

# TEMA 5

# EQUIPOS PARA MINERÍA

# SUBTERRÁNEA



# OPERACIONES MINERAS

## TEMA 5. EQUIPOS PARA TRABAJOS EN MINERÍA SUBTERRÁNEA

Los equipos utilizados en labores mineras subterráneas, se diferencian de los utilizados en las labores a cielo abierto, por las condiciones restrictivas de las faenas mineras, determinadas por elementos de seguridad y estabilidad.

Los mismos tienen capacidades menores y muchas veces, los equipos de carga también ejercen funciones de acarreo del mineral.

En este tema estaremos estudiando algunos de los equipos más comunes en las faenas mineras subterráneas.





Entre los métodos más comunes de explotación (existen variantes de los mismos) están los siguientes:

1) Cámaras naturalmente (auto) sostenidas:

- \* Cámaras abiertas (*open stoping*).
- \* Hundimiento por subniveles (*sublevel stoping*).
- \* Longhole stoping.
- \* Cámaras con soporte de pilares (cámaras y pilares o *room and pillar*).

2) Cámaras artificialmente sostenidas.

\* Laboreo con almacenamiento de zafras (reducción o *shrinkage stoping*).  
Zafra: escombros de una mina o cantera (del árabe: sajra = piedra).

- \* Laboreo por cámaras con relleno (corte y relleno o *cut and fill*).
- \* Laboreo con entibación (fortificación) cuadrada (*square-set stoping*).

3) Hundimiento (*caved stopes*).

- \* Hundimiento de bloques (*block caving*).
- \* Pisos de hundimiento (*sublevel caving*).

## Métodos mineros subterráneos

Métodos de minería subterránea Block – Caving. Este método se emplea en caso de yacimientos que son grandes y masivos. En algunos donde se aplican son aquellos que tiene mayor extensión vertical (Gertsch y Bullock, 1998). Block caving es una técnica en donde la gravedad es utilizada conjuntamente con los esfuerzos de la roca para fracturar y quebrar el macizo rocoso en piezas o trozos mas manejables por las máquinas mineras (Hustrulid y Bullock, 2001).

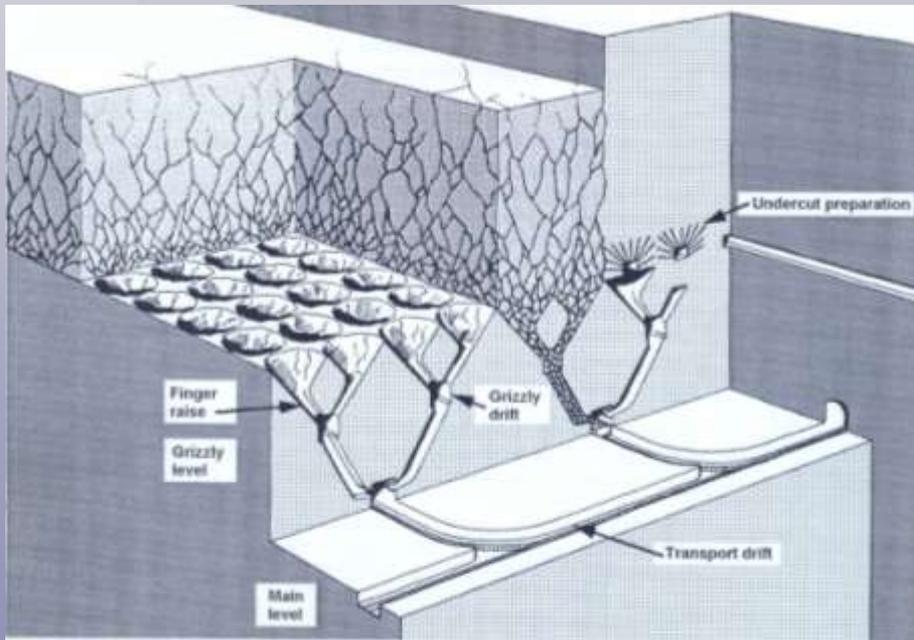
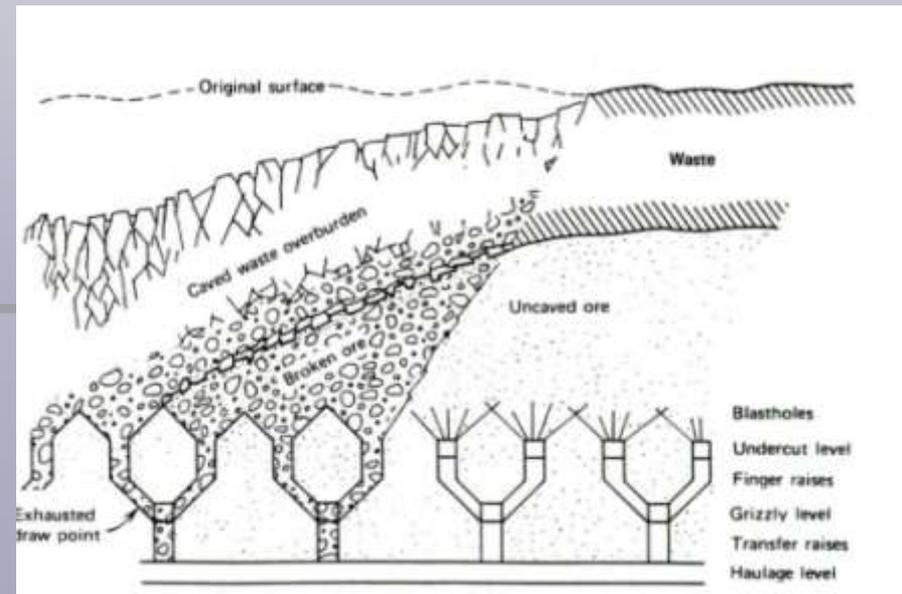


FIGURE 2.13 Block caving in a massive orebody, showing the conventional mining layout



## Métodos mineros subterráneos

Métodos de minería subterránea Cut and Fill. La remoción se realiza en capas horizontales, comenzando por los niveles inferiores sobrecortando y avanzando por encima. Este método es usado en cuerpos minerales abruptamente inclinados, que tienen una estabilidad de buena a moderada y comparativamente una gran potencia (Hustrulid y Bullock, 2001).

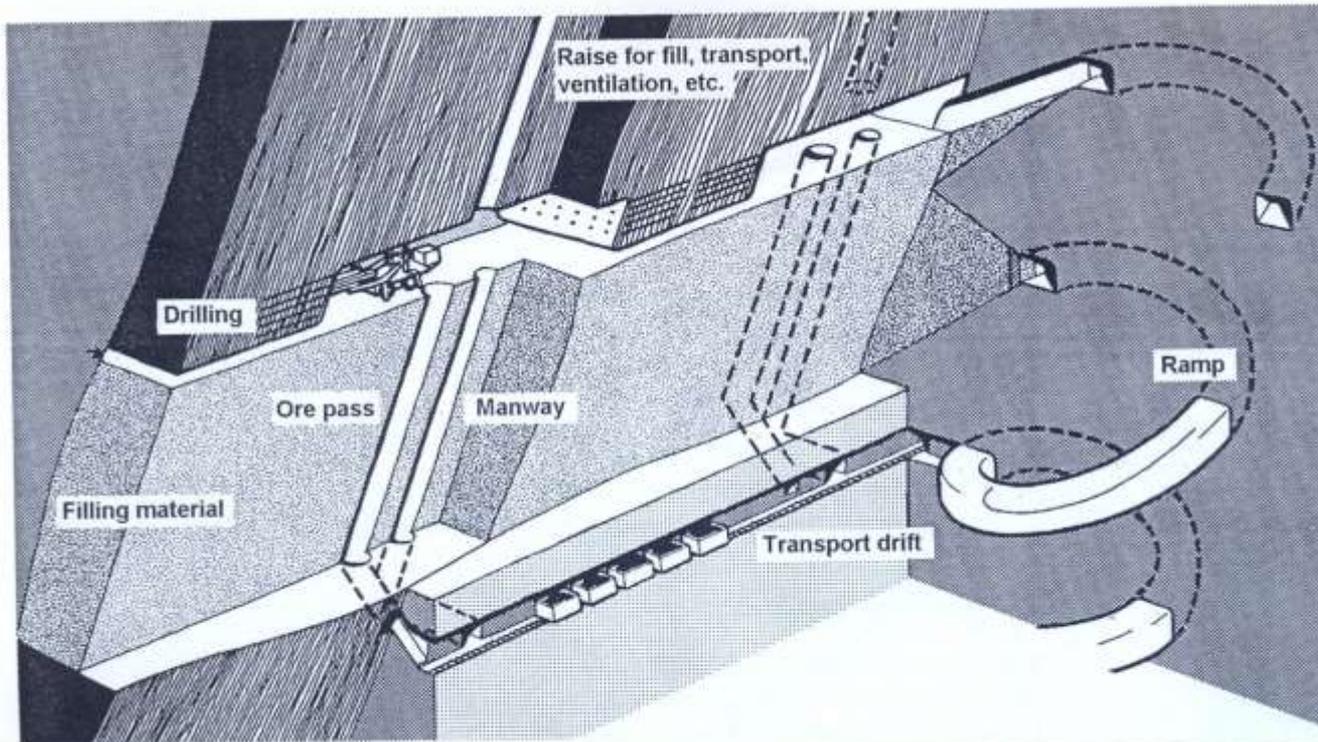
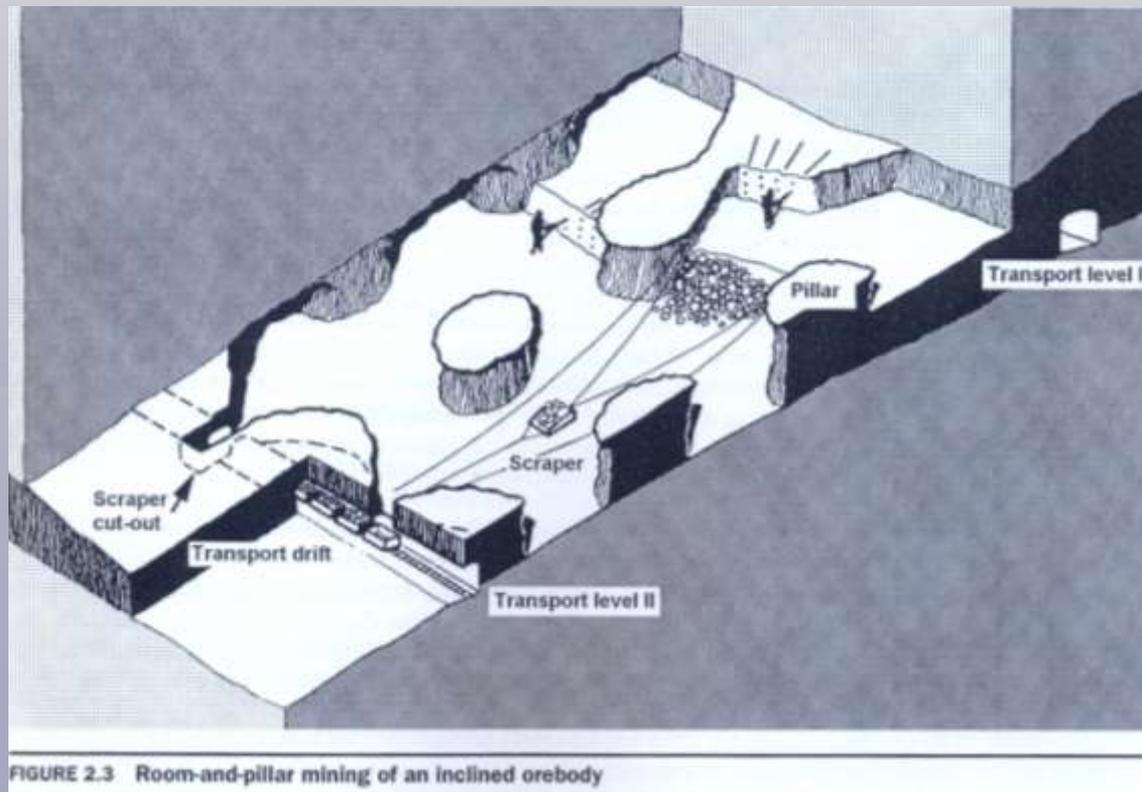


