s, la presión creada es del orden de 150 MPa, superior a la resistencia a la compresión de muchas rocas. Con 500 m/s, se pueden alcanzar valores de 300 MPa, superiores a la resistencia de la mayoría de los materiales rocosos.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de **corte con chorro de agua** o utilización de cuñas manuales e hidráulicas.

Los datos operativos alcanzados con equipos en prueba han sido los siguientes:

RELACIÓN DE MULTIPLICACIÓN	PRESIÓN DE TRABAJO (MPa)	CAUDAL (l/min.)
4:1	0 - 83	19 - 57
13:1	0 - 275	5.5 - 23
20:1	0 - 378	3.8 - 15



En pruebas realizadas sobre granito muy abrasivo, de 110 MPa de resistencia a la compresión, empleando una presión de trabajo de 240 MPa, caudal de 11.4 l/ mín., diámetro de boquilla de 0.4 mm., con abrasivo de granate fino y con velocidad de agua de 680 m/s, se han alcanzado unos rendimientos de corte de 2 m/mín., con un avance en profundidad de 2 cm por pasada, equivalentes a 2,40 m² /h, que supone en el orden de 40/50 % de los obtenidos realizando el corte con disco diamantado.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con chorro de agua o utilización de *cuñas manuales e hidráulicas*.

- ✧ **Cuñas manuales:**

Esta técnica complementaria a la definición de bloques y explotación mediante la perforación con barrenos. Se aplica tanto en el sector del mármol como en el del granito, para la separación de bloques previamente definidos con barrenos perforados en alineaciones, constituyendo estas alineaciones las direcciones preferenciales de los planos de rotura de la roca. Su utilización se basa en el efecto que producen una serie de cuñas de acero introducidas en unos taladros perforados con este objetivo, provocándose la rotura de los bloques por tracción. Entre las cuñas manuales se distinguen:

- Los pinchotes, constituidos por tres elementos, la propia cuña y dos pletinas metálicas con sección longitudinal en ángulo para transmitir la tensión y corte en un extremo. Su puesta en tensión se consigue golpeando repetidamente con un mazo.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con chorro de agua o utilización de cuñas manuales e hidráulicas.

- ✧ **Cuñas manuales:**

Entre las cuñas manuales se distinguen:

- Los tirafondos, indicadas para el corte de bloques de gran altura o que presenten dificultades a la separación según el plano previsto. Estas contracuñas se introducen a cierta profundidad de tal manera que los esfuerzos de tracción no se generen solo en las proximidades de la superficie.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

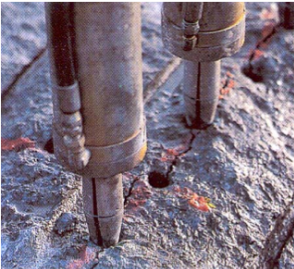
Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Equipos de corte con chorro de agua o utilización de **cuñas manuales e hidráulicas**.



- ✧ **Cuñas hidráulicas:**

Están constituidas por una bomba hidráulica de alta presión y por varios cilindros hidráulicos, cada uno unido a la bomba por una manguera flexible reforzada. Cada cilindro se compone de un gato hidráulico de doble efecto funcionando bajo una presión a máxima de 50 MPa y de un conjunto cuña-contracuña en su parte inferior. El vástago del pistón empuja con fuerza a la cuña que se encuentra entre las dos contracuñas.

Se utilizan dos tipos de cuñas hidráulicas:

- El tipo estándar (ángulo muy agudo) para las rocas más duras y que proporcionan una separación relativamente pequeña pero con una alta fuerza de rotura.
- El tipo destinado a las rocas medias (ángulo obtuso), que proporciona una separación mayor, con una fuerza lateral proporcionalmente más pequeña.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

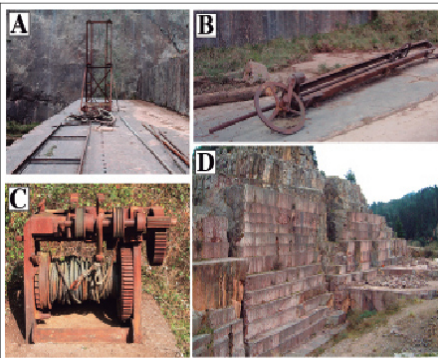
Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Equipos de corte con hilo corrugado (totalmente ya en desuso).*

El equipo estaba compuesto, de los siguientes elementos principales:

- Un grupo motor, constituido por un motor de accionamiento eléctrico o diesel (entre 25 - 40 CV.), que a través de un embrague reductor, y una caja de cambios, transmitía el movimiento a un cable que pasa por una polea motriz. La velocidad lineal del cable solía estar comprendida entre 6 y 14 m/s.
- Un sistema móvil de contrapesos, que permitía mantener el circuito del cable en tensión (hasta un valor de unos 300 Kg. por 1000 ml. de hilo).
- Una batería de poleas de reenvío y alineación, enfrentadas al grupo motor, y cuya función era concentrar en un corto espacio o longitud (50 - 100 m.) la mayor parte del cable en operación.
- Una serie de columnas que permitían guiar el hilo desde su salida de la batería de reenvío hasta aquella zona del macizo rocoso que se deseaba cortar. (A-B-C)



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

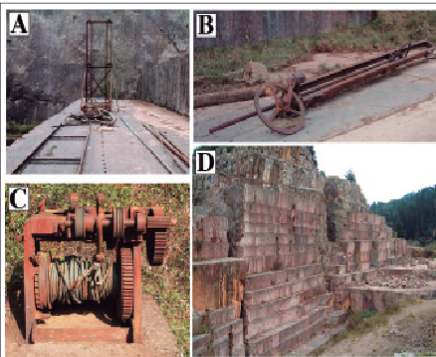
Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Equipos de corte con hilo corrugado (totalmente ya en desuso).*

El equipo estaba compuesto, de los siguientes elementos principales:

- Una serie de columnas con poleas móviles de avance automatizado, ubicadas en los extremos de la superficie de corte.
- Un equipo de almacenamiento y dosificación de la mezcla de abrasivo y agua, con alimentación directa al punto de entrada del hilo en el macizo rocoso en corte.



El sistema descrito permitía disponer el plano de corte en cualquier orientación, aunque operativamente las más habituales son las posiciones horizontales y verticales.

