

## UNIDAD 5: SISTEMAS DE TRANSPORTE

### 1. Reseña:

Dentro del ciclo de minado, el transporte del material constituye una de las etapas más importantes del proceso productivo, ya que permite trasladar el material extraído (mineral o estéril) desde el frente de trabajo hasta las plantas de tratamiento, botaderos, acopios o puntos de descarga. Esto se logra mediante los equipos de transporte que son aquellos que poseen una determinado volumen o capacidad para acarrear estos materiales a los distintos puntos de descarga.

La elección del método de transporte es de suma importancia, ya que estos equipos suponen una gran inversión, no tan solo por el costo del propio equipo, sino también por la infraestructura que este pueda llegar a necesitar y el mantenimiento periódico que este requiera.

La elección del equipo de transporte dependerá de varios factores tales como:

- Topografía del terreno (distancias y pendientes)
- Método de explotación
- Productividad requerida
- Costo – beneficio

Vamos a explicar una por una:

**Topografía:** La topografía del terreno es un factor de suma importancia. Si bien es posible realizar diversas labores para facilitar la circulación de los equipos, es fundamental que el diseño de rutas, caminos o rampas sea operativo y seguro. Debe tenerse en cuenta la configuración natural del terreno, procurando que los equipos recorran la menor distancia posible y que las pendientes sean adecuadas para garantizar eficiencia y estabilidad durante el transporte

**Método de Explotación:** El método de explotación elegido determina directamente el tipo de equipo necesario para la extracción del material. Algunos métodos, debido a limitaciones técnicas o económicas, no permiten una mecanización completa de las labores. En estos casos, los anchos operativos son reducidos, restringiendo el uso de maquinaria pesada o de gran tamaño, y obligando a optar por equipos más compactos o específicos.

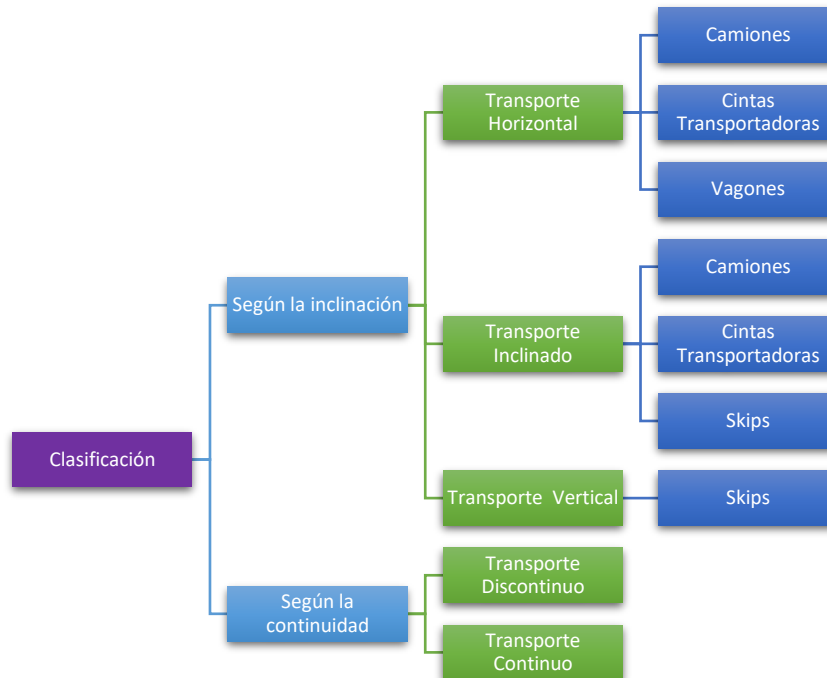
**Productividad:** La productividad está estrechamente relacionada con el nivel de producción que se espera alcanzar en la mina. En grandes faenas mineras, la elevada cantidad de material que debe movilizarse diariamente, junto con los requerimientos de la planta de procesamiento, exige el uso de equipos de transporte con mayores capacidades o velocidades. De este modo, se garantiza el cumplimiento de los objetivos de producción dentro de los plazos establecidos.

**Costo–Beneficio:** El análisis costo–beneficio es otro aspecto esencial en la selección de equipos. En muchas empresas, las decisiones de inversión priorizan la producción y la rentabilidad a corto plazo, adquiriendo equipos de menor costo que puedan cumplir con su vida útil hasta ser amortizados. No obstante, debe evaluarse cuidadosamente la relación entre costo inicial, mantenimiento, consumo de combustible, disponibilidad operativa y durabilidad del equipo, para asegurar un rendimiento económico sostenible.