FIGURE 2.8 Cut-and-fill mining in a large vertical orebody

## Métodos mineros subterráneos

Métodos de minería subterránea Cámaras y pilares (Room and pillar). Es diseñado para depósitos de capas planas y limitada por los espesores de cobre, carbón, sal y potasa, dolomita y caliza. Este método es utilizado para recuperar los recursos ubicados en cámaras abiertas (Hustrulid y Bullock, 2001). Es factible sólo en depósitos bastante planos y de espesores limitados (Gertsch y Bullock, 1998).



# Métodos mineros subterráneos

Métodos de minería subterránea Cámaras y pilares (Room and pillar).

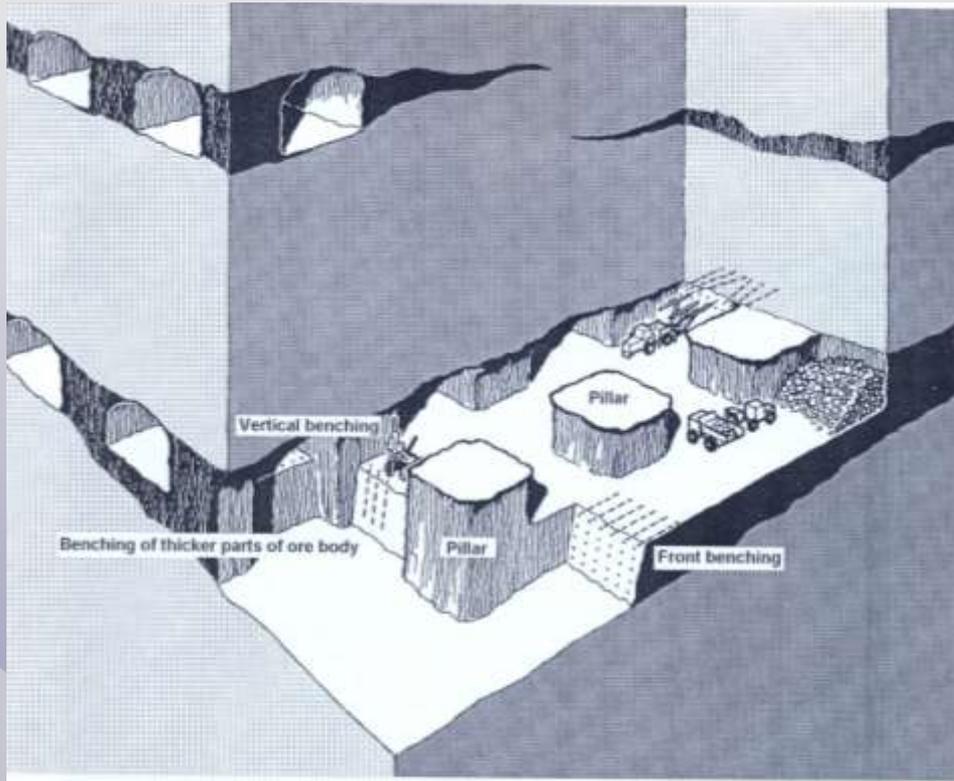


FIGURE 2.2 Room-and-pillar mining of a flat orebody

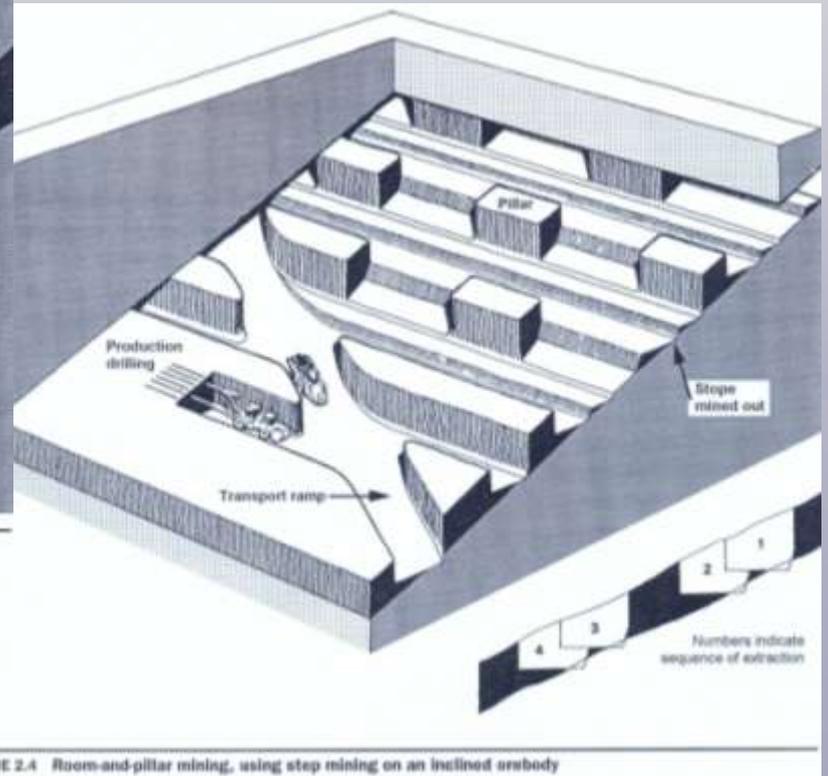
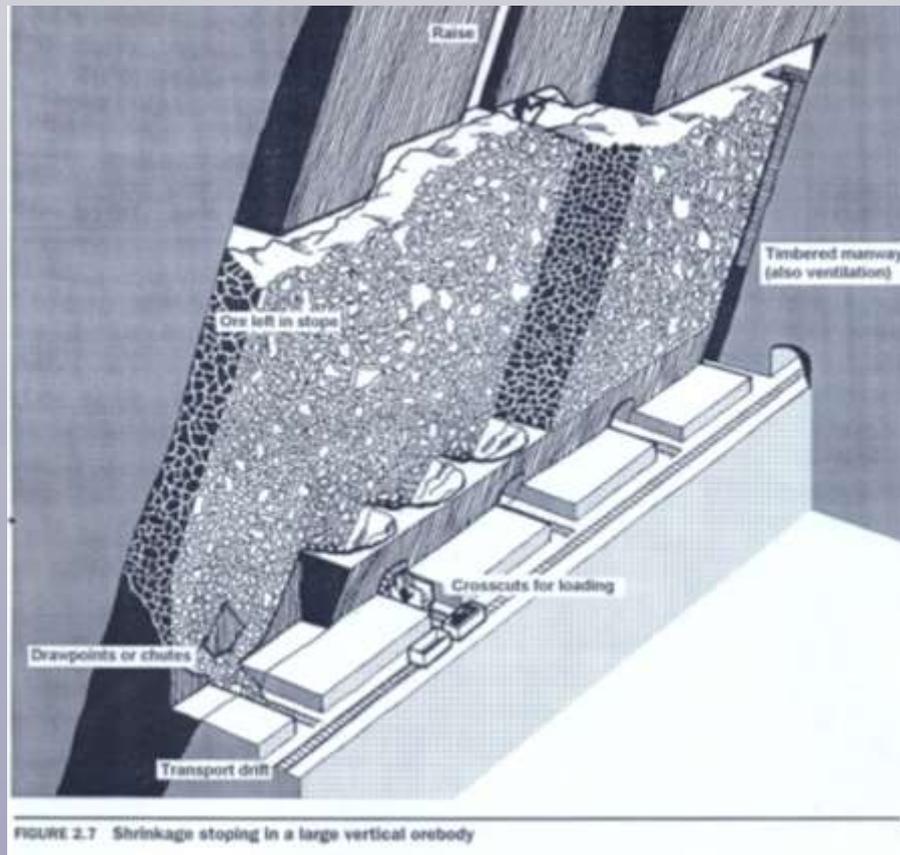


