

Impacto Ambiental de la Producción Energética

Tema 4.1. Explotación de recursos energéticos



Juan Carlos Canteras Jordana
Xabier Eduardo Moreno-Ventas

Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y
del Medio Ambiente

Este tema se publica bajo Licencia:

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



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

Resumen ejecutivo

- Restauración de espacios:

Restauración o **Recuperación** de espacios degradados en la obtención de recursos energéticos.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

- 4.1.1. Recursos energéticos.
- 4.1.2. Explotaciones en minería energética.
- 4.1.3. Elección del tipo (método) de explotación minera.
- 4.1.4. Características de los tipos de explotación.
- 4.1.5. Impacto ambiental y restauración de los terrenos.
- 4.1.6. Explotaciones a cielo abierto:
 - 4.1.6.1. Submétodos de explotación a cielo abierto.
 - 4.1.6.2. Criterios para la selección del submétodo de explotación a cielo abierto.
 - 4.1.6.3. Submétodos de Corta.
 - 4.1.6.4. Submétodos de transferencia.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.1. Recursos energéticos

- Hay recursos energéticos como el carbón y los hidrocarburos (gas, petróleo) que requieren para su aprovechamiento de **explotación minera**.
- Otros recursos energéticos necesitan la realización de una **obra civil**: embalses para energía hidroeléctrica, parques eólicos (en tierra o en el medio marino) para la energía del viento, instalación de placas solares, etc.
- Al referirnos a la **restauración (o recuperación) de los terrenos** afectados por la obtención de recursos energéticos, **las explotaciones mineras son las que causan más problemas**.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.1. Recursos energéticos

- **Minería energética:**

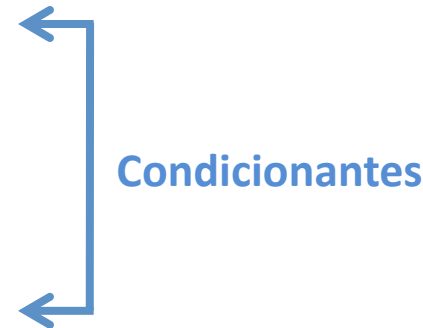
- Más complejo.
- Más costoso.
- Más difícil.



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

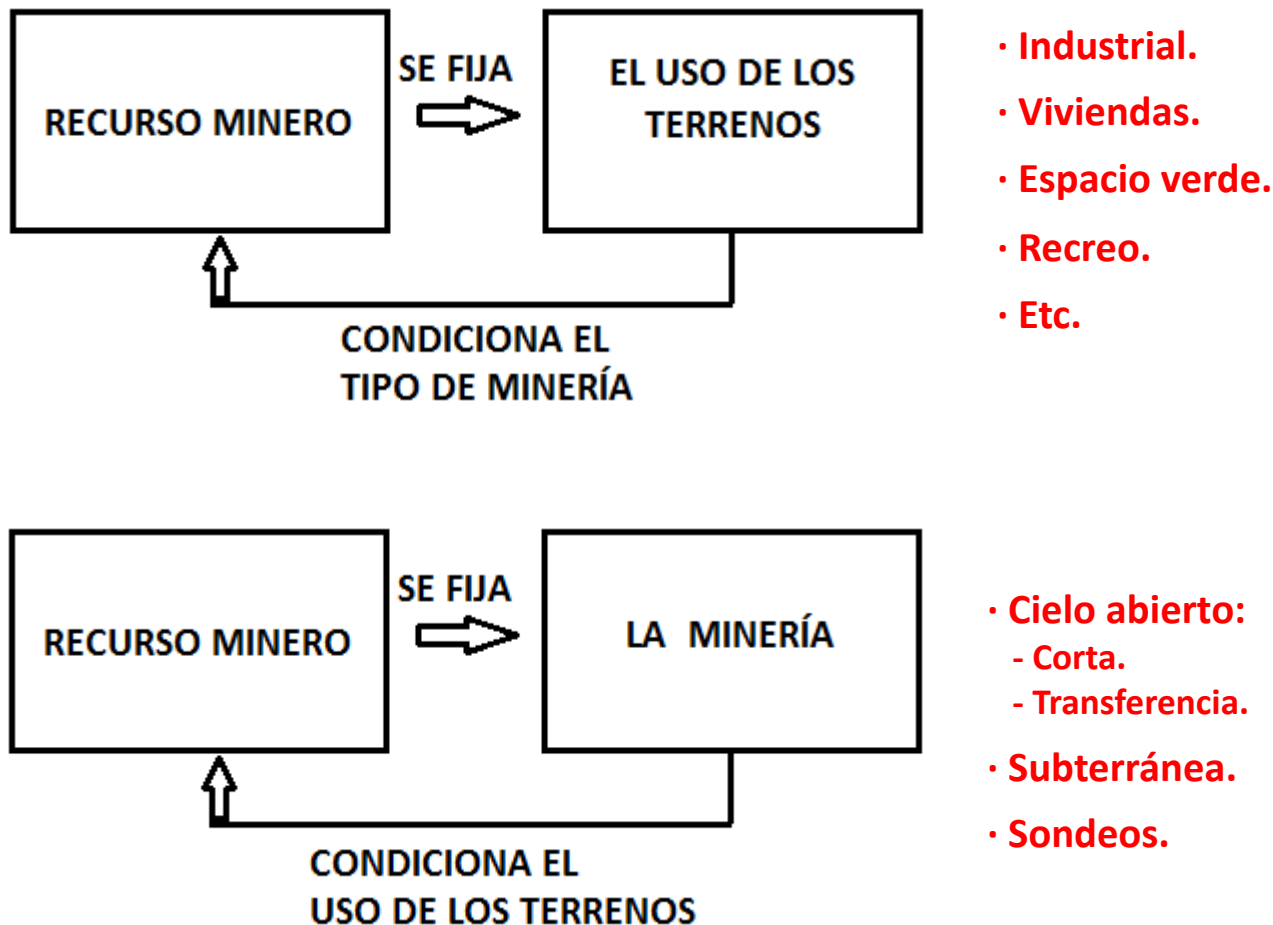
4.1.2. Explotaciones en minería energética

- **Explotaciones mineras (= minería):**
 - Conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento.
- **La restauración o recuperación de los terrenos** afectados por minería y el **éxito de su integración** en su entorno dependen:
 - **Del tipo de explotación:**
 - Hueco creado (en superficie).
 - Creación de escombreras exteriores.
 - Posibilidades de autorrelleno.
 - Creación de lagunas de residuos.
 - **De la reutilización de los terrenos (nuevo uso).**



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.2. Explotaciones en minería energética



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.2. Explotaciones en minería energética

- **Situación más desfavorable:**

- Cuando la explotación minera da lugar a la:
 - Formación de hueco (minería a cielo abierto).
 - Creación de escombreras fuera del hueco (exteriores).
 - Creación de lagunas de residuos.



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.2. Explotaciones en minería energética

- **Las distintas maneras de explotar un yacimiento:**
 - Tipos o métodos de explotaciones mineras producción de energía:
 - Minería a cielo abierto.
 - Minería subterránea.
 - Minería por sondeos.
 - Minería subacuática.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.3. Elección del tipo (método) de explotación minera

1. Factores económicos: rentabilidad:

- Ratio: estéril/mineral.
- La profundidad del yacimiento:
 - **Minería a cielo abierto o superficial:** yacimiento superficial, sin material de recubrimiento o de escasa potencia (0-50 m).
 - **Minería subterránea:** yacimientos profundos.
- Coste de la restauración.

2. Tipo de mineral.

3. Factores ambientales:

- Los impactos ambientales.
- Facilidades para la restauración de los terrenos.

4. Factores sociales:

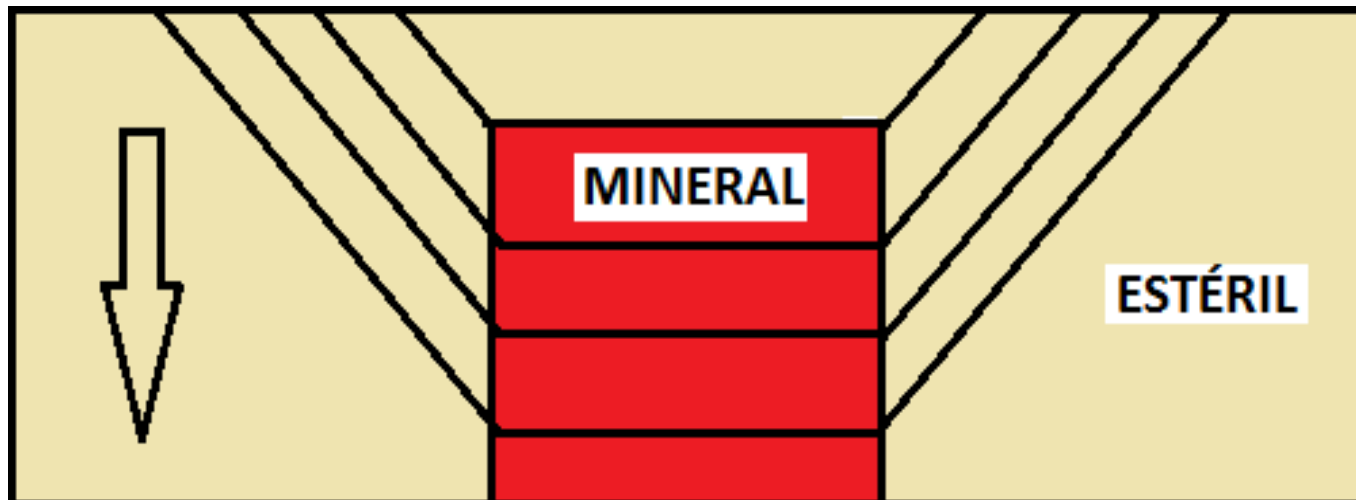
- Empleo, paro, rechazo social.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.3. Elección del tipo (método) de explotación minera

• **Ratio:** relación estéril/mineral  condiciona:

- La viabilidad económica de la explotación. 
- La profundidad de la explotación en minería a cielo abierto. 
- La facilidad para la restauración de los terrenos. 