La longitud del cable en operación debía estar calculada de acuerdo con el principio de que se pudiera realizar todo el corte de una cara, dentro de la vida útil del mismo.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

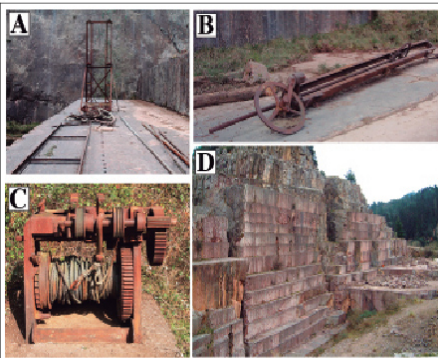
- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Equipos de corte con hilo corrugado (totalmente ya en desuso).*

La longitud del cable en operación debía estar calculada de acuerdo con el principio de que se pudiera realizar todo el corte de una cara, dentro de la vida útil del mismo. La operación con hilo implicaba un desgaste y una continua reducción del diámetro del hilo, lo que llegaría finalmente a dificultar su necesario cambio en el curso de un corte debido a la mayor sección del nuevo cable. La vida útil del hilo era muy variable, dependiendo fundamentalmente de los contenidos en sílice y abrasividad del material a cortar. El rendimiento del hilo se puede establecer entre 20 y 50 ml/m² de superficie en operación, con longitudes totales comprendidas entre 1000 y 2000 ml. Ambos parámetros definen los valores máximos de las dimensiones de la superficie de corte en operación.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

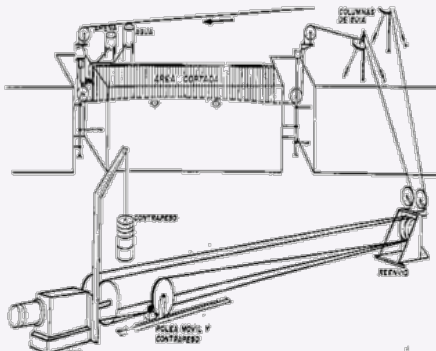
- **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Equipos de corte con hilo corrugado (totalmente ya en desuso).*

Las características normales del cable helicoidal de acero corresponden a los valores siguientes:

- Composición : 1 x 3 + 0.
- Diámetro normal del cable 5,15 mm.
- Diámetro del alambre 2,40 mm.
- Sección metálica 13,56 mm².
- Peso aproximado 0,115 Kg/ml.
- Carga de rotura efectiva 1.500 Kg/mm².

El material abrasivo, que actuaba como un elemento de corte activo, se alimentaba por vía acuosa a la entrada del hilo en el macizo en corte y estaba compuesto habitualmente por arena silíceo o granalla de carburo de silicio, de unas calidades muy controladas y precisas de acuerdo con la abrasividad de la roca a cortar, ya que siempre constituían un coste importante.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

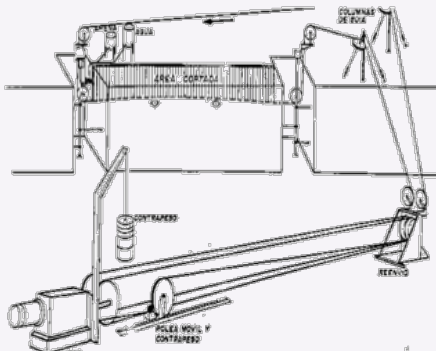
Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Equipos de corte con hilo corrugado (totalmente ya en desuso).*

La arena silíceo, el abrasivo más usado en España, debía tener una granulometría bien homogénea e inferior a 2 mm., con un contenido en SiO_2 mayor del 90% y con unas aristas lo más vivas posibles. Los consumos más habituales solían estar comprendidos entre 200 y 500 Kg/m².

El sistema de arranque se llevaba a cabo a través de una serie de etapas, en paralelo, cuya secuencia estructuraban la geometría general de la explotación, en una disposición de bancos con taludes, en general, muy verticales, y con alturas habituales del orden de 2 a 10 m. acordes con las características tanto de la maquinaria utilizada en la cantera, como con el producto a obtener.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Equipos de corte con hilo corrugado (totalmente ya en desuso).*

- **Etapas 1.**

Consistía en la apertura de una trinchera lateral por donde se introducían las poleas, que iba hasta el frente de explotación (forma de zanja).