FIGURE 2.4 Room-and-pillar mining, using step mining on an inclined orebody

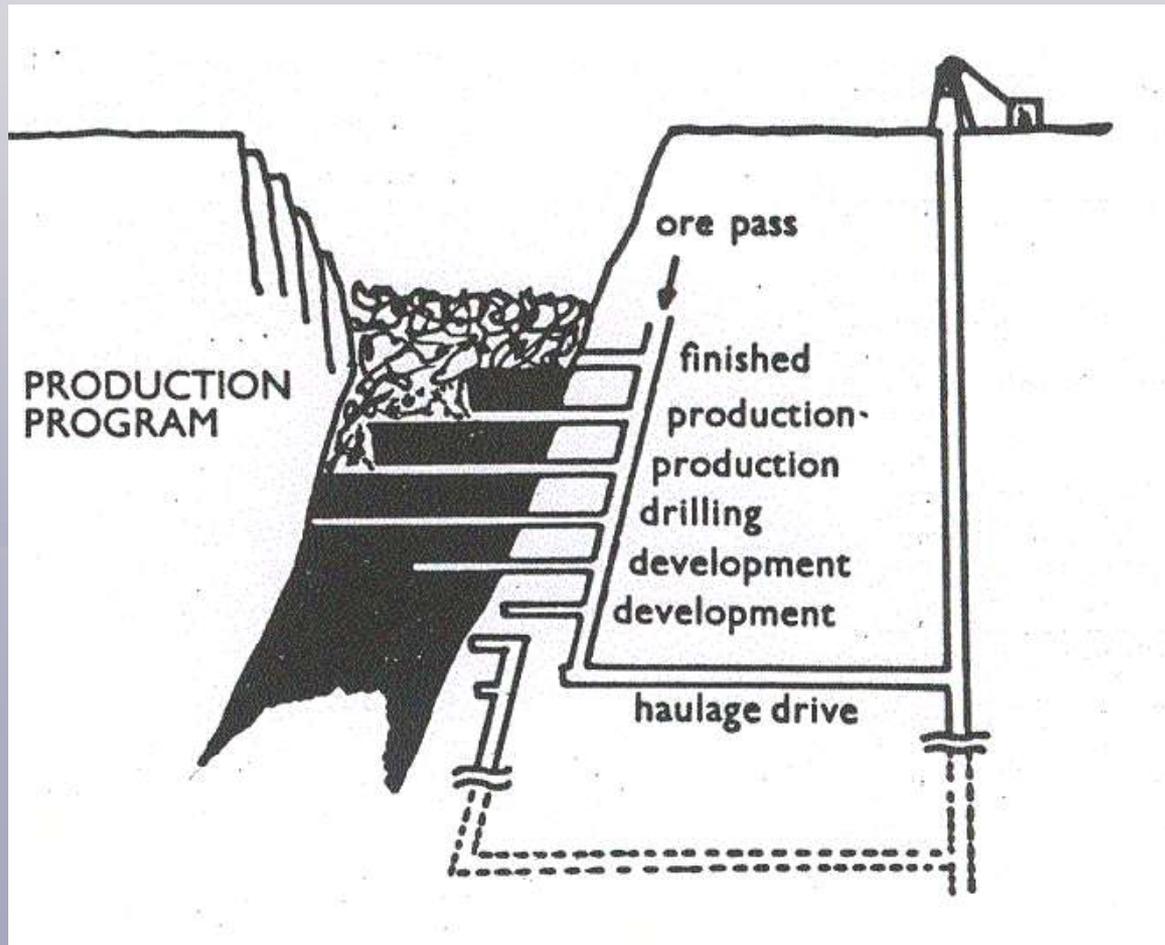
## Métodos mineros subterráneos

Métodos de minería subterránea Shrinkage Stopping. En esta técnica el yacimiento es excavado en planos horizontales comenzando por el tope de la cámara y avanzando ascendentemente (Hustrulid y Bullock, 2001). Se utiliza en yacimientos que pueden ser bastante firmes y relativamente competentes (Gertsch y Bullock, 1998).



## Métodos mineros subterráneos

Métodos de minería subterránea Sublevel Caving. En este método el mineral es extraído por desarrollo de subniveles en el cuerpo mineral a intervalos regulares (Hustrulid y Bullock, 2001).



## Métodos mineros subterráneos

Métodos de minería subterránea excavación por subniveles (Sublevel Stopping). Consiste en la realización de un anillo de perforaciones, a partir de una galería que funge con centro primario de donde se va a quebrar el mineral. El Sublevel stopping es un método donde el mineral es extraído y la cámara a la izquierda es vaciada. En este caso la cámara es bastante larga (Gertsch y Bullock, 1998).

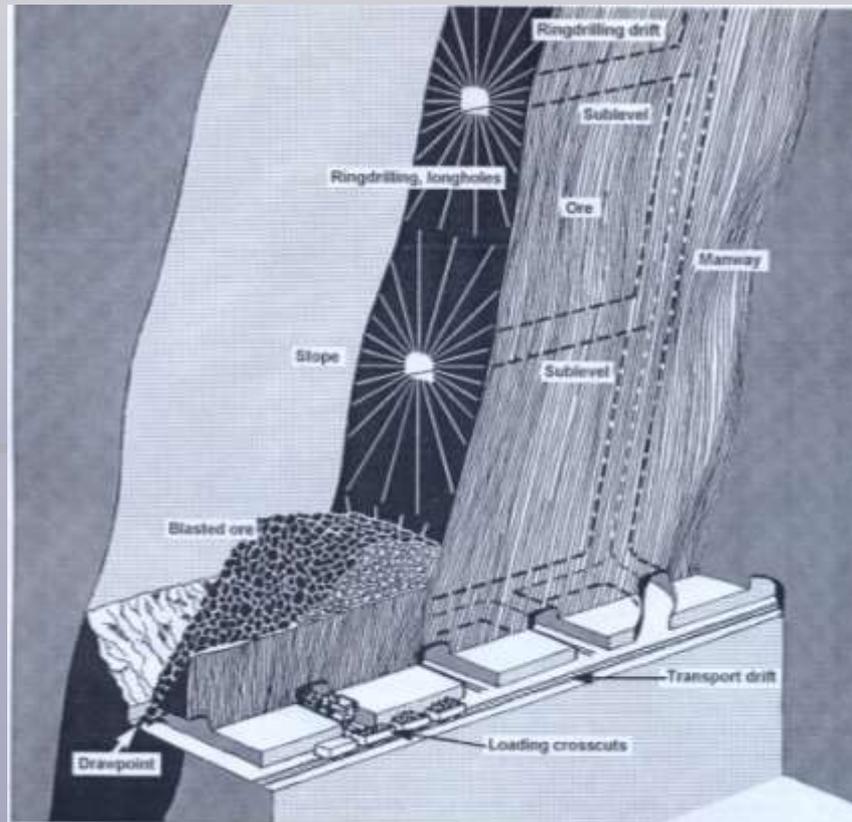


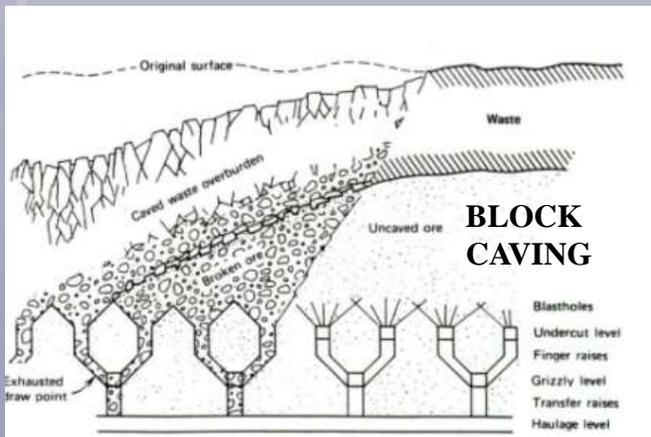
FIGURE 2.5 Sublevel stopping with ring drilling as the primary means of breaking ore



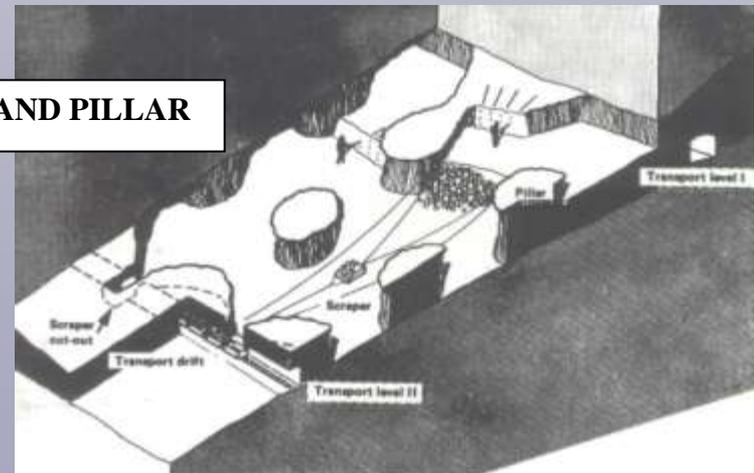
## EQUIPOS DE EXCAVACIÓN Y ACARREO

Algunas veces el transporte se realiza sencillamente por gravedad, como el caso de block caving y sub level stoping, mientras que en otros métodos se emplean equipos como el scraper, palas mecánicas, equipos LHD, etc, como el caso del sub level caving, room and pillar, entre otros.

Salvo los métodos donde el mismo desarrollo de galerías sirve para el arranque, carga y transporte del mineral (Sub level caving, room and pillar), en general se utiliza la gravedad para hacer llegar el mineral arrancado a un punto debajo de la explotación. En este punto el mineral es arrastrado con scraper hacia un coladero o cargado con equipo rodante (palas y camiones, autocargadores, entre otros) hacia un punto de traspaso al nivel de transporte principal.