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.4. Características de los tipos de explotación

- **Minería a cielo abierto:**

- Grandes volúmenes de materiales que se transfieren en la minería.
- Gestión de elevadas cantidades de estériles.
- Presas de residuos.
- Escombreras fuera del hueco (según tipo de explotación).
- Ocupación en superficie de grandes cantidades de terrenos.
- Apertura de grandes huecos.
- Elevado impacto paisajístico.
- **Restauración onerosa de los terrenos afectados.**

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.4. Características de los tipos de explotación

- Minería a cielo abierto.



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.4. Características de los tipos de explotación

- Minería subterránea:

- Reducido volumen de estériles.
- Menor problemática de la gestión de los huecos producidos.
- **Nulo o escaso impacto paisajístico.**

- Minería por sondeo:

- Altas cotas de automatización del proceso.
- **Elevadas producciones (rentabilidad) con relativo poco personal.**
- **Riesgo de contaminación del medio.**

- Minería subacuática:

- **Riesgos de contaminación del medio.**
- **Competencia con otros usos y recursos.**

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.5. Impacto ambiental y restauración de terrenos

- El tipo de explotación más problemático, desde el punto de vista ambiental, es la **minería a cielo abierto**.
- **Impactos negativos de la minería a cielo abierto, causas:**
 - Alteraciones geomorfológicas:
 - Grandes huecos excavados.
 - Grandes depósitos de estériles (escombreras exteriores, presas de residuos).
 - Contaminación de escorrentías, eliminación y contaminación de suelos.
 - En minas metálicas y de carbón: acidificación de agua y suelo.
 - Emisiones de polvo: excavaciones, voladuras, transporte de material.
 - Producción de ruidos y vibraciones.
 - Eliminación de vegetación y biotopos faunísticos.
 - Ocupación de amplias superficies de terreno.
 - **Elevada huella antrópica.**



Exige

Restauración, reutilización de los terrenos

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.1. Submétodos de explotación a cielo abierto

- Explotación a cielo abierto: el recurso está en superficie o a escasa profundidad (0-50 m).
- En relación con la producción de energía:
 - **Submétodos de Corta:**
 - Corta tradicional (metálica, **sin posibilidad de autorrelleno**, escombreras exteriores).
 - Corta de carbón (**autorrelleno parcial**, escombreras interiores y exteriores).
 - **Submétodos de transferencia (autorrelleno total, sin escombreras exteriores):**
 - Sistema americano.
 - Sistema alemán.
 - Minería de contorno.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.2. Criterios para la selección del submétodo de explotación a cielo abierto

- Factores principales de los que depende:

- **Del tipo de yacimiento:**

- Forma del yacimiento.
 - Inclinação del yacimiento.
 - Niveles de mineralización.
 - Tipo de roca.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

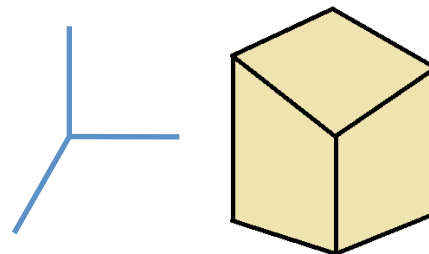
4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.2. Criterios para la selección del submétodo de explotación a cielo abierto

• Tipos de yacimientos por su forma:

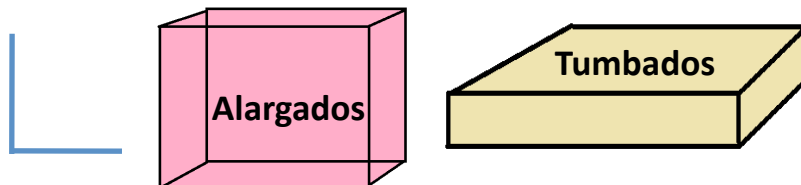
– Isométricos:

- Depósitos masivos que se extienden en las **tres direcciones**.



– Filonianos:

- Se extienden sobre **dos direcciones** preferentes.



– Columnares:

- Se extienden en **una dirección** preferente.



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.2. Criterios para la selección del submétodo de explotación a cielo abierto

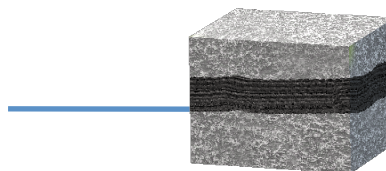
• Tipos de yacimientos por su inclinación:

– Horizontales:

- Ángulo de inclinación del yacimiento con el plano horizontal: comprendido entre 0-15° sobre el plano horizontal.

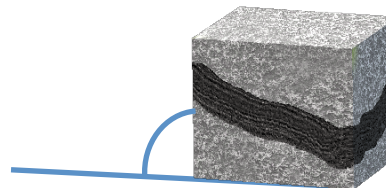
– Tumbados:

- Ángulo de inclinación comprendido entre 15-30°.



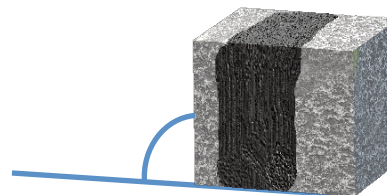
– Inclinaos:

- Ángulo comprendido entre 30-70°.



– Inclinaos:

- Ángulo e inclinación entre 70-90°.



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.2. Criterios para la selección del submétodo de explotación a cielo abierto

- Tipos de yacimientos según niveles de mineralización:

- **Simples:**

- Se caracterizan por una estructura homogénea, sin presencia de otros niveles mineralizados o inclusiones.

- **Complejos:**

- Pueden contener, junto con minerales con altas leyes, masas de mineral pobre. La explotación se realiza de forma selectiva para evitar la pérdida o dilución del mineral aprovechable.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.2. Criterios para la selección del submétodo de explotación a cielo abierto

- Tipos de yacimientos según el tipo de roca:

- Yacimientos donde el recubrimiento de estéril y el mineral son rocas compactas.
- El recubrimiento es blando y el mineral es compacto.
- El recubrimiento y el mineral son blandos y de origen sedimentario.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

- Se aplica:
 - En yacimientos **masivos o isométricos**.
 - **Horizontales a inclinados**.
 - Roca de recubrimiento dura: **voladura** como técnica de arranque.
- Explotación: se lleva a cabo **tridimensionalmente por banqueo descendente** mediante secciones transversales (cortas) en forma troncocónica:
 - a) Corta tradicional.
 - b) Corta de carbón, adaptado a la minería de carbón (1970).

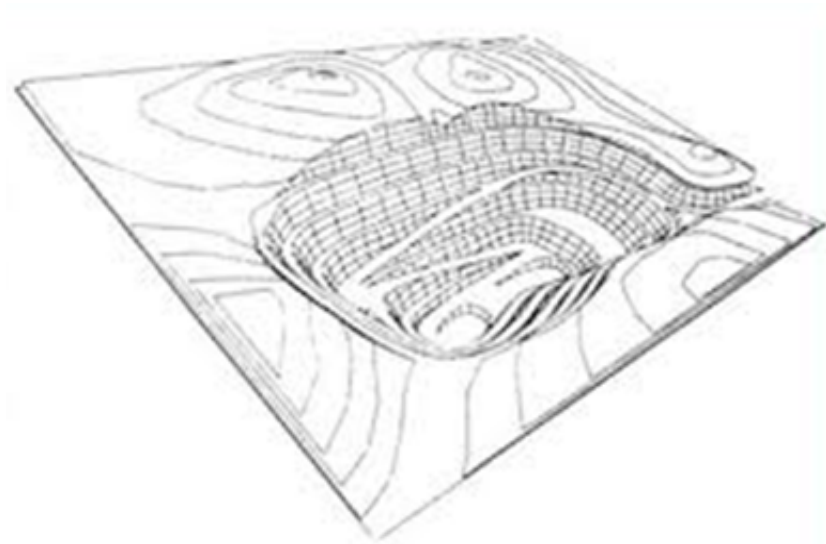
4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

a) Corta tradicional:

- Minería metálica.
- Profundidades de explotación: de hasta 300 metros.
- Creación de **gran hueco** con un **gran volumen de estériles en escombreras exteriores**.