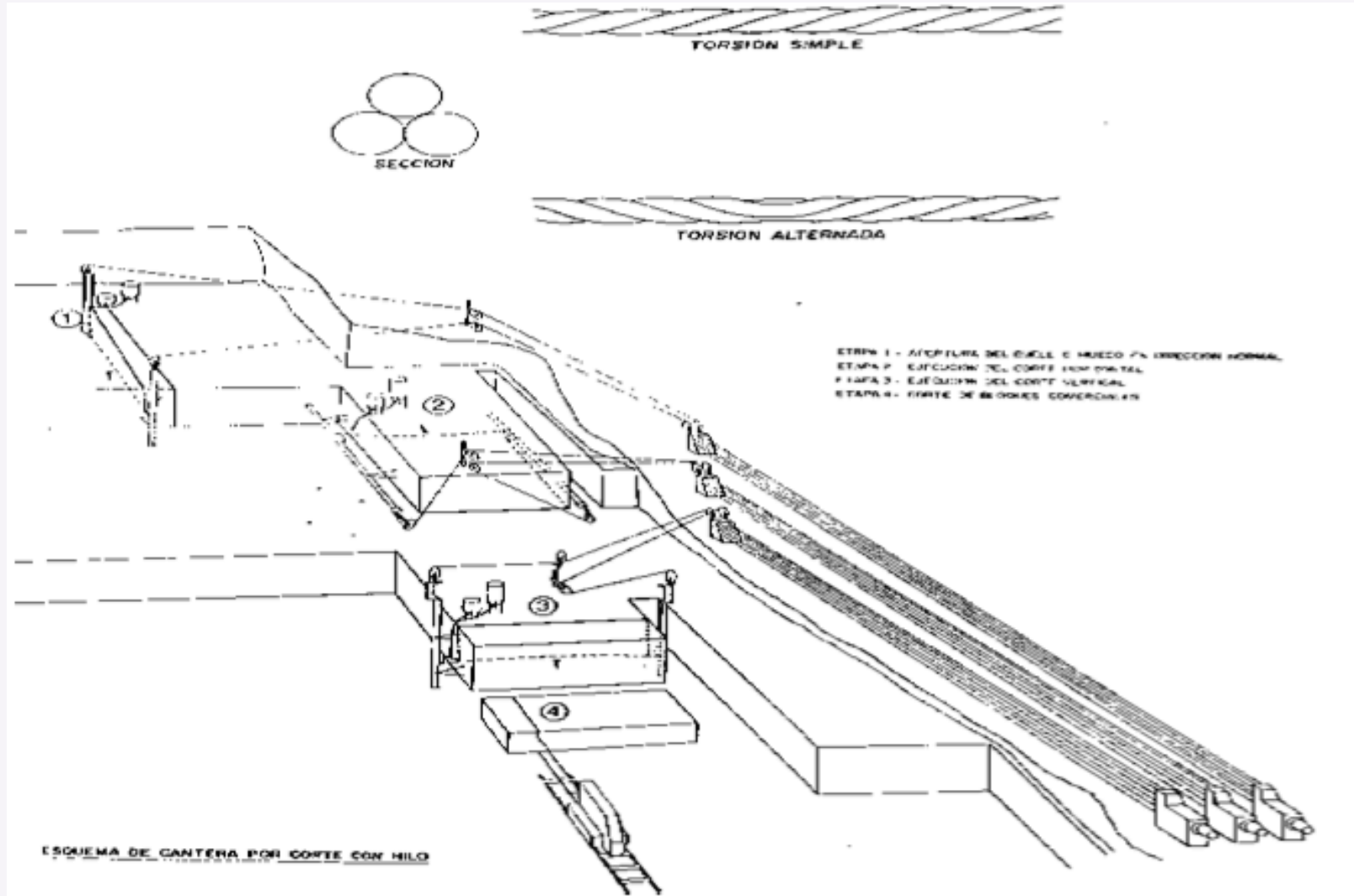
- **Etapas 2.**

Con la trinchera abierta se colocaban las poleas para realizar el corte de levante.

- **Etapas 3.**

Se producía la separación de los bloques con el método de perforación.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

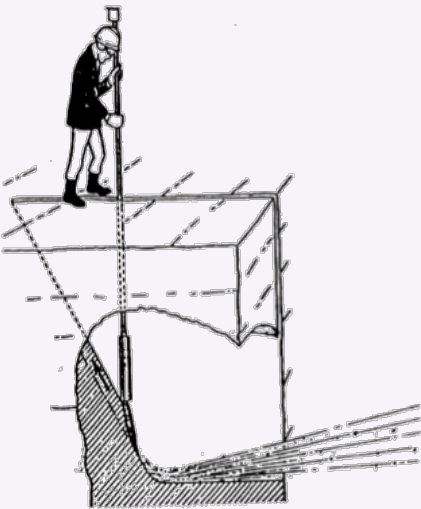
Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Lanza térmica (utilización todavía esporádica).*

Este sistema se aplica exclusivamente en aquellas rocas de origen ígneo (granitos, dioritas, etc) cuyos contenidos en sílice alcanzan unos determinados niveles, y en operaciones muy concretas y complementarias como en la ejecución de rozas iniciadoras, siempre que el material tenga unas características adecuadas de decrepitudabilidad (spallability), por salto térmico entre el calor y el frío posterior e inmediato.

El corte con lanza térmica es una técnica que depende fundamentalmente de la capacidad de una roca para fracturarse en escamas en presencia de una fuente de calor por la diferencia de conductividad térmica de los diferentes granos constituyentes de la roca (p.e. cuarzo, feldespato y mica). Tal característica se denomina factor de decrepitudabilidad o "spallability" y es una función del contenido de SiO_2 .



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

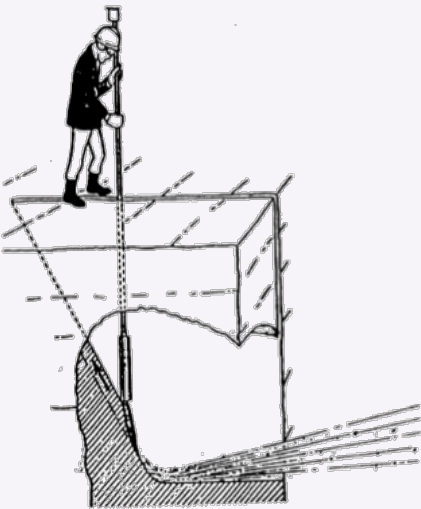
- **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Lanza térmica (utilización todavía esporádica).*

Pero no obstante, algunas determinadas propiedades facilitan una mayor posibilidad de fracturación en escamas, tales como:

- Gran dilatación a temperaturas mayores de 600° C.
- Rápida difusión térmica a temperaturas inferiores a 400° C.
- Tamaño homogéneo de los granos y sin inclusiones de micas alteradas.
- Carencia de materiales elásticos propensos a la fusión.

Los sistemas empleados para el corte en los granitos consisten en una lanza de longitud variable de acuerdo con la longitud de la zona a cortar, por cuyo interior discurren tres canalizaciones concéntricas de combustible, oxidante y agua que desembocan en una tobera o cámara donde se produce la combustión.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

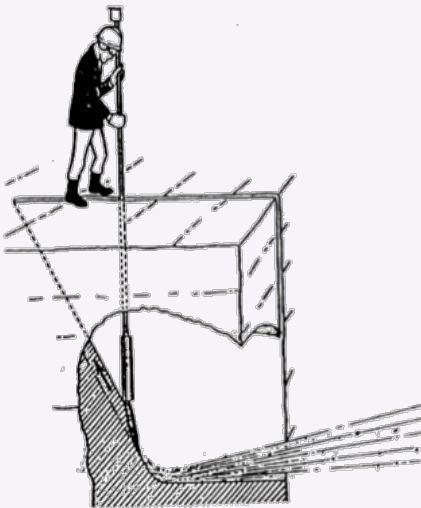
- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Lanza térmica (utilización todavía esporádica).*

Las ondas de choque térmico generadas por la combustión son conducidas al exterior a través de una tobera a unas velocidades supersónicas, produciéndose el proceso de calentamiento, que posterior e inmediatamente es enfriado por la salida del agua o vapor procedente de la refrigeración y por los gases de escape para producir, por un fuerte contraste térmico, la fracturación y la expulsión de los componentes del granito en granos diferenciales en forma de decrepitación.