**ROOM AND PILLAR**



# EQUIPOS DE EXCAVACIÓN Y ACARREO

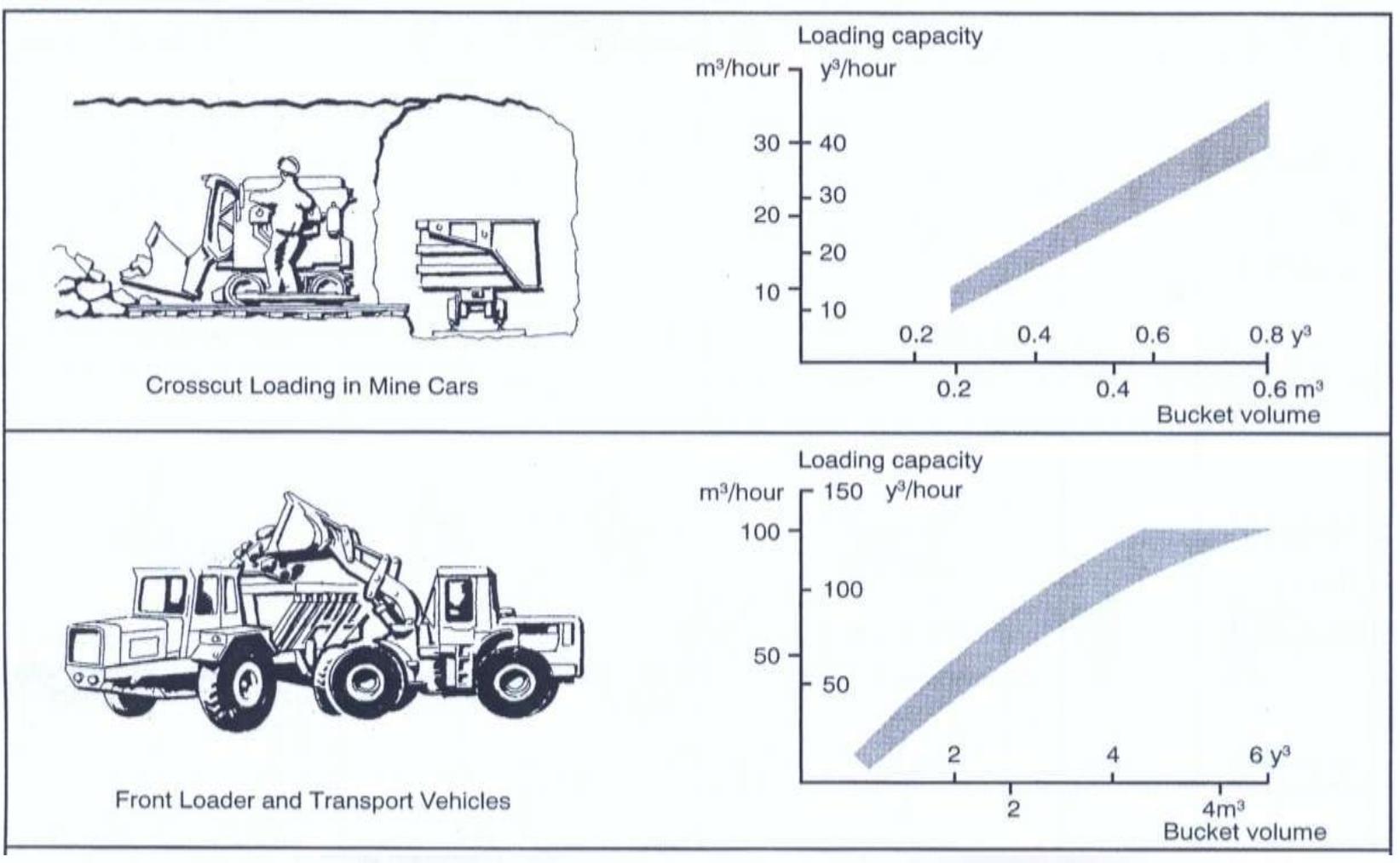
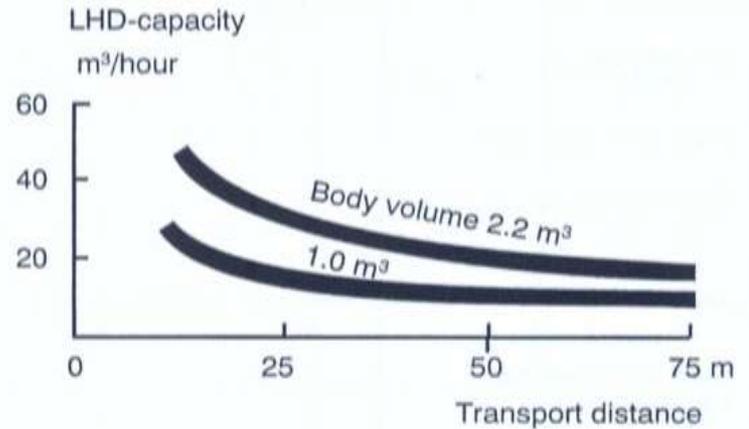


FIGURE 2.19 Common loading methods and performance

# EQUIPOS DE EXCAVACIÓN Y ACARREO



Pneumatic Autoloader



Diesel-driven LHD Loader

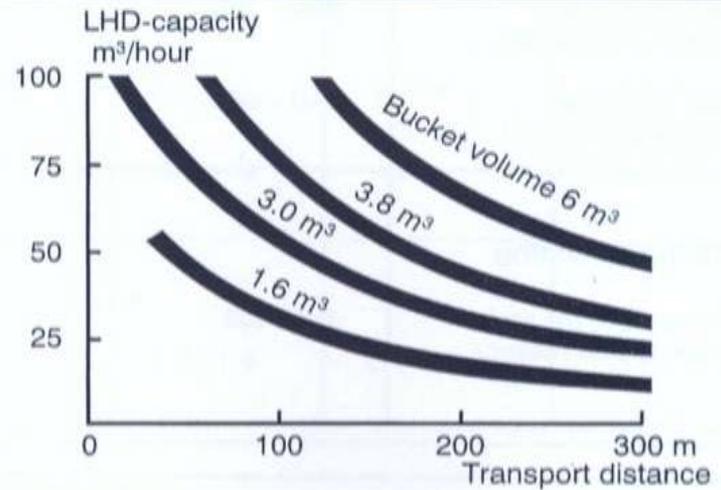
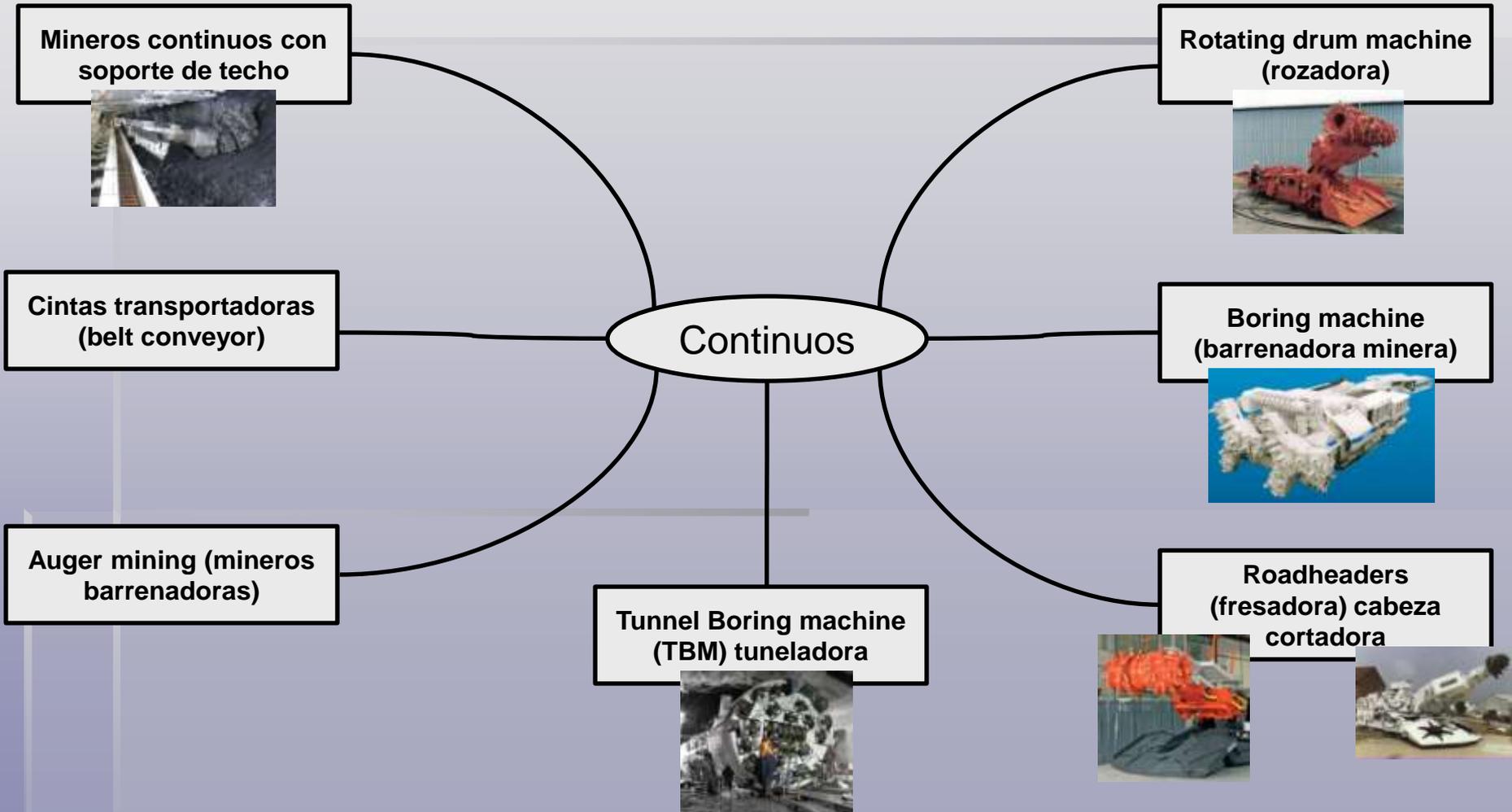