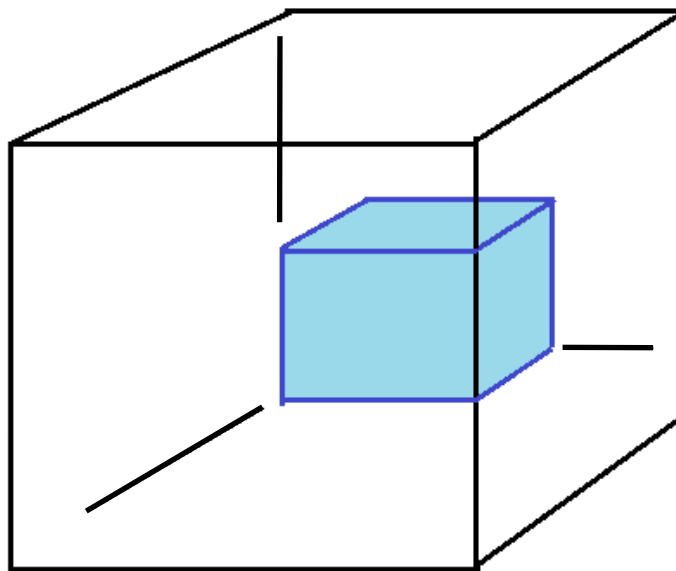
4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

a) Corta tradicional:

- Yacimientos masivos: isométrico (tridimensionales).
- Yacimientos de horizontales o inclinados.



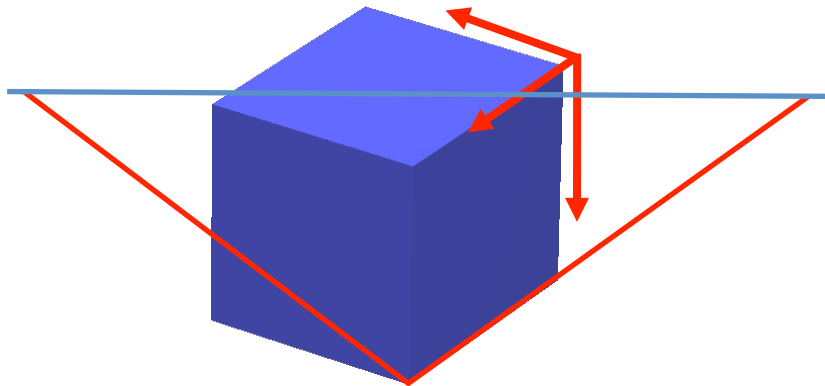
4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

a) Corta tradicional (metálica):

- Explotación tridimensional por banqueo descendente mediante secciones (cortas) transversales en forma troncocónica.



Yacimientos masivos o
isométricos

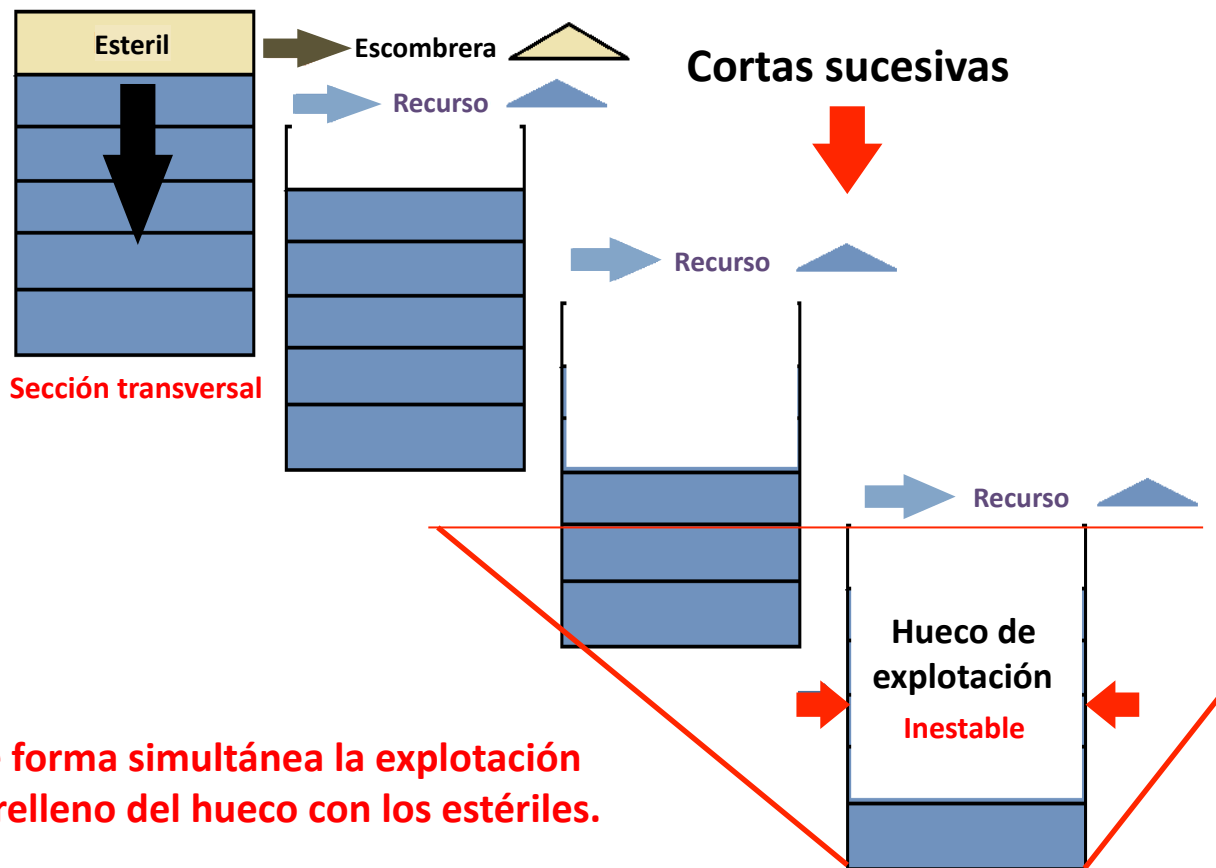


4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

a) Corta tradicional:



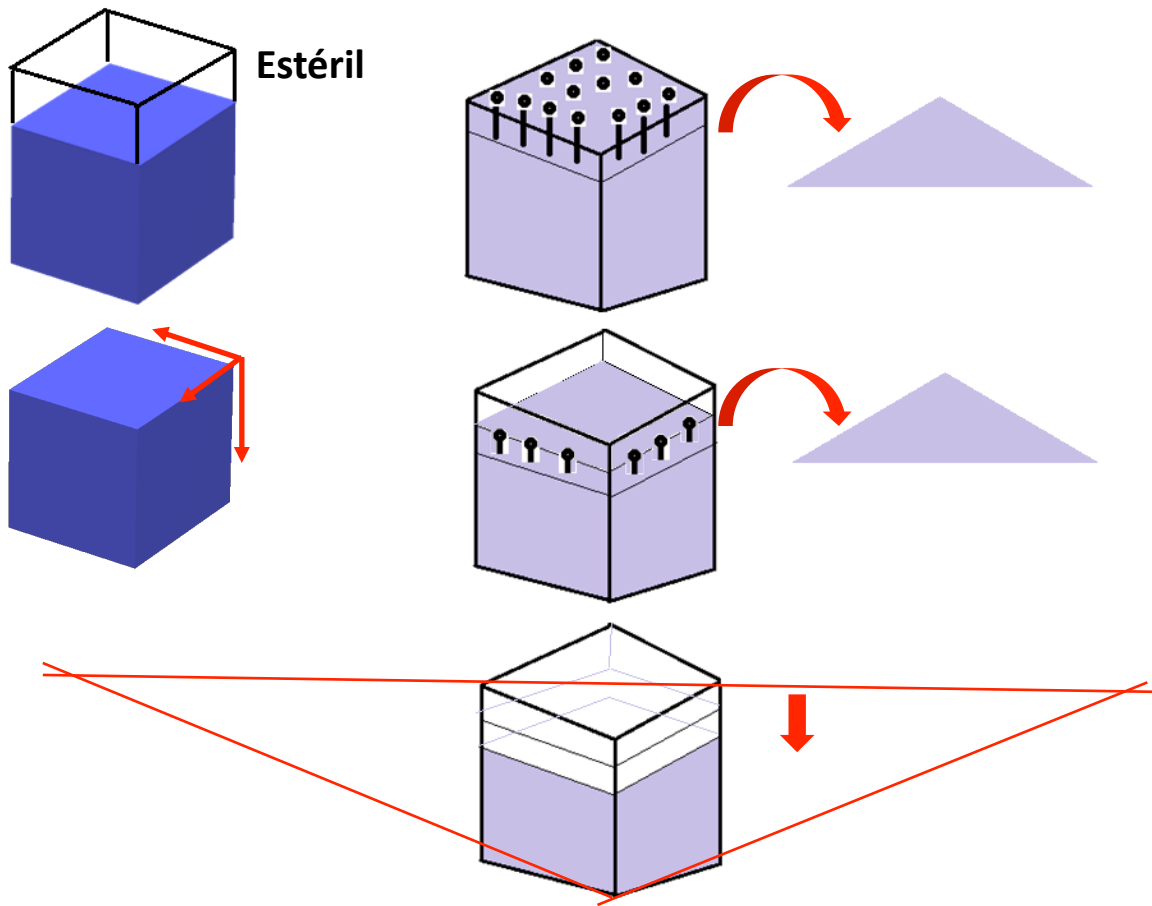
No es posible de forma simultánea la explotación del mineral y el relleno del hueco con los estériles.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

a) Corta tradicional:

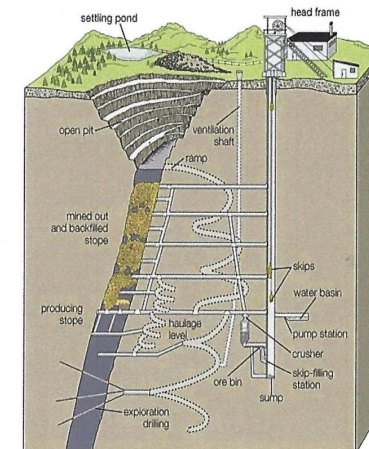
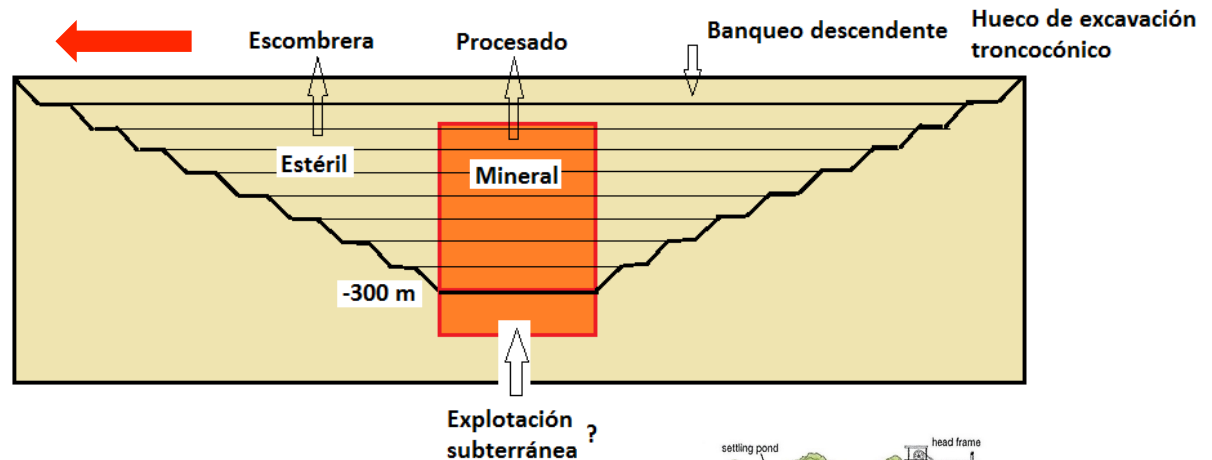


4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

a) Corta tradicional:

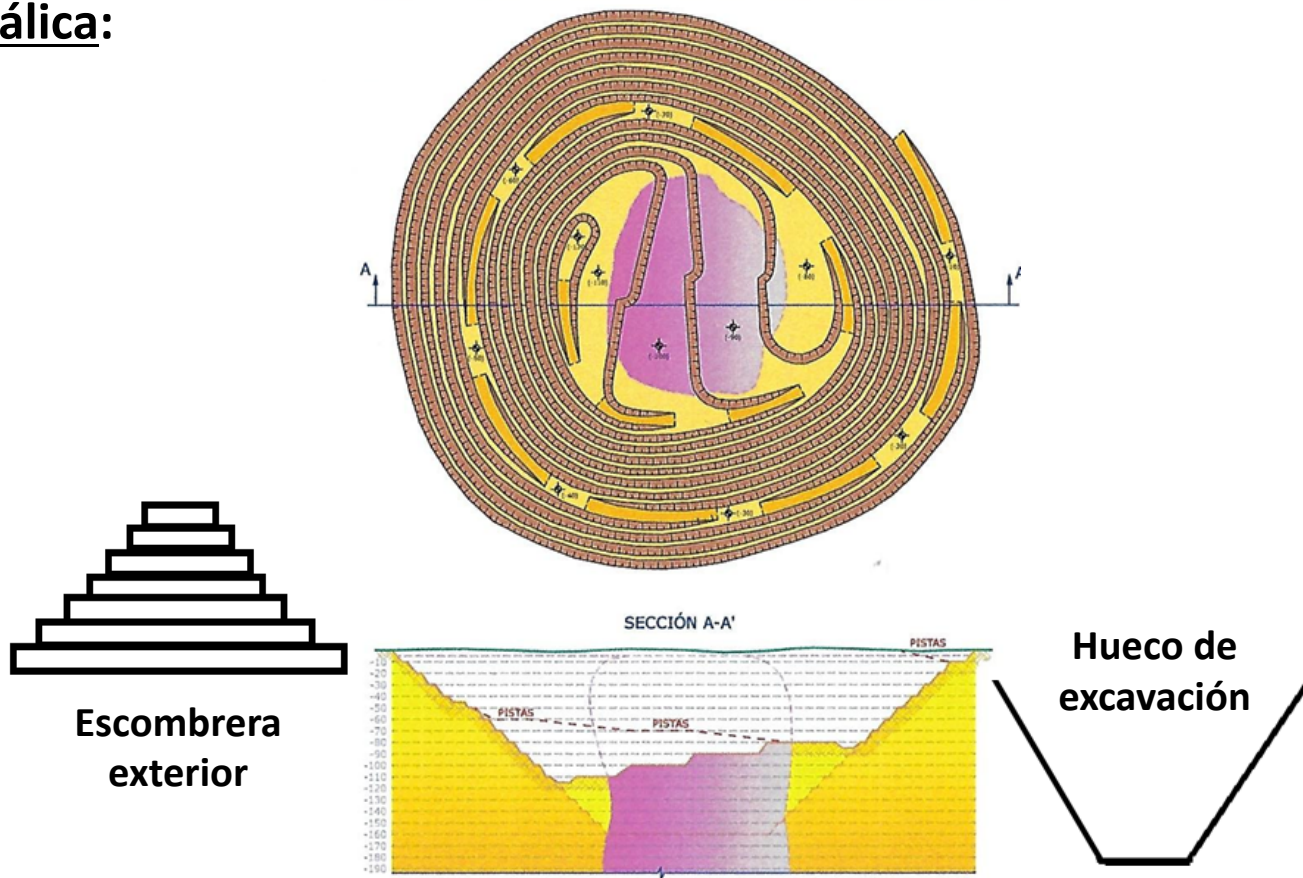


4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

a) Corta metálica:



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

a) Corta tradicional:

- Restauración de los terrenos: **limitada, debido a las escasas posibilidades del relleno del hueco creado con los estériles.**
- En consecuencia es necesario:
 - Crear depósitos exteriores:
 - Escombreras: para materiales gruesos.
 - Balsas: para almacenar lodos y residuos de las plantas de concentración.



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:

- En **yacimientos alargados** se puede efectuar una corta con transferencia parcial de los estériles al hueco creado, con una **explotación de los bancos transversal**.
- Alcanzada la fase de **hueco inicial** en un extremo del depósito, **es posible el autorrelleno**.
- La escombrera exterior procede de los materiales de hueco inicial.



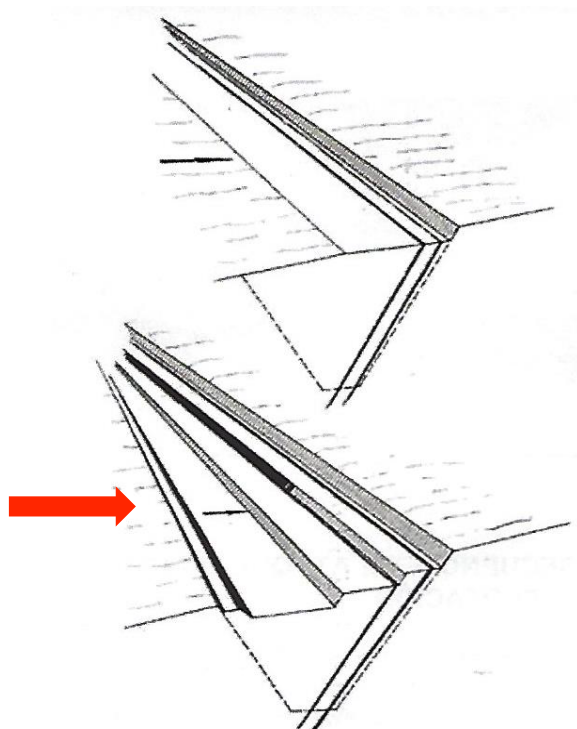
- Arranque por excavación.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

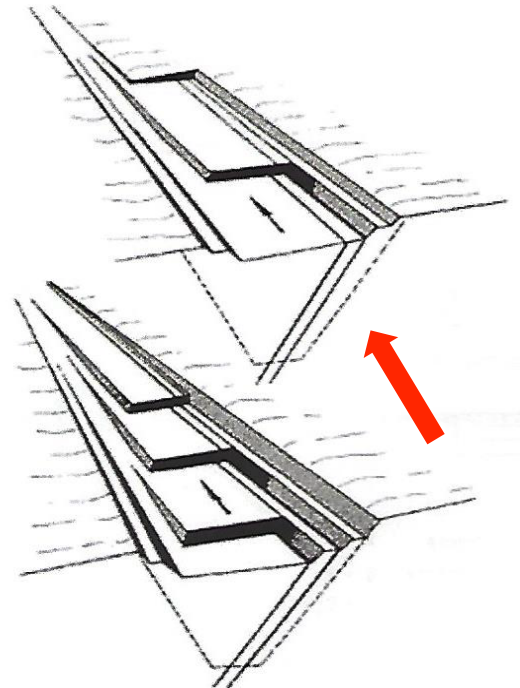
4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:



Explotación de bancos horizontal



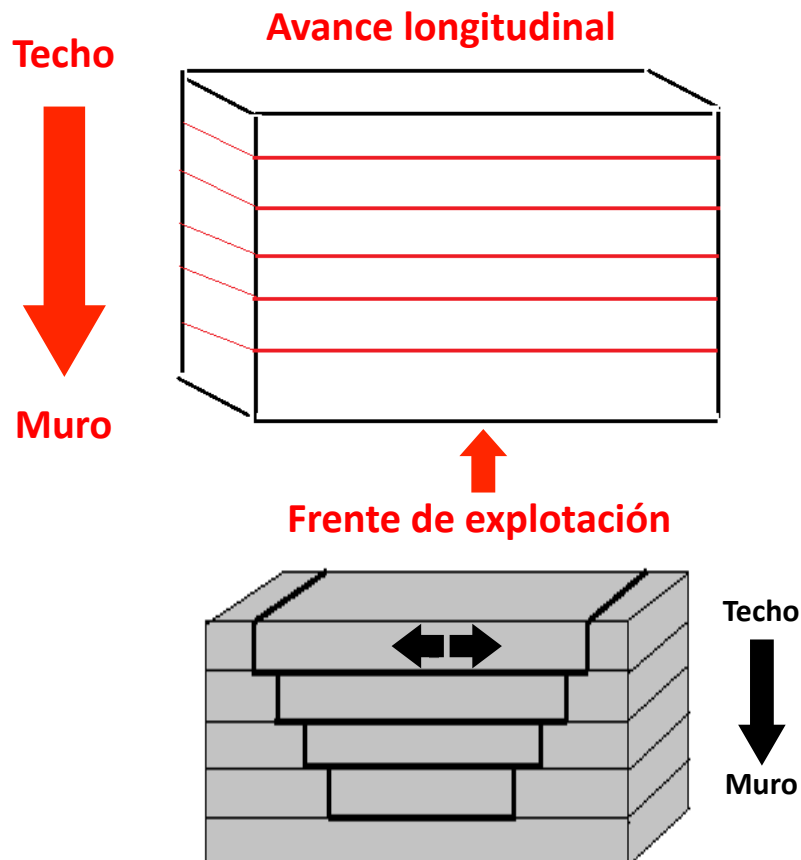
Explotación de bancos transversal

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:

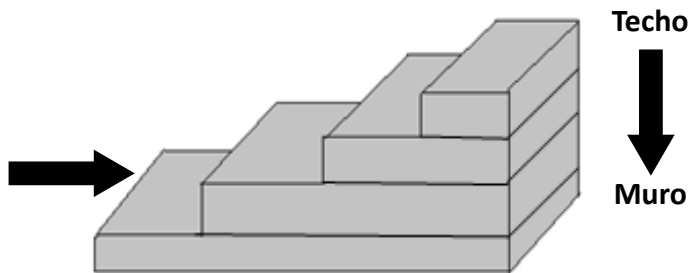
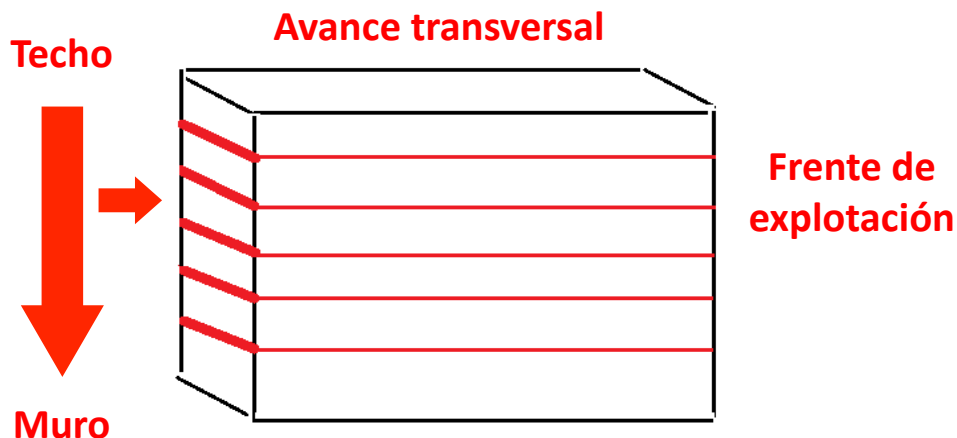


4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:



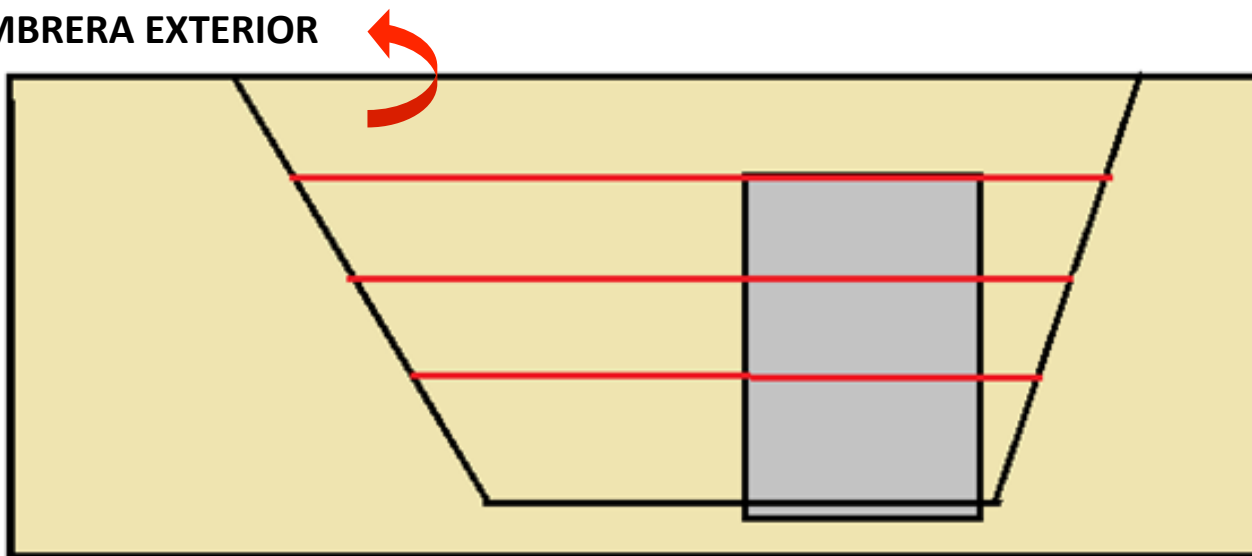
4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:

ESCOMBRERA EXTERIOR

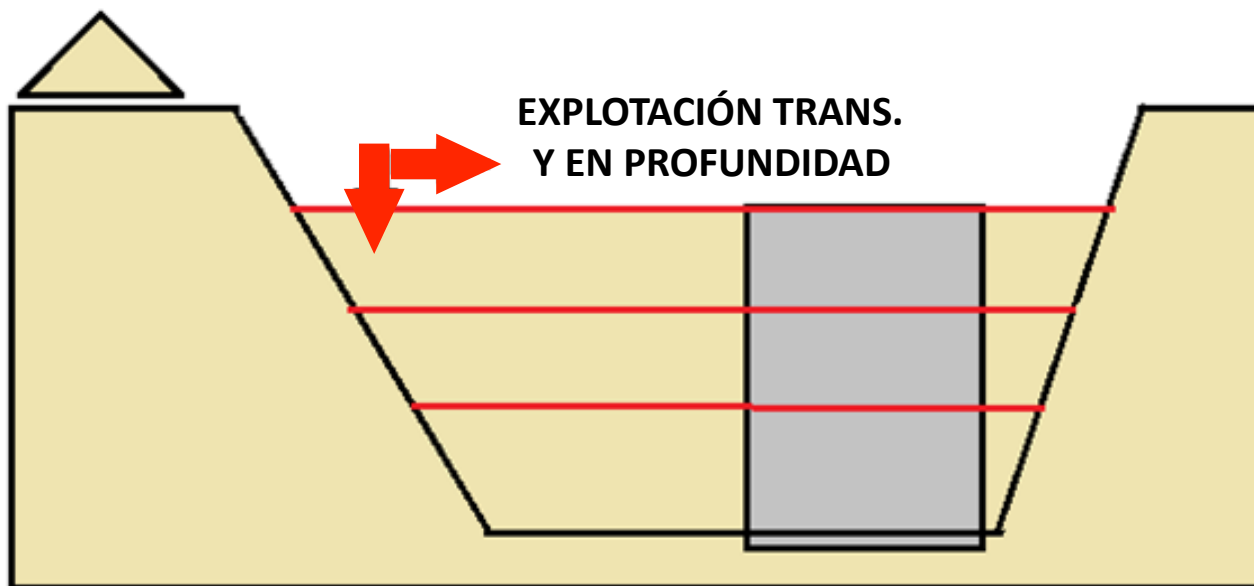


4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:

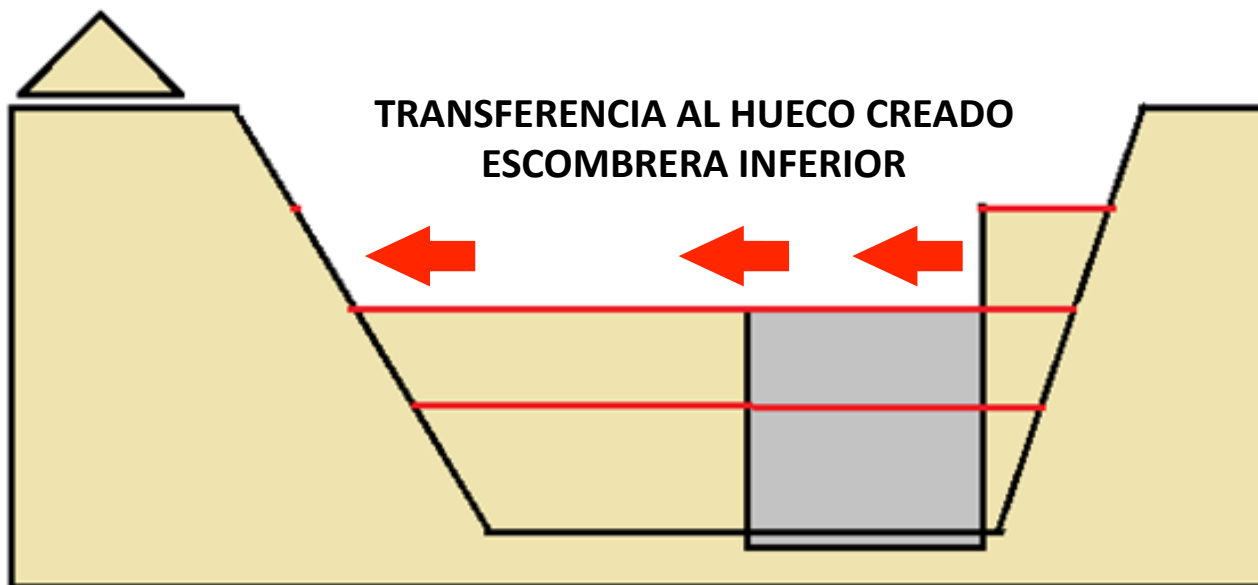


4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:

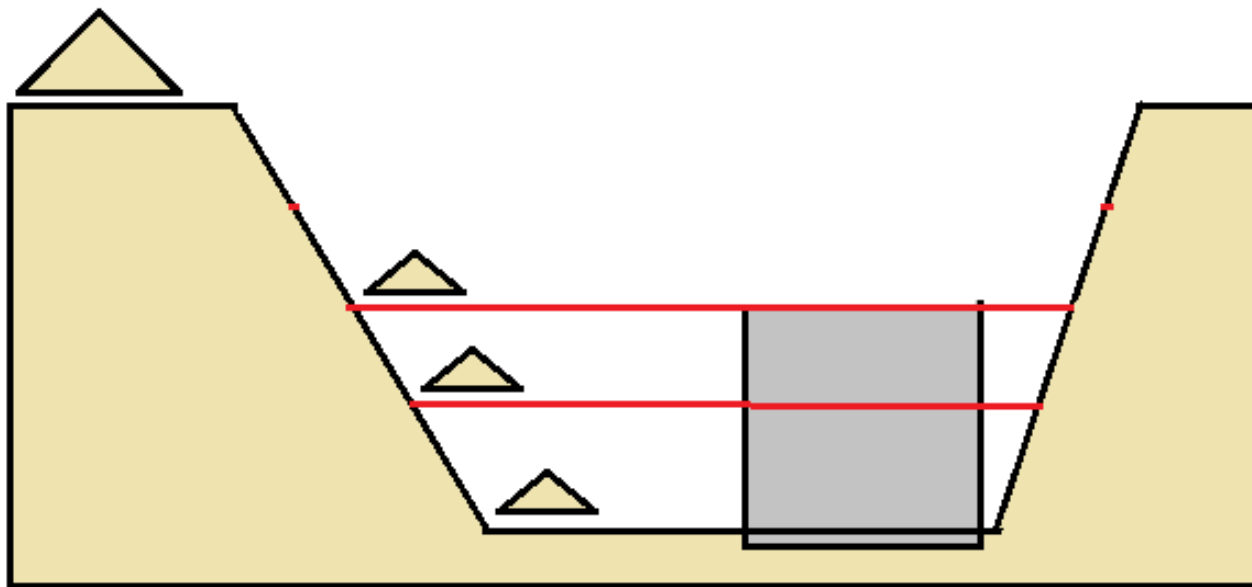


4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:

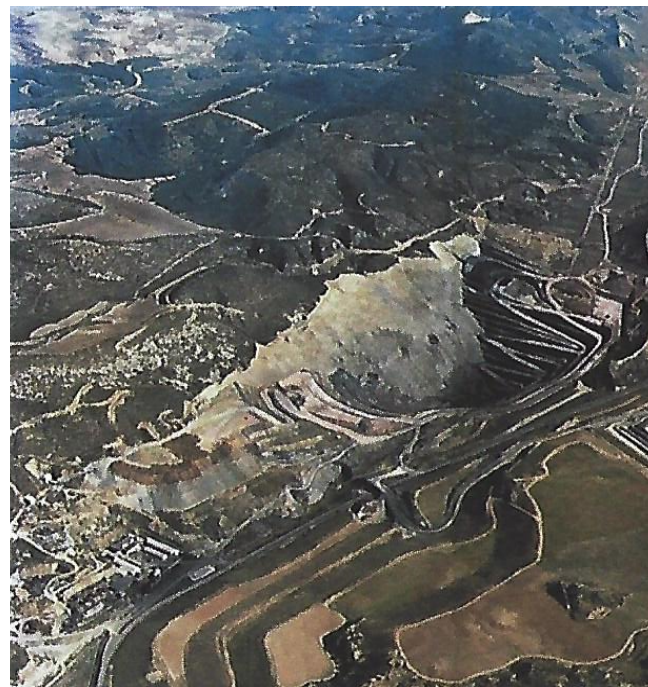
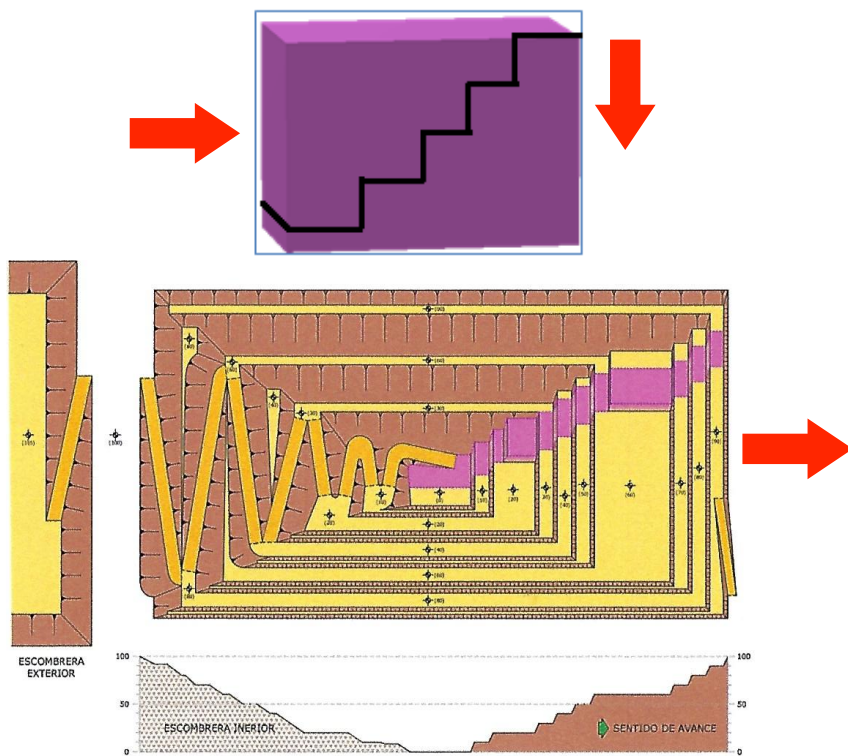


4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:



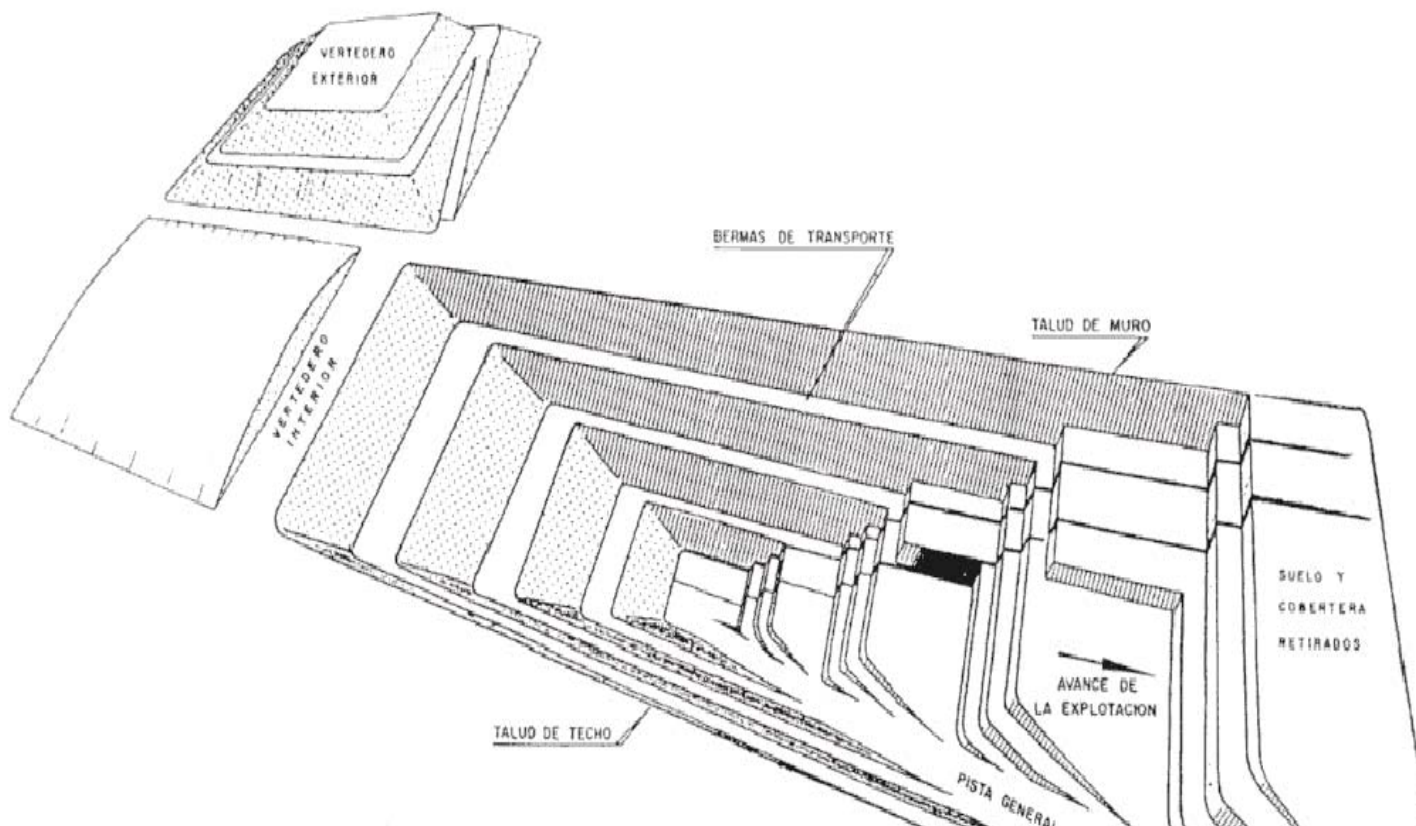
Corta Barrabasa.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.3. Submétodo de Corta

b) Corta de carbón:

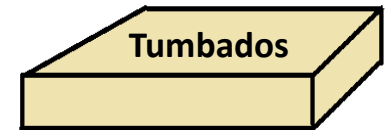


4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.4. Submétodos de transferencia

• Sistema americano y sistema alemán:



– Se aplican:

- En **yacimientos que se extienden en dos direcciones** dominantes, **con limitada profundidad**.
- Yacimientos **horizontales o ligeramente inclinados y como técnica de arranque la excavación**.

– Explotación:

- Se lleva a cabo mediante la apertura de un hueco inicial, siguiendo un avance unidireccional de explotación por fases sucesivas.
- Los estériles obtenidos en una fase son transferidos al hueco creado en la fase anterior (auto-relleno).

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

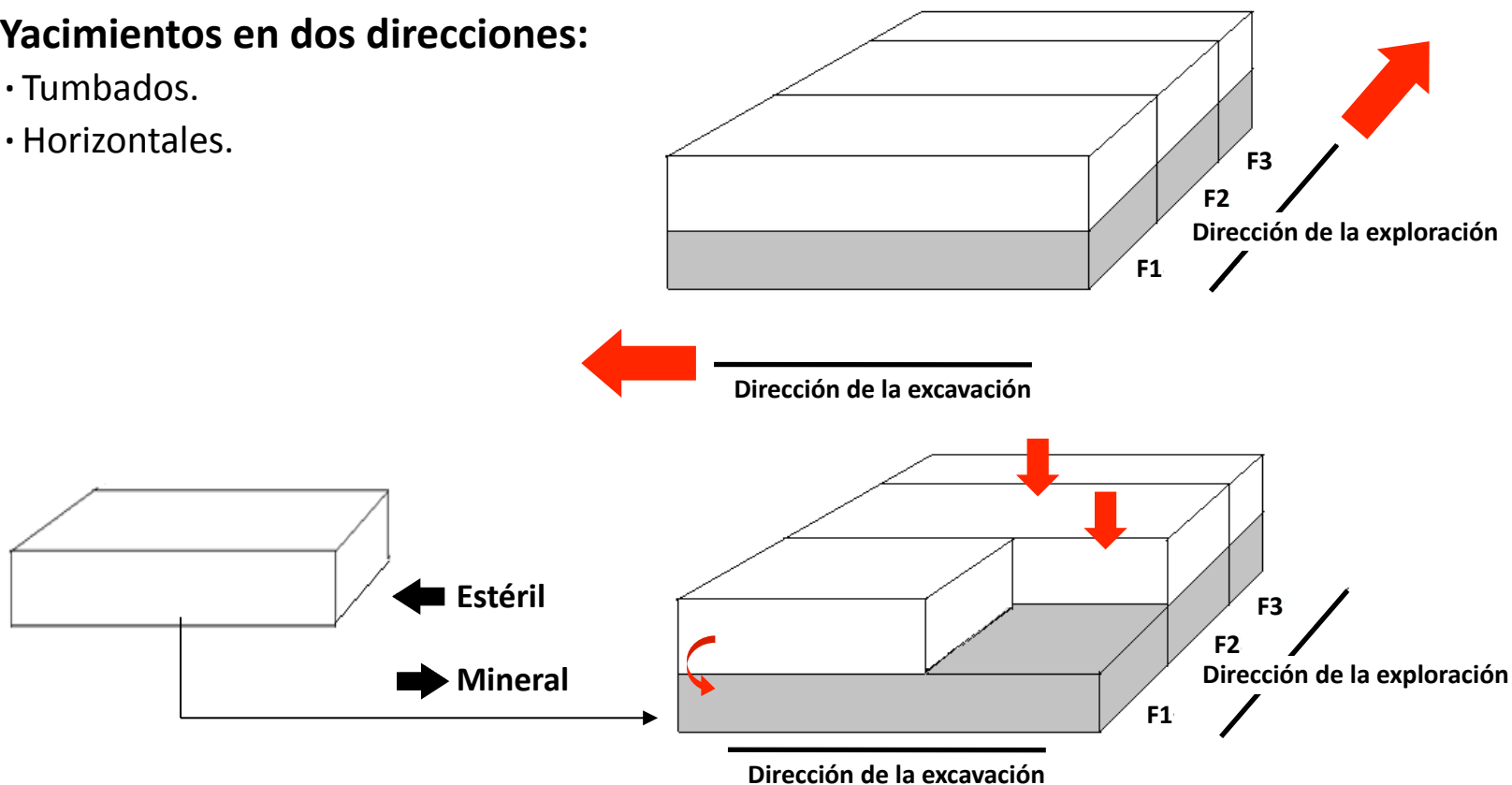
4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.4. Submétodos de transferencia

• Sistema americano y sistema alemán:

– Yacimientos en dos direcciones:

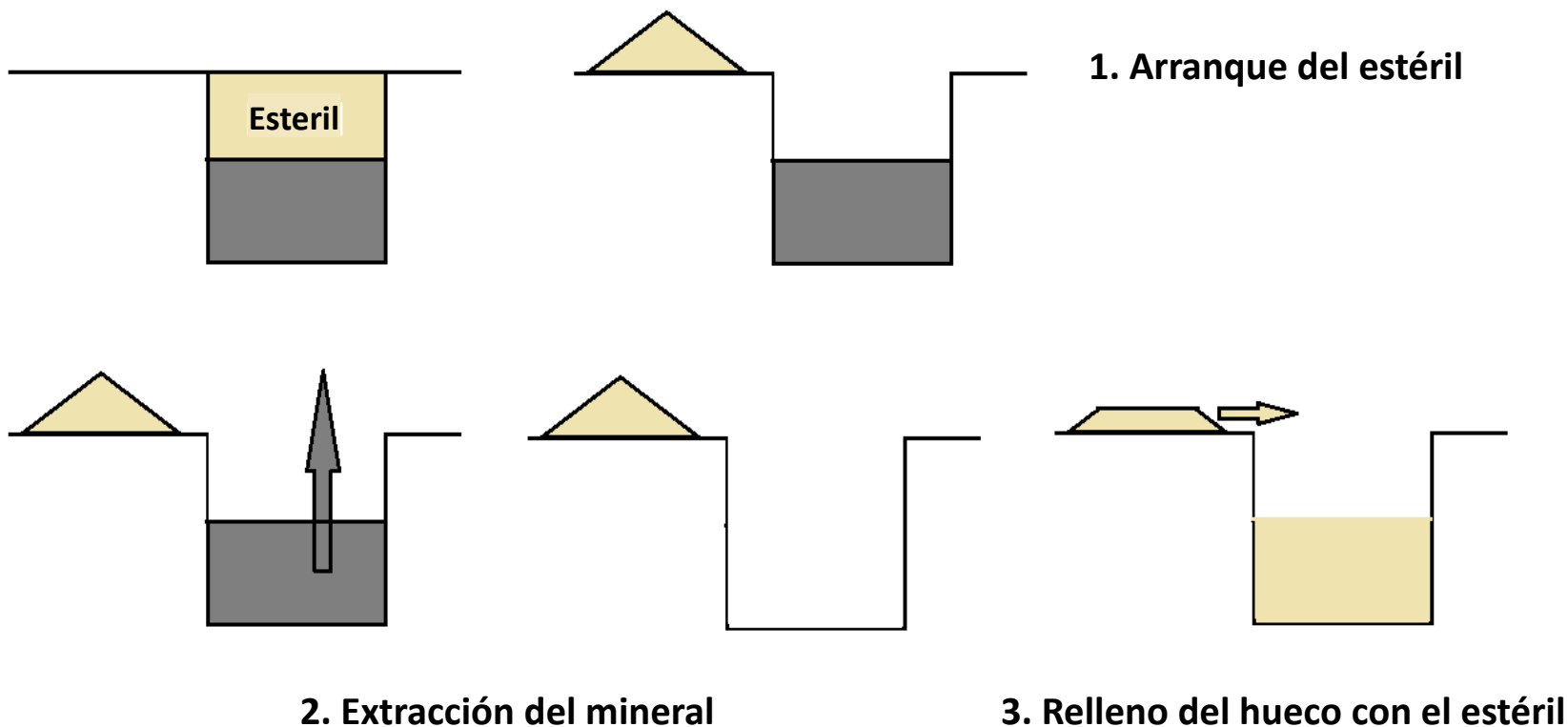
- Tumbados.
- Horizontales.