ROCA	VELOCIDAD (m/h)	DECREPITABILIDAD
GRANITO	7.5 - 9	BUENA
CUARCITA	13.5 - 18	BUENA
CONGLOMERADO	6	POBRE
ARENISCA	6	POBRE

TIPO DE MEZCLA	ENERGÍA ESPECÍFICA (Julios/cm ³)
Propano - aire	6.280
Acetileno - Aire	5.020
Propano - oxígeno	4.890

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

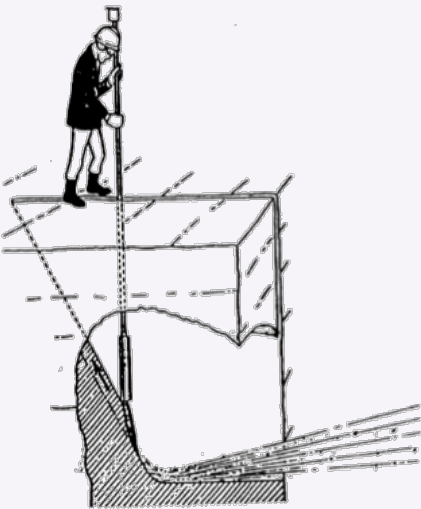
Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- ☐ **Técnicas actualmente obsoletas:**

- *Lanza térmica (utilización todavía esporádica).*

En condiciones normales de operación, un equipo convencional consume del orden de 35 l/h. de gasóleo, y unos 10 m/mín. de aire comprimido a 7 Kg/cm² de presión. Este equipo se aplica, normalmente en las canteras de granito, en la fase primaria de la independización del macizo rocoso, mediante la creación de las rozas o de los canales transversales a los bancos de explotación, de anchura del orden de 60 - 80 mm, realizándose las ulteriores subdivisiones con perforación o hilo diamantado como ya se ha descrito anteriormente.

Las desventajas mayores en la aplicación de este sistema son fundamentalmente de tipo ambiental y tecnológico por su elevado nivel de ruidos (120 dB) y no ser excesivamente económico ya que influencia negativamente sobre la calidad de la cara de la roca en una profundidad variable, afectada por las fisuras y la vitrificación indeseables.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

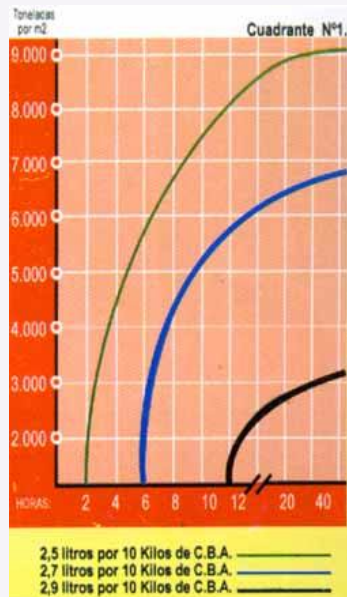
Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Utilización de cementos expansivos.



El cemento expansivo es un mortero compuesto de Sílice, alúmina, cal, óxido de hierro y óxido de magnesio, que al mezclarse con el agua, produce una reacción exotérmica, que aumenta su volumen, generando presiones de hasta los 9000 Tn/m².

El agua que intervienen en el amasado, es fundamental para su buen desarrollo, y sobre todo la temperatura a la que se debe de aportar, debe ser fría para que de tiempo a retrasar el proceso de fraguado y en dosificación que se adjunta para conseguir una eficiente producción de presión y rotura de la roca. Los datos operativos alcanzados con equipos en prueba han sido los siguientes:

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

I.- CANTERAS:

- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).

Las técnicas de explotación empleadas en este tipo de recurso son:

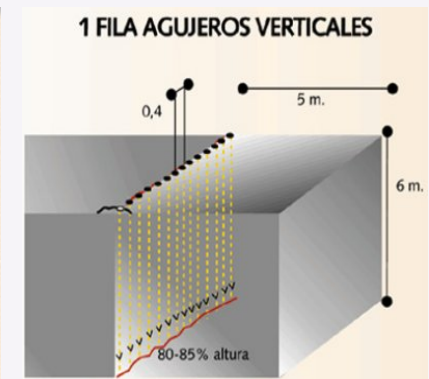
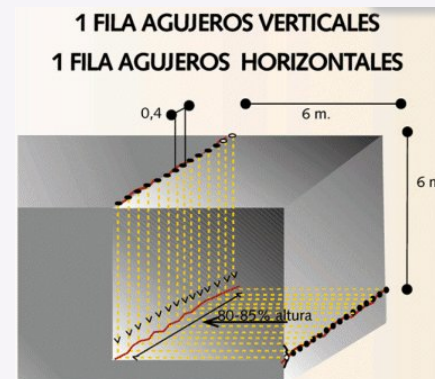
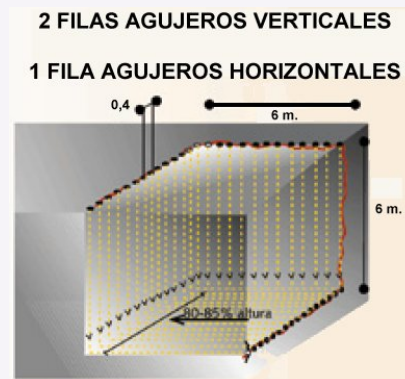
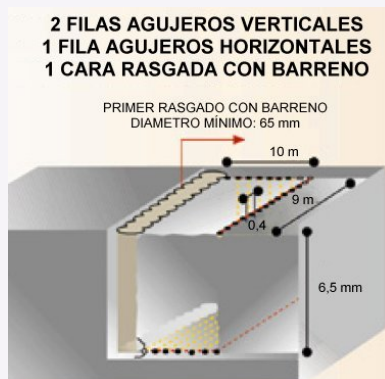
- **Técnicas de corte y extracción de bloques:**

Los sistemas o técnicas de corte más aplicados en la actualidad son los siguientes:

- **Técnicas de corte mecánico:**

- Utilización de cementos expansivos.

El espaciado de los barrenos a cargar dependen de las caras libres de las que se disponga, para el caso de el empleo en roca ornamental con barrenos de 32 mm. de diámetro, se ajusta a lo siguiente:



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

II.- CORTA MINERA:

Las explotaciones mineras por el método de corta, constituyen explotaciones a cielo abierto, caracterizadas por las siguientes circunstancias:

- Explotan yacimientos de morfología y ley muy variada, con una componente principal que es la profundidad (300 - 800 m.), mucho mayor que el resto de componentes tridimensionales.
- La explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica y un gran número de bancos.
- La explotación se hace en un entorno de roca dura, resistente y en algunos casos, muy abrasiva, lo que requiere del uso de la voladura como técnica de arranque, de la carga con grandes excavadoras (o palas en su caso) y el transporte con volquetes mineros (dumpers).
- La necesaria profundización exige la extracción de materiales estériles, tanto interiores como externos al criadero, y que tienen que ser depositados en unos vertederos exteriores al propio hueco.
- La altura final de la explotación es una variable del diseño geométrico del hueco proyectado.