FIGURE 2.19 Common loading methods and performance

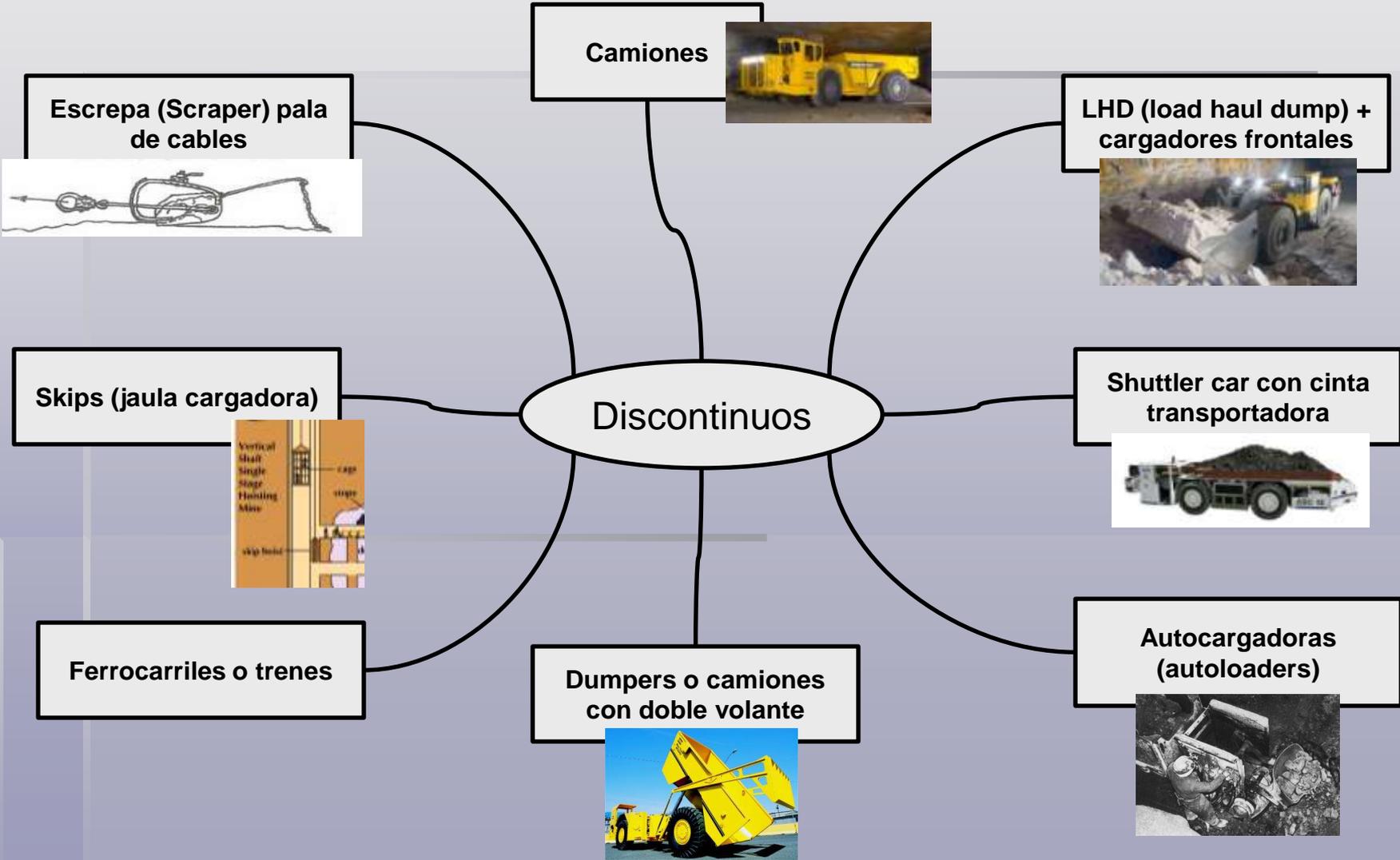
# EQUIPOS DE EXCAVACIÓN Y ACARREO

## Equipos continuos



# EQUIPOS DE EXCAVACIÓN Y ACARREO

## Equipos discontinuos



**EQUIPOS  
MINEROS PARA  
OBRAS  
SUBTERRÁNEAS**

**LAS MÁQUINAS PARA OPERACIONES MINERAS SUBTERRÁNEAS, TIENEN LA FINALIDAD NO SÓLO DE CUMPLIR LAS FUNCIONES PARA LAS CUALES FUERON DISEÑADOS, SINO SER MÁQUINAS MULTIFUNCIONALES QUE PUEDAN REALIZAR VARIADAS TAREAS Y QUE ADEMÁS SEAN MANIOBRABLES EN ESPACIOS REDUCIDOS Y ESTRECHOS, COMO LO SON LOS AMBIENTE MINEROS SUBTERRÁNEOS.**

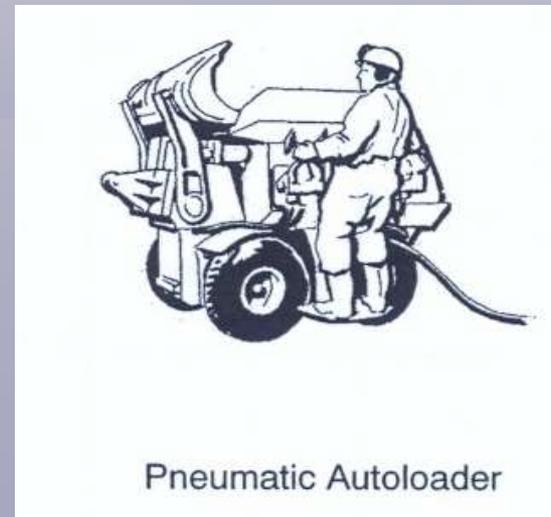
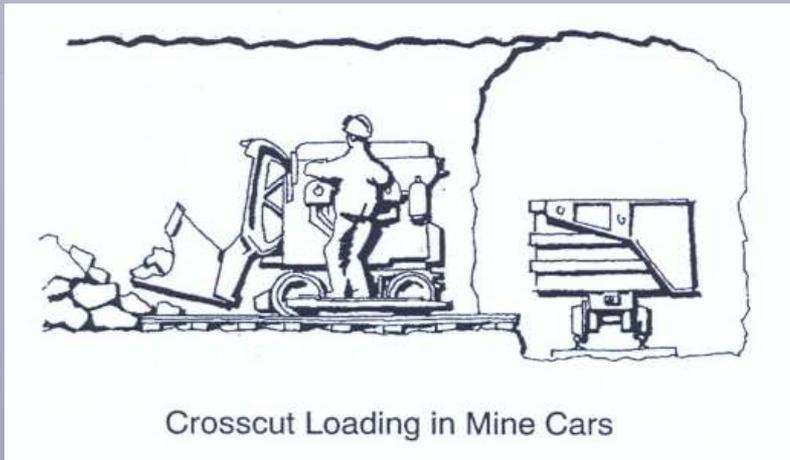


## PALAS CARGADORAS

En las obras subterráneas es empleada con mucha frecuencia la pala cargadora para galería. Está constituida por un elemento tractor sobre el que va montado un bastidor deslizante y giratorio paralelo al plano de simetría de la máquina, en cuyo extremo va acoplada una cuchara.

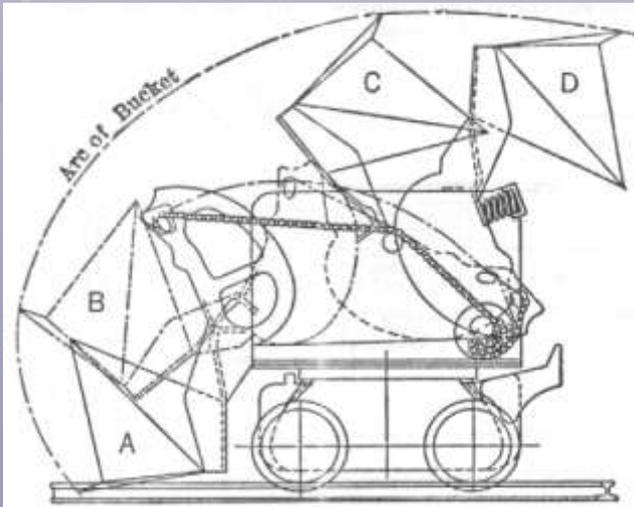
Cuando se procede a la excavación, la cuchara va colocada justamente delante del elemento tractor. La carga se efectúa por avance del tractor contra el montón de escombros a cargar. Una vez llena la cuchara, se vuelca aquélla, dejando su carga sobre la parte trasera del tractor o bien sobre vagonetas dispuestas en este lugar o sobre una cinta transportadora.

Existen dos tipos de palas cargadoras: las que se desplazan sobre vía metálica y las montadas sobre neumáticos.



## Otras máquinas para obras subterráneas.

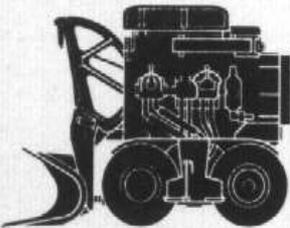
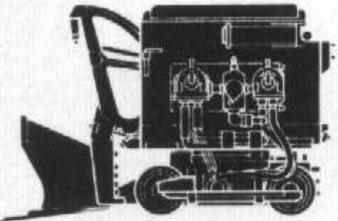
### Palas mecánicas (autocargadoras)



## Otras máquinas para obras subterráneas.

### Palas mecánicas

#### Equipment for hauling and loading

Type of loader		Bucket capacity		Minimum drift dimension			
		m <sup>3</sup>	cu.ft.	H		W	
				mm	in.	mm	in.
<b>Overhead loader</b> Cavo 320 Cavo 520		0.3	10.6	2970	117	2640	104
		0.6	21	3750	148	3070	121
<b>Trackbound Overhead loader</b> LM 36 LM 56 LM 70 LM 250		0.14	5	2160	85	1715	68
		0.26	9.2	2390	94	1790	71
		0.4	14	2820	111	2190	87
		0.6	21	3200	126	2290	91

## AUTOCARGADORES DE AIRE COMPRIMIDO

Son vehículos automóviles que recogen la carga del suelo y la transportan a un lugar determinado. Circulan sobre neumáticos y han sido diseñadas para trabajar en galería principalmente.