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

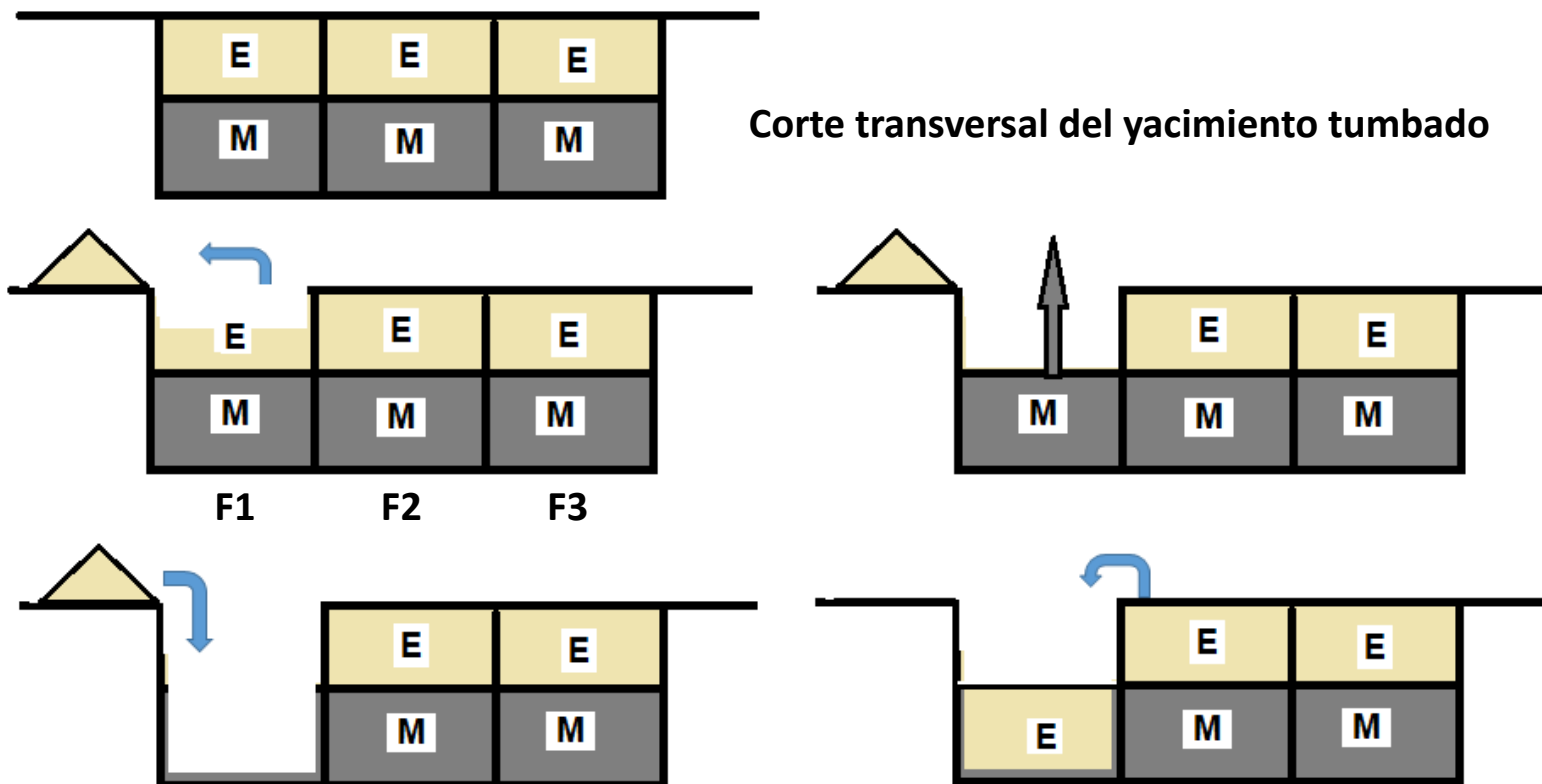
4.1.6.4. Submétodos de transferencia



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.4. Submétodos de transferencia



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.4. Submétodos de transferencia

- Secuencia de la explotación por fase:

- Retirada del material estéril.
- Extracción de la capa de mineral.
- Relleno del hueco.



- Restauración de los terrenos:

- Favorable, pues los estériles se van transfiriendo a los huecos previamente creados.

4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.4. Submétodos de transferencia

• Técnicas de minería de transferencia:

- a) Sistema americano: sistema discontinuo.
- b) Sistema alemán: sistema continuo.

a) Sistema americano:

- Sistema **discontinuo** (cíclico): la maquinaria realiza **los 3 procesos**: 1° retira el estéril, 2° retira el mineral y 3° rellena el hueco en secuencias temporales distintas.
- Maquinaria: **Dragalinas**.



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.4. Submétodos de transferencia

a) Sistema alemán:

- La explotación se hace en **continuo**, las **3 labores se hacen al mismo tiempo**.
- Maquinaria: **Rotopalas** y cintas transportadoras (ciclo único).



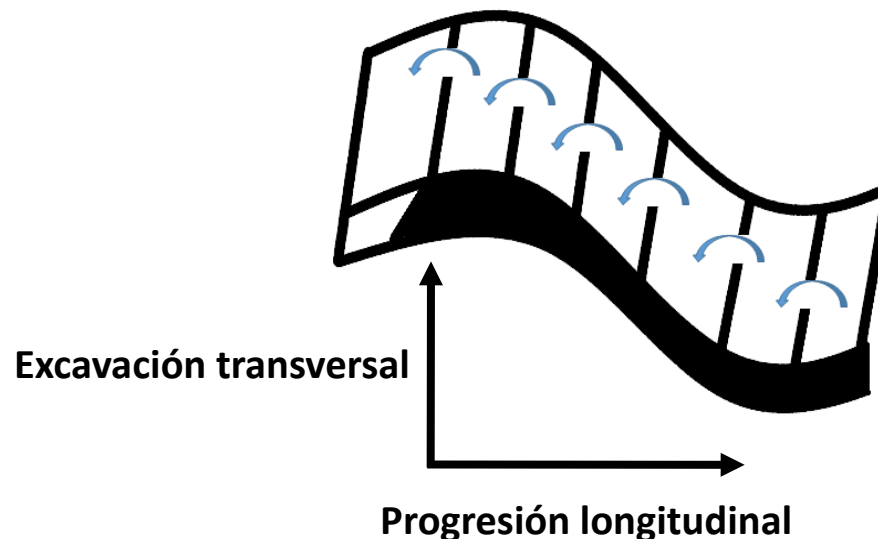
4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.4. Submétodos de transferencia

- Minería de contorno:

- **Se aplica:** en yacimientos de carbón de **capas tumbadas de reducida potencia y topografía compleja.**
- **Método:** excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, dejando un talud de banco único con progresión longitudinal siguiendo el afloramiento.



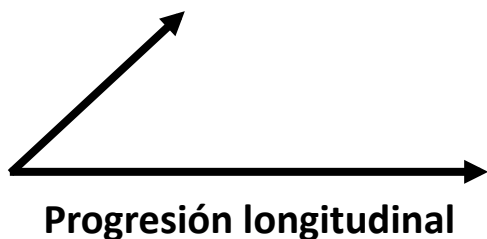
4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.4. Submétodos de transferencia



Excavación transversal al yacimiento



Progresión longitudinal



4.1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

4.1.6. Explotaciones a cielo abierto

4.1.6.4. Submétodos de transferencia

- Restauración de los terrenos:

- Las posibilidades son grandes porque los huecos que se van creando son autorrellenados con los propios estériles.