VENTAJAS DE LAS MINAS A CIELO

Mejor recuperación del volumen de mineral explotable.
Planificación más flexible a medida que progresa el tajo.
Los niveles de riesgo en el trabajo disminuyen.
La mecanización no tiene límite en cuanto a dimensiones de los equipos.
El esfuerzo físico de los trabajadores es menor.
La productividad es más alta.
Los tonelajes por cada voladura son mucho mayores.
Los problemas de ventilación prácticamente no existen.
Los costes por tonelada movida son más bajos.

DESVENTAJAS DE LA MINA A CIELO ABIERTO

Las inversiones en equipos son cuantiosas y las cargas financieras son altas.
El equipo es más sofisticado y necesita una mano de obra más calificada.
Los agentes atmosféricos naturales tienen un fuerte impacto (lluvia, nieve, niebla).
Los frentes de trabajo deben estar mejor organizados.
Se generan importantes impactos en el entorno que deben ser corregidos por medio de una restauración a veces onerosa.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

II.- CORTA MINERA:

➤ PROBLEMÁTICA A RESOLVER:

- La definición del mineral y su separación a partir de una ley mínima de corte.
- La existencia de minerales marginales que habrán de almacenarse.
- La estabilidad de grandes taludes y vertederos.
- Las relaciones de estéril a mineral.
- La necesidad generalizada de contar con una planta de concentración para tratar todos los minerales y poder elevar su contenido pagable hasta el mejor valor vendible.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

II.- CORTA MINERA:

➤ FORMA DE SOLUCIONARLO:

- Modelización y simulación informática para la planificación y el control de las leyes.
- Planificación y de la investigación geológico minera para el control de masas y leyes.
- Evaluación dinámica de las reservas de mineral.
- Ajuste y dimensionamiento de los parámetros operativos del método de explotación.
- Optimización y ajuste de la selección de los equipos más eficientes y operativos.
- Optimización de los métodos de transporte desde el punto de vista de eficiencia y productividad.
- Control y seguimiento permanente de la estabilidad de bancos y taludes.
- Drenajes y desagües de grandes caudales de líquidos.
- Iluminación nocturna de los tajos de trabajo.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

II.- CORTA MINERA:

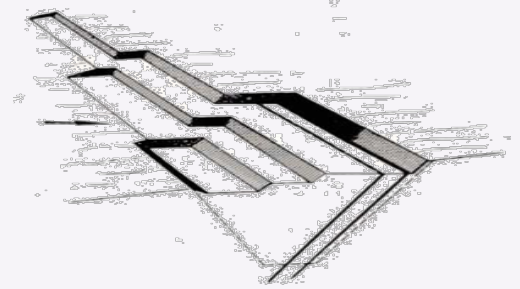
- **Esquemas típicos de explotación:**

- **Explotación longitudinal:**

Este tipo de secuencia o avance de la explotación consiste en llevar la operación de arranque en unos bancos paralelos a la dirección de las capas o de los filones.

El desmonte se debe iniciar en las cotas superiores del yacimiento, atacando en toda su longitud y progresando de techo a muro del paquete mineralizado. Una vez que el banco superior haya avanzado una distancia que se estimará como suficiente, se puede iniciar el arranque en un nuevo segundo banco, a una cota inferior, progresando igualmente de techo a muro, y así sucesivamente hasta llegar al fondo proyectado de la corta.

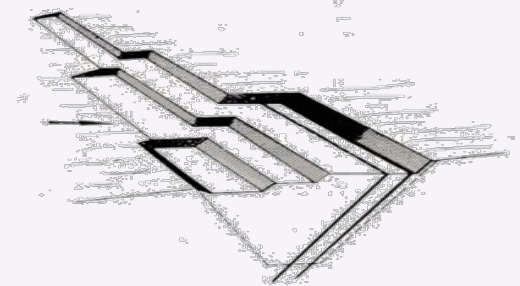
Una variante que se emplea en algunas ocasiones, consiste en dividir la longitud total del frente de cada banco, en módulos, realizándose la excavación en cada uno de estos de una forma desfasada en el espacio. Así pues, en el primer banco se inicia la explotación de un segundo modulo simultáneamente con el arranque del primer modulo del segundo banco. De esta forma el frente global de trabajo está constituido por tantos frentes parciales como bancos existan, es decir para dos bancos, dos frentes ($B + B1$), para tres bancos, tres frentes ($C + C1 + C2$) etc., cuya disposición espacial resulta de forma escalonada. Este sistema, permite en algunos casos tener un mayor margen de flexibilidad para regularizar los ratios parciales de la explotación, y al mismo tiempo lograr una homogeneización o una mezcla de las calidades del mineral en la propia mina por proceder de varias capas o filones de distintos niveles.



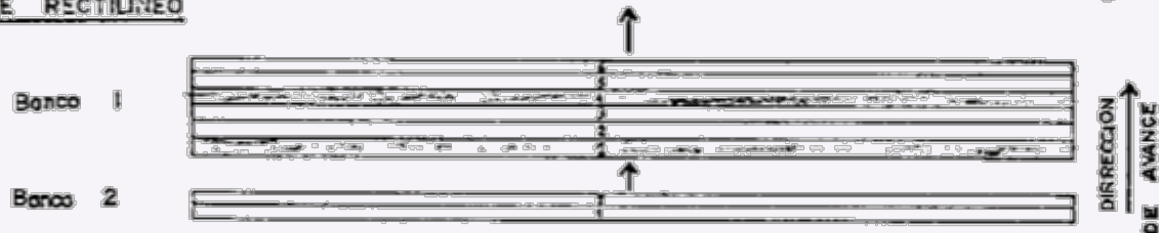
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

II.- CORTA MINERA:

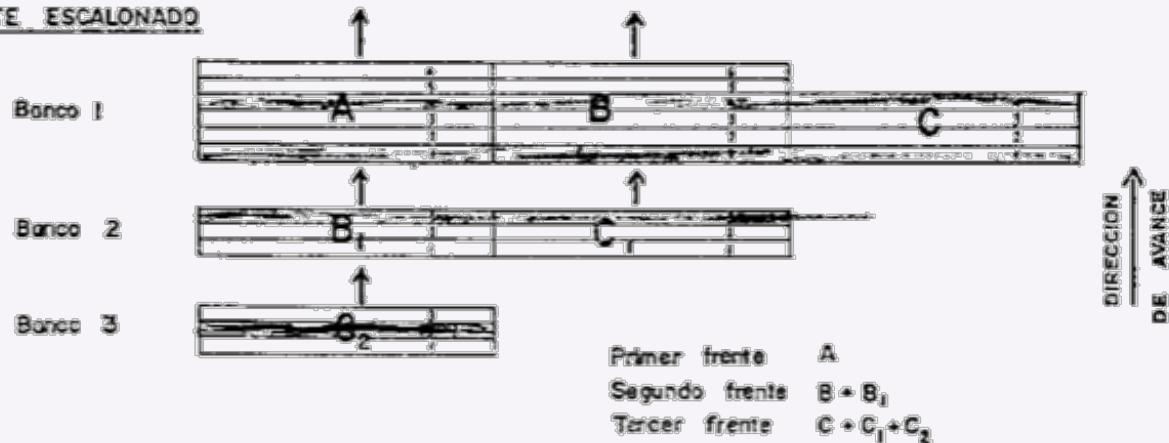
- Esquemas típicos de explotación:
 - Explotación longitudinal:



RENTE RECTILINEO



RENTE ESCALONADO



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

II.- CORTA MINERA:

- **Esquemas típicos de explotación:**

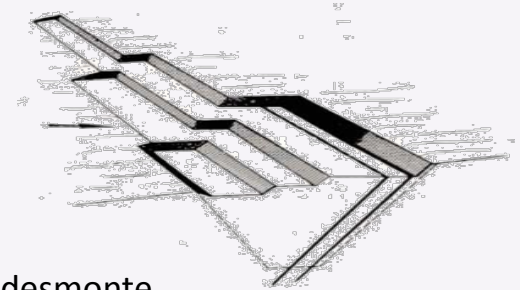
- **Explotación longitudinal:**

Las **principales ventajas** de esta forma de ataque son:

- Rápido acceso al mineral en varios frentes o capas, con un menor desmonte inicial.
- Facilidad para abrir frentes largos, lo que podrá dar una producción de mineral más flexible para así responder a las variaciones de la demanda.
- Posibilidad de trabajar en un gran número de bancos.

Las **desventajas** de esta solución, son:

- Los taludes finales serán poco seguros porque una vez acabados tendrán que permanecer abiertos hasta el final de la explotación.
- Las variaciones en la producción de mineral dependerán de las potencias de las capas y de las dimensiones relativas de las intercapas o intercalaciones de estéril entre capas.
- Mayor dificultad en la ejecución de la mezcla de minerales para lograr un control homogéneo de la calidad, aunque menor en el caso de utilizar la variante.
- Imposibilidad de empezar a rellenar el hueco final de la explotación en una primera etapa, lo que hará más problemática la ejecución de la restauración final del terreno minado.



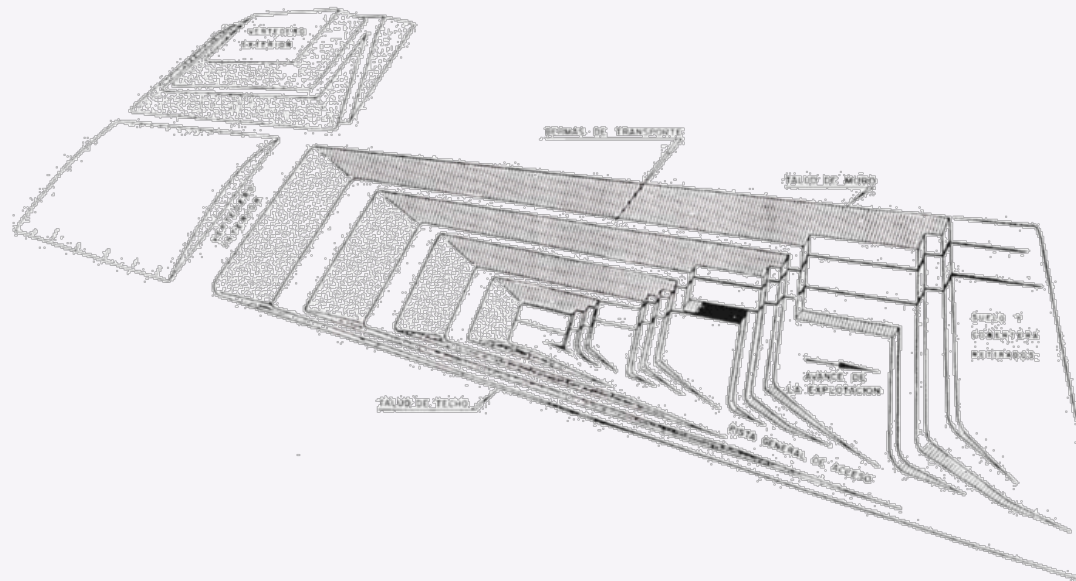
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

II.- CORTA MINERA:

- **Esquemas típicos de explotación:**

- **Explotación mixta:**

Como solución intermedia que intenta conseguir las ventajas de cada secuencia y disminuir los inconvenientes, está la secuencia o avance en diagonal, que tiene más de transversal que de longitudinal pero que aumenta notablemente la superficie o longitud de banco abierto y un ataque a la capa, filón u horizonte mineralizado más claro y con ello disminuye la dilución o separación entre el mineral y el estéril.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

III.- MINERÍA POR TRANSFERENCIA:

La minería por transferencia es un método minero conocido como STRIPPING o STRIP MINING, consistente en la explotación, desde la superficie, de unas capas que deben ser, básicamente, horizontales a sub-horizontales con menos de 10° de buzamiento, mediante la apertura de un hueco inicial para el descubrimiento de la capa o capas y, tras la extracción de estas, se procede a rellenar el hueco ya explotado con el estéril que se extrae de la fase siguiente.

Este sencillo método, muy antiguo, ha permitido una elevada mecanización del proceso a través de dos sistemas definidos por la maquinaria que utilizan una técnica operativa de trabajo diferentes, además de poderse emplear los sistemas convencionales e incluso como veremos es posible aplicarlo también en la minería hidráulica y en la mixta.