Todas estas palas, cargadoras y autocargadoras, han sido diseñadas para ser desmontadas fácilmente en piezas y poder introducirse en las galerías a través de pozos angostos.

Las autocargadoras tienen una capacidad de cuchara que varía entre 0.12 y 0.5 m<sup>3</sup>, con una capacidad de caja entre 0.75 y 2.2 m<sup>3</sup>.



## AUTOCARGADORAS DIÉSEL

Las autocargadoras diésel están diseñadas para cargar y transportar grandes masas de roca y escombros en los lugares en que la distancia a recorrer hace difícil el uso de cargadores y autocargadoras neumáticas.

Las autocargadoras diésel llevan purificadores de los gases de escape del tipo catalítico, así como un filtro de limpieza de los mismos.

Los movimientos de la cuchara y su vuelco con de accionamiento hidráulico, así como un filtro de limpieza de los mismos.

Las autocargadoras pesadas diésel se hacen acompañar de los *dumpers* pesados de galería para el transporte.



## EL SCRAPER

El *scraper* o *rastrillo de cables* es un equipo usado en minería subterránea para mover el mineral en distancias de 20 a 150 mts, en áreas con limitaciones de espacio, pendiente escarpada, condiciones de piso y techo irregular o por consideraciones de seguridad que excluyen el uso de equipos de carga más móviles.

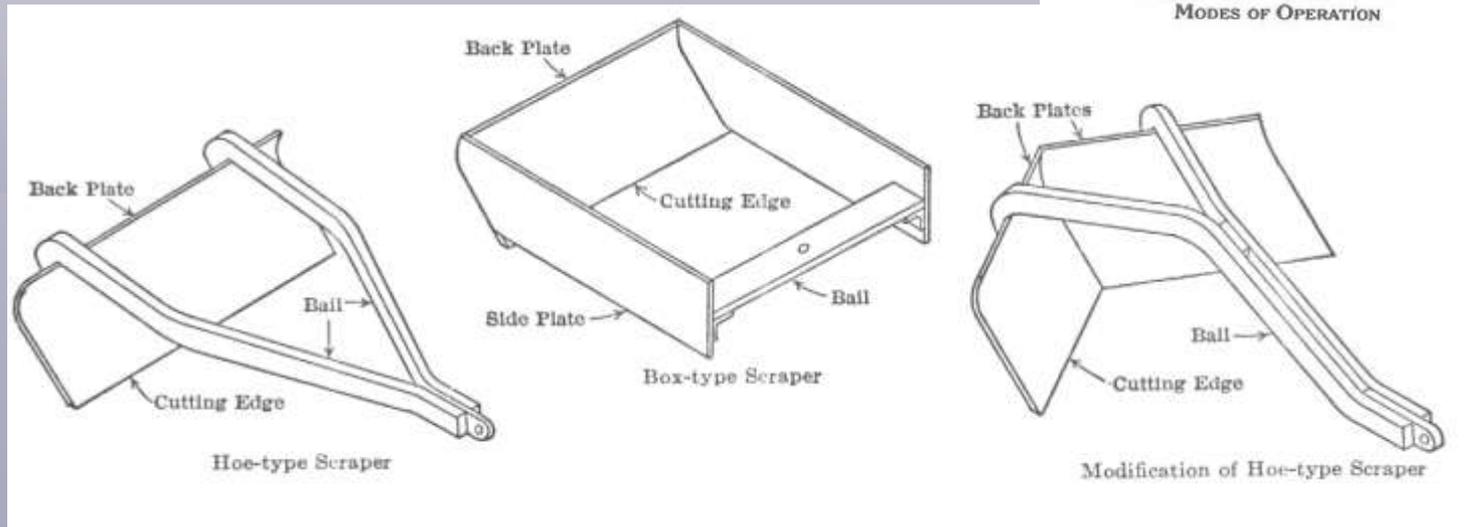


## Partes del scraper

Consiste principalmente en:

- Un huinche de arrastre de 2 ó 3 tambores
- Una cuchara de acero (scraper)
- Cables
- Poleas
- Accesorios (plataforma, control remoto, etc)

## Cucharas de scraper:



## **Utilización de los scraper**

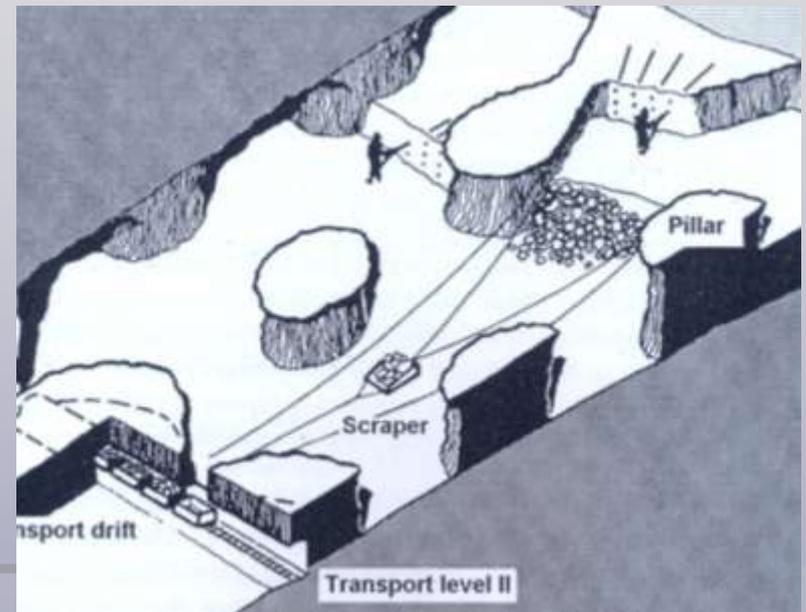
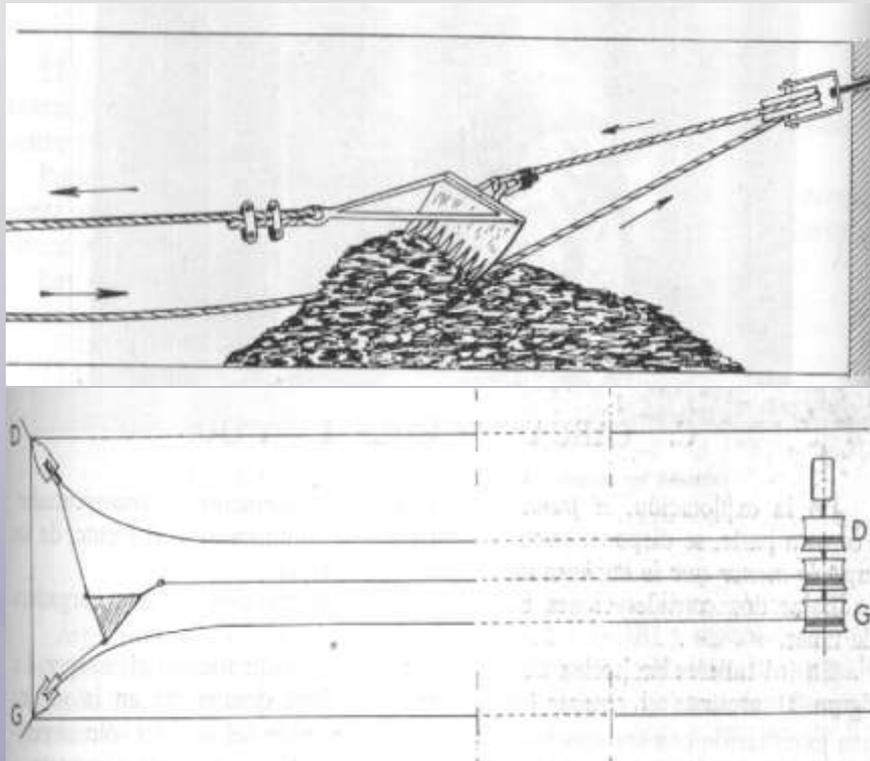
Los huinches de dos tambores se utilizan generalmente en trabajos a lo largo de líneas rectas, tales como:

- Arrastre del mineral en la galería base de una cámara de explotación (por ejemplo explotación en sublevel stoping). El material cae a través de los embudos a la galería del scraper
- Llenado directo de carros de transporte, arrastrando el material hasta una plataforma con una abertura por donde cae el material directamente a los carros.
- Limpieza del avance de una galería inclinada.

En cambio el huinche de tres tambores ofrece una gran variedad de posibilidades para trabajar en el arrastre de materiales en lo extenso de una superficie, por ejemplo, en la cámara inclinada de explotación por medio de room and pillar.

Existe la opción de una operación a control remoto del huinche, con el fin de facilitar las acciones del operador en las áreas sin visibilidad, puesto que puede alejarse del huinche para una mejor inspección del área de trabajo.

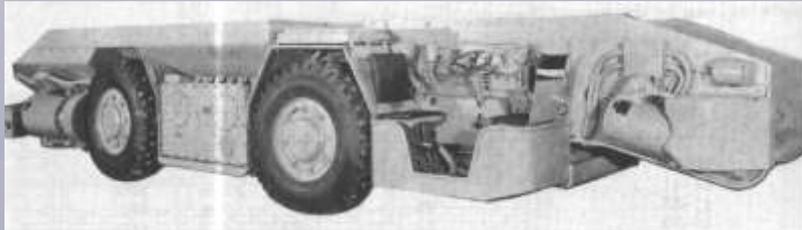
## El scraper. Esquema de trabajo.



## Shuttle Car

Son vehículos montados sobre ruedas neumáticas y el fondo de la carrocería consiste en una cinta transportadora metálica que se acciona a voluntad del operador para lograr el mayor aprovechamiento de la capacidad disponible. Para vaciar la carga se opera la cinta en sentido contrario.

El shuttle car opera hacia delante y hacia atrás, razón por la cual la cabina de conducción tiene dos asientos, uno frente al otro con el volante al medio, para facilitar tal operación en uno u otro sentido.



## Shuttle Car



## Dumpers

Se llama “dumpers” un tipo de camiones de volteo de bajo perfil, con motor diesel, que mediante un sistema sencillo pueden ser manejados en ambos sentidos, cambiando simplemente la posición del volante.