Los dos sistemas clásicos son:

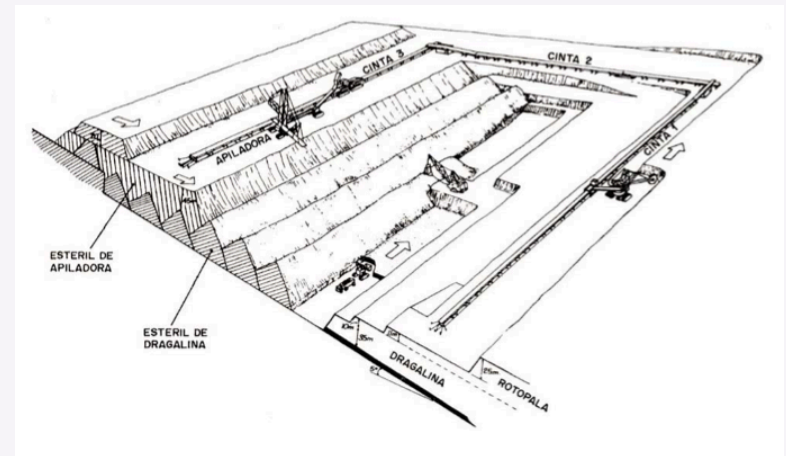
- **El sistema americano**, de carácter discontinuo y también denominado por descubierta. El arranque se realizaba antiguamente bien por medio de las denominadas “excavadora de desmonte” o por medio de una dragalina de gran tamaño de cuba, siendo este el sistema que permanece actualmente. También la transferencia tiene un carácter discontinuo. Se utiliza mayoritariamente en minería del carbón entre otros minerales y presenta como ventaja el que, al mismo tiempo que se desarrolla la explotación, permite una regeneración y rehabilitación de la superficie agrícola, forestal o ganadera.
- **El sistema alemán**, de carácter continuo y también denominado de explotación por terrazas. Tanto el arranque como el transporte se realizan en continuo, el primero mediante Rotopala y el transporte por cintas de gran capacidad, con la transferencia del estéril al hueco, bien de forma directa por medio de un puente, o bien por el exterior, con cintas móviles.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

III.- MINERIA POR TRANSFERENCIA:

Estos métodos se desarrollan en yacimientos (carbones, fosfatos, bauxitas, arenas bituminosas y graveras) con unas características muy concretas como son:

- Buzamientos casi horizontales.
- Grandes Reservas.
- Rocas blandas en la cobertera de estéril.
- Pocas capas y potentes. Uno ó dos niveles.
- Limitada profundidad de los yacimientos valor añadido del producto vendible.

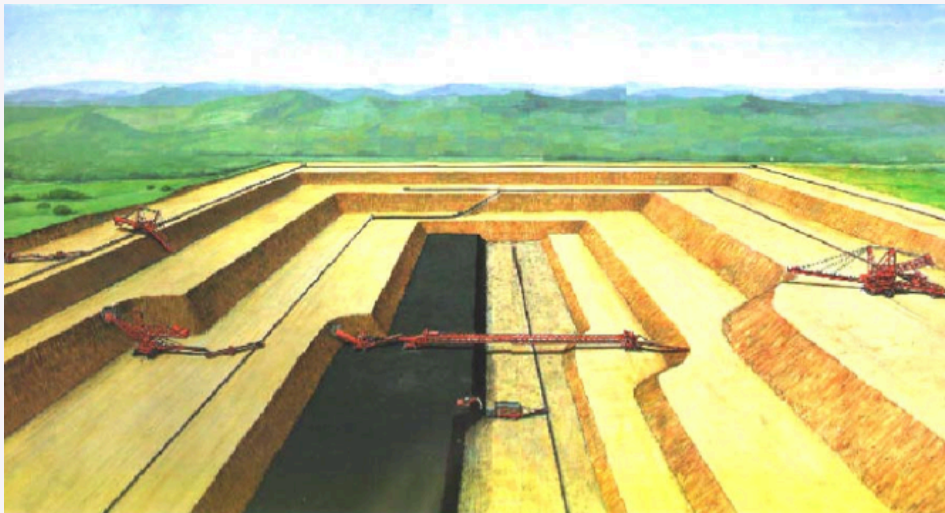


MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

III.- MINERIA POR TRANSFERENCIA:

Estos métodos se desarrollan en yacimientos (carbones, fosfatos, bauxitas, arenas bituminosas y graveras) con unas características muy concretas como son:

- Buzamientos casi horizontales.
- Grandes Reservas.
- Rocas blandas en la cobertera de estéril.
- Pocas capas y potentes. Uno ó dos niveles.
- Limitada profundidad de los yacimientos valor añadido del producto vendible.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

IV.- MINERIA HIDRAÚLICA:

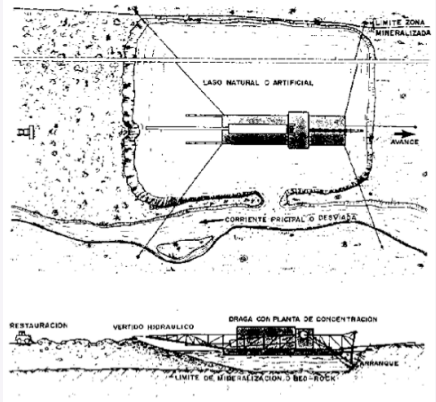
La minería hidráulica se puede definir bien como la extracción de los minerales en aquellos yacimientos formados hidráulicamente o que están bajo el agua y también como aquella técnica que utiliza el agua como una herramienta para el arranque o el transporte de los materiales.

La minería aluvionar o marina de aquellos criaderos situados en:

Depósitos hidráulicos	Tierra	- Cauces o paleocauces
	Playas	- < 10 m. lámina de agua
	Lagos	- baja lámina < 30 m.
	Mar	plataforma continental off shore >30 y <300 m lámina profunda >300 m.

Técnica que emplea los siguientes equipos:

Hidromecanización	Arranque	monitores hidráulicos. corte a presión
	Transporte	bombas y tuberías cursos de agua canales



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

IV.- MINERIA HIDRAÚLICA:

La minería hidráulica o aluvial es un método minero de cierta escala que utiliza un sistema de arranque del mineral junto a la planta de concentración, situada sobre una plataforma flotante; también es posible utilizar este sistema en aquellos casos, menos mineros, para la reclamación de zonas pantanosas, dragado de puertos y de canales y para la obtención de arenas, limos o lodos en los ríos o cauces próximos a las grandes ciudades, siendo por tanto el sistema de 2 formas distintas:

EN SECO	Sistema continuo	Dragas, rotopalas, minadores continuos
	Sistema discontinuo	Dragalinas, palas, raspas, excavadoras, mototraillas

Placeres de minerales preciosos o pesados secos, Fosfatos, Potasas, Diamantes, graveras de áridos.

CON AGUA	Sistema continuo	Cubas en rosario, Cubas rotativas Dragas Barcos-dragas, Cabeza cortante
	Sistema discontinuo	Bombas Grúas almejeras, Dragalinas, Raspas, Retroexcavadoras.

El agua como una herramienta para arrancar y transportar el material hasta la plataforma o barco que flota sobre la superficie del lago o del mar. La planta de tratamiento puede estar situada sobre la misma plataforma y los residuos, en este caso vuelven hidráulicamente al fondo o bien se puede transportar el material por una tubería hasta la planta situada en la playa u orilla. (Sn, W, Au y Ag).

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

IV.- MINERÍA HIDRAÚLICA:

El dragado se realiza mediante la realización de sucesivas pasadas de forma transversal al depósito a explotar, de forma que se optimice el desarrollo por obtención de una ley media adecuada y con una menor dilución.

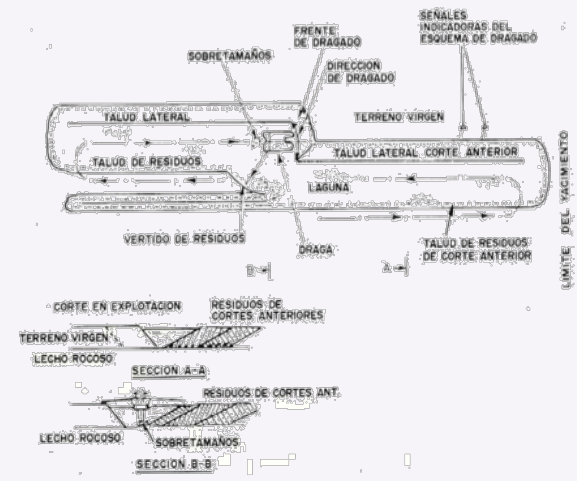
Considerando el dragado como principal elemento de la minería hidráulica, se consideran las siguientes ventajas y desventajas en su aplicación:

➤ **Ventajas:**

- Equipos de alta productividad.
- Costes de operación bajos
- Requieren poca mano de obra.
- Buena recuperación, pero acompañada de alta dilución.
- Operación normalmente continua en la mayoría de los equipos.

➤ **Inconvenientes:**

- Fuertes impactos ambientales.
- Necesidad de agua, de 3.000 a 4.000 l/m³.
- de material explotado.
- Campo restringido a materiales poco consolidados o fácilmente disgregables bajo el ataque hidráulico o combinado.
- Alta inversión de capital con equipos grandes.
- Poca flexibilidad y selectividad.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

IV.- MINERIA HIDRAÚLICA:

El dragado mediante el empleo de monitores de inyección de agua presión se caracterizan por:

➤ **Ventajas:**

- Arranque continuo del material explotable.
- Infraestructura minera reducida.
- Equipos más sencillos y económicos.
- Menores necesidades de personal y con menor especialización.
- Bajo coste de operación

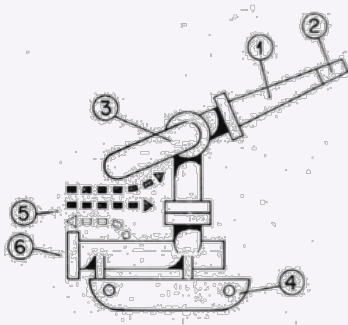
➤ **Inconvenientes:**

- Condiciones específicas del material a arrancar.
- Grandes requerimientos en caudal y presión de agua.
- Necesidad de grandes áreas para vertido de residuos.
- Escasas posibilidades de selectividad.
- Mayores riesgos de segregación y pérdida de las fracciones granulométricas más gruesas en el minera.
- Aplicabilidad del sistema cuando el proceso de beneficio posterior tiene lugar en vía húmeda.
- Condiciones topográficas apropiadas para la circulación de los materiales arrancados.
- Disposiciones restrictivas sobre contaminación e impacto ambiental.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

IV.- MINERÍA HIDRAÚLICA:

Las componentes principales de estos equipos son:



Lanza (1).

Boquilla (2).

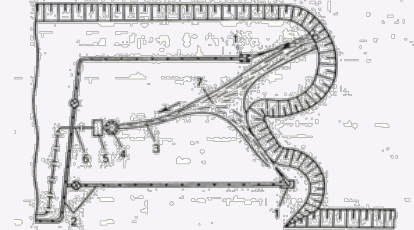
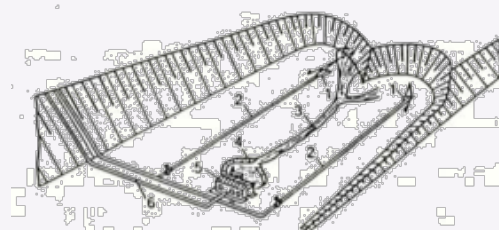
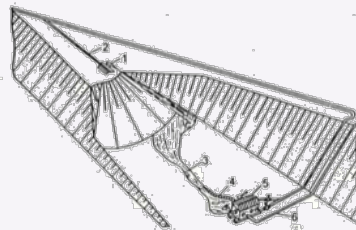
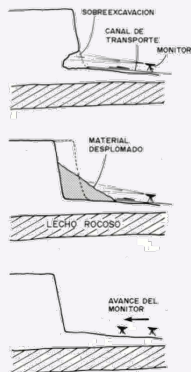
Cuerpo del monitor (3).

Estructura de fijación y apoyo (4).

Mecanismos de accionamiento (5).

Conexión de alimentación (6).

El método de arranque puede ser directo sobre el propio macizo rocoso, o indirecto sobre la pila, con una distancia operativa en ambos casos es proporcional a la altura de banco (H_b), con relación a un factor K corrector que oscila entre 0,8 y 1,2 dependiendo de las características del material y de su cohesividad. $L_{\min} = H_b \times K$



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO: I.- CANTERAS

IV.- MINERÍA HIDRAÚLICA:

El empleo de este método implica que debe tenerse en cuenta:

- Definición del modelo de yacimiento.
- Características físicas de los materiales, especialmente consolidación y granulometrías.
- Características topográficas del área y del lecho de roca o muro del yacimiento que permita el máximo de circulación hidráulica por gravedad.
- Disponibilidad de agua y de áreas para su almacenamiento y regulación, con especial atención a su situación, por la economía que puede suponer el desnivel entre los puntos de almacenado y posición de trabajo del monitor.
- Disponibilidad de áreas para el acopio de residuos.
- Condiciones apropiadas de recuperación de los minerales o productos frente a variaciones de densidad de la pulpa o regularidad en sus caudales.
- Situación de la Planta de tratamiento o beneficio, que deberá emplazarse tan próxima al área de explotación como sea posible.
- Normativa oficial existente sobre impacto ambiental, restauración y vertido de efluentes.