# Dumpers



## **Mineros continuos (*rotating drum machine*)**

Son equipos de trabajo sobre el frente de trabajo. Posee una cabeza y brazos movibles. En la cabeza puede tener uno o más elementos cortantes (generalmente de carbono-turstenos), con lo que arranca el material del frente.

El sistema de arranque es directo, el material cae en el frente, el cual es conducido por una cinta transportadora fuera del frente y permitiendo una segunda fase de acarreo que puede ser con más cintas transportadoras, trenes y ferrocarriles, cargadores frontales o camiones.

Este equipo utiliza fuerza de corte total en toda la cabeza cortante, para romper el material en el frente de trabajo. Si el equipo es manejado con el operador adentro la altura del techo de trabajo puede llegar a 20 pies (6 metros), mientras que si la operación se hace a control remoto, la altura de corte se puede incrementar hasta 40 pies (12 metros).

La principal limitación física de la máquina está en la altura de la misma.

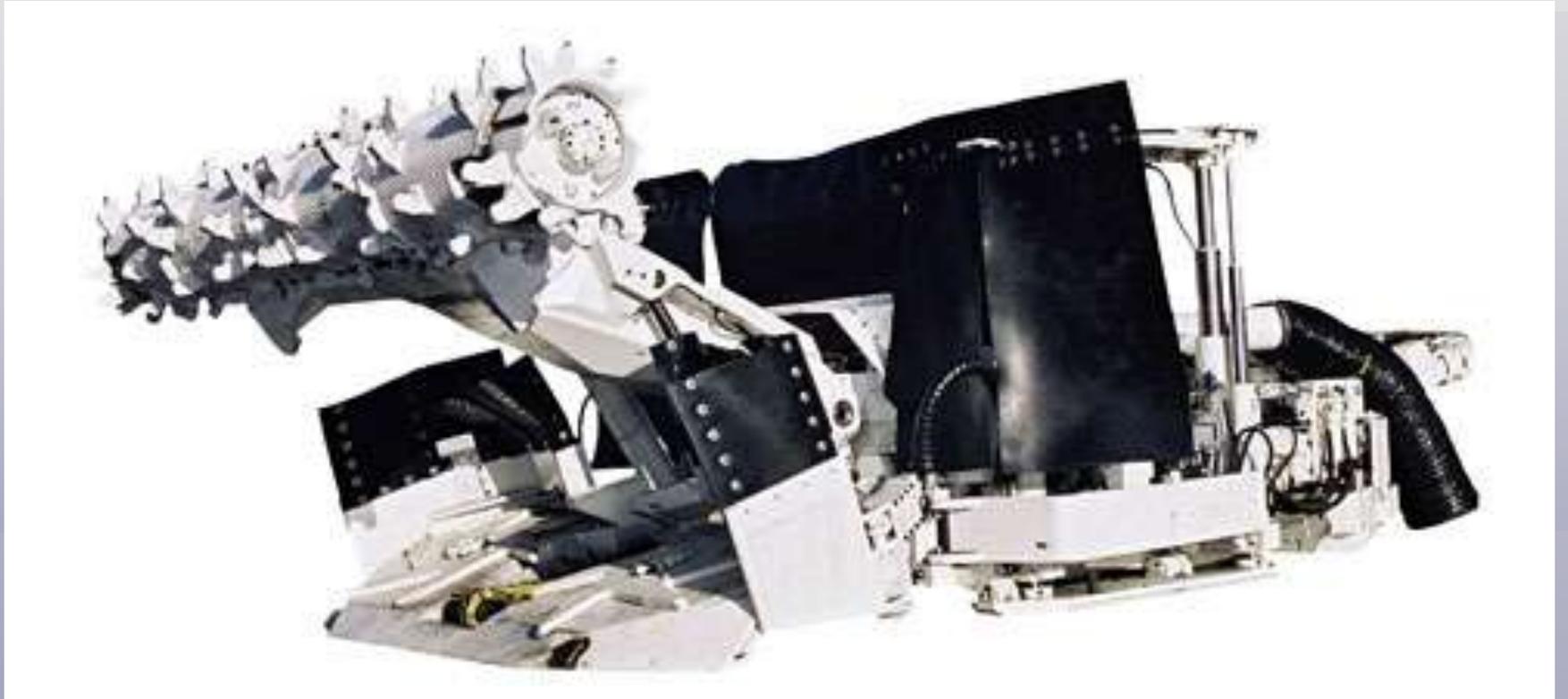
## Mineros continuos (rotating drum machine)



## Mineros continuos



## Mineros continuos



## Mineros continuos



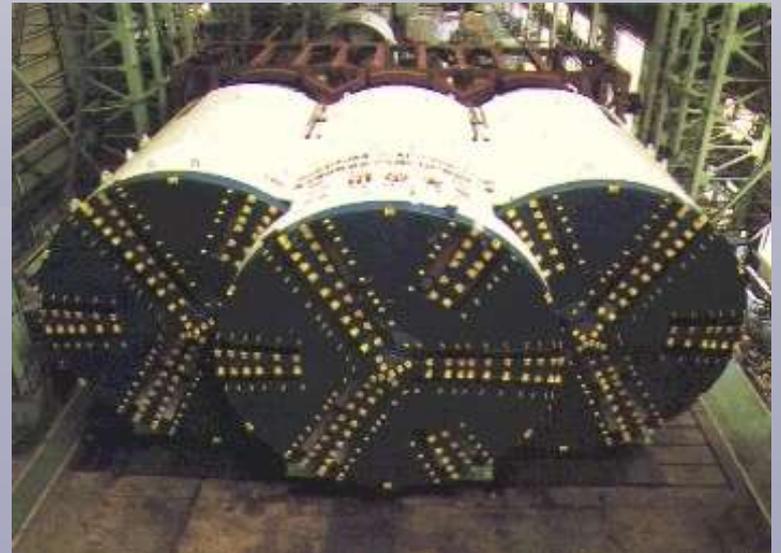
## Tuneladora (*tunnel boring machine, TBM*)

Es una máquina de excavación de frente completo (*full face*). Están hechas según las características del proyecto. Dados los avances en materia geotécnica se han dado importantes avances tecnológicos de la TBM.

Las principales limitantes de éstas máquinas son las inesperadas zonas de fallas, especialmente con arcillas y agua; variaciones en la dureza de la roca, abrasividad (contenido de cuarzo), dureza, laminación, saltos de falla, entre otros. Las formaciones falladas, con saltos y fracturados son las geologías que pueden presentar mayores problemas, a diferencia de las rocas sanas o poco fracturadas.

Una de las principales diferencias entre una cabeza rotante (*roadheader*) y las TBM, es que las segundas pueden excavar a sección completa, en las que se puede controlar (gracias a los avances tecnológicos), la dirección o el gradiente (pendiente). El avance de las “*roadheader*” pueden llegar entre 15 a 84 metros semanales y el de las TBM de 50 a 200 metros semanales.

## Tuneladora (*Tunnel boring machine, TBM*)



## Cabeza cortadora o fresadora (*Roadheader*)

En un principio estas máquinas se utilizaron en minería de rocas duras y servían para perfilar techos arqueados. Estos equipos se usan para cortar materiales que son mas duros de cortar con los mineros continuos, los cuales pueden convertirse en una desventaja pues la productividad se reduce por la dureza del material.

Usualmente, éstas máquinas se usaron para carbón o para rocas relativamente blandas, el cual lleva incorporado un motor adosado al *boom* (brazo) para el elemento cortante, el cual trabaja por un engranaje y un piñón.

Algunas de estas máquinas tienen un brazo (*boom*) articulado que permite movimientos telescópicos, el cual busca que la cabeza cortante, llegue lo más lejos posible en el frente y generalmente de forma vertical.

Muchas de estas máquinas tienen brazos telescópicos, que pueden pesar hasta 20 toneladas (18t).

## Cabeza cortadora o fresadora (*Roadheader*)

El diseño de la cabeza cortante puede variar dependiendo las necesidades. Muchas son relativamente cortas, el cual puede variar en forma dependiendo el frente de trabajo. Otras cabezas pueden ser largas, cónicas, espirales, las cuales contienen gran cantidad de ganchos (*picks*) que son los elementos que están en contacto con la roca, haciendo que se minimice la vibración.

Los ganchos son los “puntos de ataque” de la maquina a la roca, los cuales son generalmente cónicos, especialmente para los usados en rocas duras, pudiendo algunas veces parecerse a puntas de cinceles o tener puntas pentaprismáticas. El ángulo y disposición de estos ganchos o *picks* pueden ser diseñados en función de las condiciones particulares de la roca a trabajar.



## Mineros continuos



## Mineros continuos

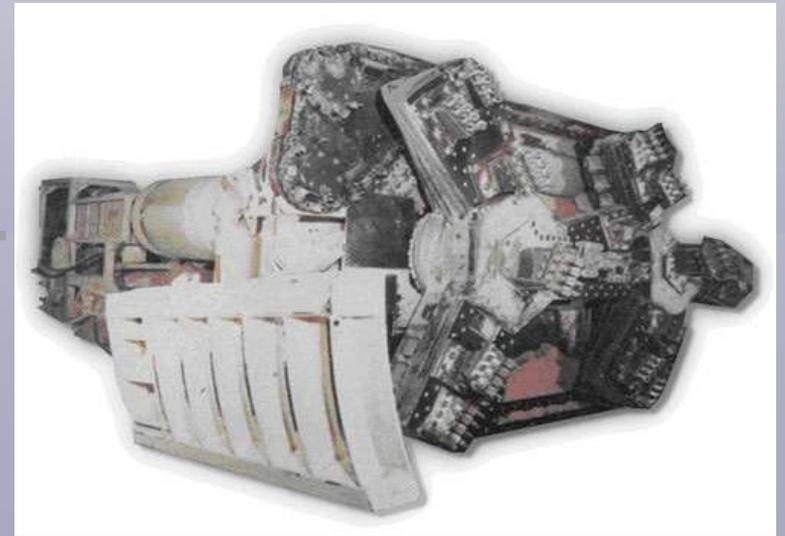


## Mineros barrenadoras (*Auger mining*)

Uno de los mayores problemas de diseño en el pasado era la forma de barrenar con un tipo de máquina minera continua en frentes bajos. El resultado, luego de investigaciones en este tipo de frentes, es una máquina que tiene adosados elementos cortantes en forma de espirales a un pedestal grande, lo cual permitió convertirla en una buena máquina, ideal de afrontar este tipo de frentes bajos. Las cortadoras gemelas de la barrenadora (*auger*) tienen un corte efectivo de 1,5m de profundidad, el cual está disponibles en los diámetros en pulgadas de 20, 24 y 28" (508, 610 y 711mm), para una altura máxima de minado de 762, 864 y 1041mm (30, 34 y 41") respectivamente, el cual puede ser bajado o subido a voluntad del operador.

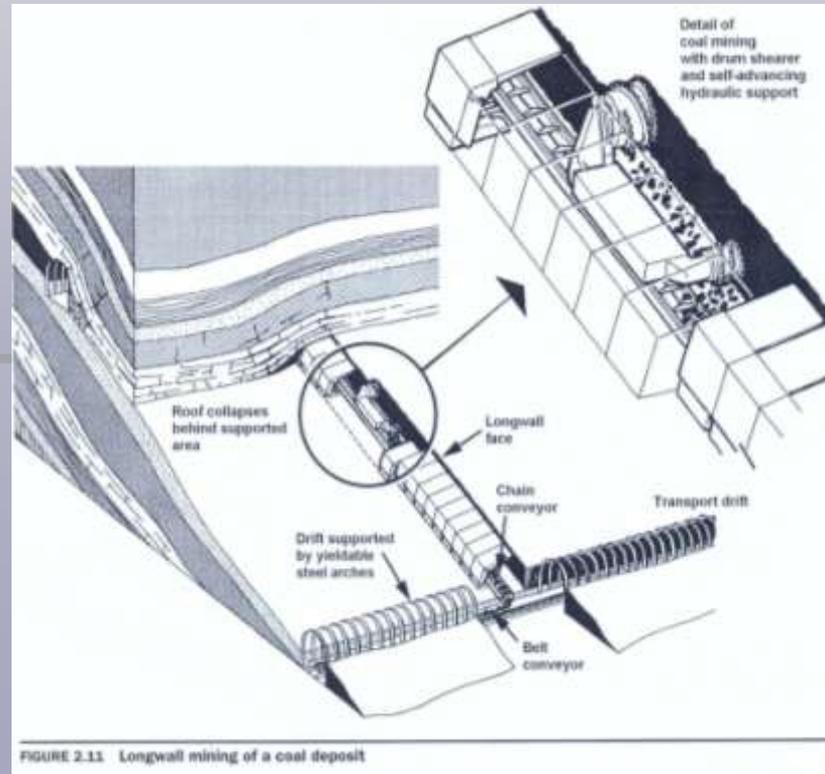
En operación, el *auger mining* es posicionado para que el lado de la cabeza con las barrenadoras queden al nivel de piso. Una de las ventajas del equipo es que el movimiento rotatorio de las barrenadoras, ayuda a mantener por más tiempo la capacidad de corte. Esto puede reducir el riesgo de accidentes e incidentes al hacer mantenimiento a estas máquinas. Adicionados, están dos pivotes a cada una de las esquinas posteriores que sirven para evitar movimientos no deseados cuando se está trabajando en los cortes.

## Mineros continuos (*Auger mining*)



## Mineros continuos con soporte de techo

Este tipo de máquina se usa en el método de *longwall mining* (o pared larga), el cual es aplicable a depósitos relativamente delgados y para este tipo de máquina, de roca blanda. Esta máquina se dispone a todo lo largo del manto de carbón y cuenta con un techo adosado que le permite sostener el techo del frente donde se encuentra trabajando, dejando colapsar los mantos que quedan detrás a medida que avanza la extracción.



## Cargador LHD (Load – Haul – Dump)

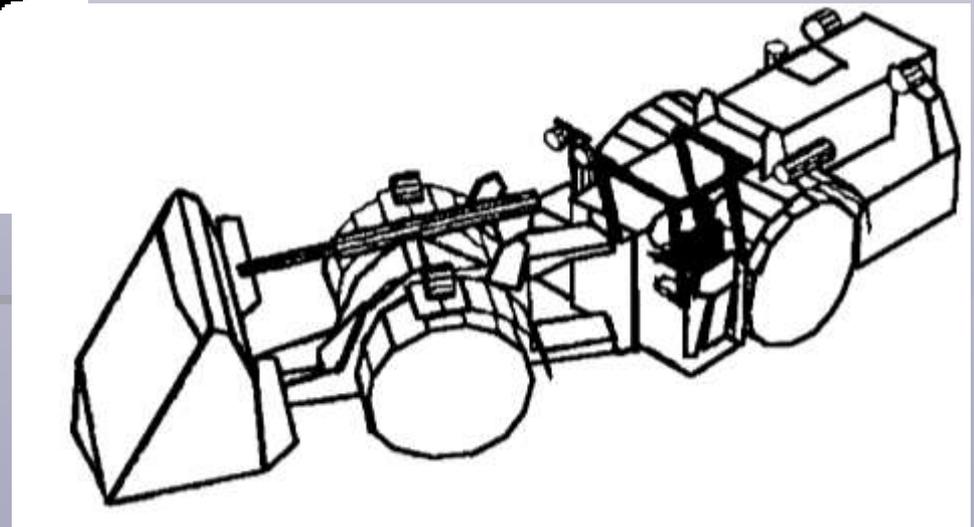
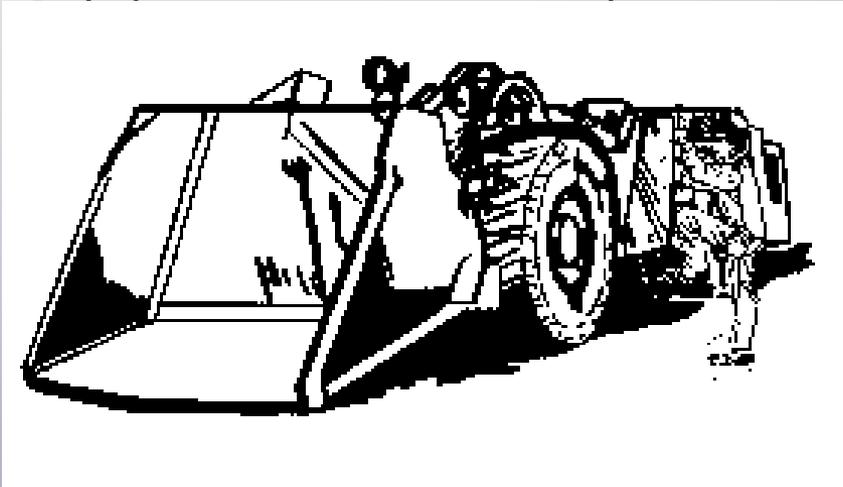
El cargador LHD es una maquina cargadora – transportadora. Es una especie de cargador frontal móvil diseñado para carga y acarreo subterráneo. Es un vehículo con un contenedor (balde) grande en el frente, usado para el transporte de mineral a las estaciones de trituración o a otra estación de carga intermedia (usado en el método *sublevel caving*, *sublevel stoping*, corte y relleno, y cámaras y pilares).



## Otras máquinas para obras subterráneas.

### Load-Haul-Dump (LHD) (Carga-acarrea)

Equipo usado en minas dependiente de la altura y ancho de la mina.



Fuente: [www.uq.edu.au/eaol/oct97/tyson/tyson.html](http://www.uq.edu.au/eaol/oct97/tyson/tyson.html)

## Cargadores subterráneos



## Camiones subterráneos



## Otras máquinas para obras subterráneas. Equipos de soporte

### Equipos para perforación y voladura



## Otras máquinas para obras subterráneas.

### Perforadora para voladuras



## Empernadora de techos y transporte de soportes de techo



## Motoniveladora



# **Combinaciones de equipos de carga y acarreo + método de explotación**

<p><b>Cámaras y pilares</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargadores frontales</li> <li>• LHD</li> <li>• Camiones</li> <li>• Dumpers</li> </ul>	<p>El LHD es usado en cuerpos minerales delgados</p>
<p><b>Cámaras y pilares inclinados</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scraper o pala de arrastre</li> <li>• Ferrocarril</li> </ul>	<p>Empleado para cuerpos minerales inclinados</p>
<p><b>Minería por niveles (step mining)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones</li> <li>• LHD</li> </ul>	<p>También usado para cuerpos minerales inclinados</p>
<p><b>Sublevel stoping o sublevel open stoping</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• LHD</li> <li>• Ferrocarriles</li> </ul>	<p>Por razones de seguridad los LHD son operados por control remoto</p>
<p><b>Shrinkage stoping (reducción)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargadores frontales</li> <li>• Ferrocarriles</li> </ul>	
<p><b>Bighole stoping (barrenos largos)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• LHD</li> <li>• Ferrocarriles</li> </ul>	

<p><b>Vertical crater retreat (VCR) o cráter vertical</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• LHD</li> </ul>	<p>El LHD es operado por control remoto. Este método se usa en caso de rocas competentes</p>
<p><b>Cut and fill (corte y relleno)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• LHD + dumpers</li> <li>• LHD + camiones</li> </ul>	
<p><b>Longwall mining (pared larga) en roca blanda</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minero continuo con soporte hidráulico</li> <li>• Cintas transportadoras</li> </ul>	
<p><b>Longwall mining en roca dura</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escrepa o pala de arrastre</li> <li>• Ferrocarril</li> </ul>	<p>Usado en minería aurífera</p>
<p><b>Sublevel caving (excavación por subniveles)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• LHD</li> </ul>	<p>La carga y el acarreo se hace con LHD</p>
<p><b>Block caving (excavación por bloques)</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• LHD o cargadores</li> <li>• Ferrocarriles</li> </ul>	<p>Es usado en depósitos masivos</p>