## 2. Clasificación

Si bien podemos clasificar a los equipos de transporte atendiendo a diversas características, en la cátedra los clasificaremos atendiendo a la pendiente del terreno y a la continuidad del transporte:



### Según la inclinación:

- **Transporte horizontal:** Es el sistema de movimiento de mineral, estéril, o materiales a lo largo de galerías o caminos con pendiente mínima, generalmente menor a  $5^\circ$ , que permite el traslado dentro de un mismo nivel o entre zonas de similar cota. Aunque se denomina “horizontal”, en la práctica presenta una ligera inclinación para facilitar el avance, drenaje o descarga del material.
- **Transporte inclinado:** Es el sistema de traslado que se realiza por rampas o planos con pendiente intermedia, comprendida aproximadamente entre  $5^\circ$  y  $45^\circ$ , que comunican diferentes niveles de laboreo. Permite mover mineral, o estéril entre zonas situadas a distintas alturas, empleando camiones, cintas transportadoras inclinadas o skips. Requiere un mayor control de velocidad y frenado, ya que la gravedad influye en el desplazamiento.
- **Transporte vertical:** Es el sistema destinado a elevar o descender mineral, personal o materiales de un nivel a otro a través de piques o pozos verticales. Se realiza mediante equipos de izaje como skips, jaulas, malacates y cables de acero, que garantizan un movimiento controlado y seguro. Es típico de minas subterráneas profundas, donde no es posible utilizar rampas o planos inclinados por razones de espacio o profundidad.

### Según la continuidad:

- **Transporte continuo:** Es aquel en el que el material se desplaza de forma ininterrumpida a lo largo de un trayecto determinado. Su funcionamiento no depende de ciclos de carga y descarga, sino que mantiene un flujo constante de material.
- **Transporte discontinuo:** Sistema que moviliza el material por unidades o lotes, en intervalos de tiempo definidos. Este tipo de transporte permite mayor flexibilidad en rutas y volúmenes, aunque su rendimiento depende de la coordinación y eficiencia de los ciclos operativos.

### 3. Equipos de transporte

#### Camiones:

El camión minero es un equipo de transporte discontinuo diseñado para el acarreo de grandes volúmenes de material desde el frente de carga hasta el punto de descarga. En minería a cielo abierto se emplean camiones de gran porte (off road), con capacidades que pueden superar las 300 toneladas, caracterizados por su alta potencia, tracción en múltiples ejes y neumáticos de gran diámetro. En minería subterránea, se utilizan versiones más compactas y articuladas, adaptadas a galerías de menor sección, con motores diésel o eléctricos que optimizan la maniobrabilidad y reducen las emisiones en espacios confinados. Utilizados por su versatilidad en minería a cielo abierto y subterránea.

- Capacidades de 40 a 400 t
- Pendientes de 8-10% y en subterránea hasta del 15-15%

#### Ventajas:

- Acompañan a la explotación
- No es necesario gran infraestructura
- Si se requiere mayor o menor productividad se pueden comprar o vender camiones logrando recuperar parte de la inversión

#### Desventajas:

- Requieren de mayor mantenimiento
- Menor productividad que cintas transportadoras
- Gran consumo de combustible

#### Cinta Transportadora:

La cinta transportadora es un sistema de transporte continuo que utiliza una banda sin fin en movimiento, sostenida por rodillos o estructuras metálicas, para trasladar material de manera constante entre dos puntos fijos. Su funcionamiento se basa en un motor que impulsa la banda, permitiendo un flujo continuo de mineral o estéril. Se destaca por su alta eficiencia, bajo mantenimiento y capacidad de cubrir grandes distancias con pendientes moderadas.

- Capacidades de 100 - 5000 t/h (valores estimativos)
- Pendientes de 0-30%

#### Ventajas:

- Transporte continuo
- Alta productividad
- Bajo coste por tonelada

#### Desventajas:

- Requieren de infraestructura previa
- En caso de mantenimiento para toda la producción
- Alta inversión inicial



## Vagones:

Los vagones o vagonetas son equipos de transporte discontinuo que circulan sobre rieles, utilizados para el traslado de material en minería subterránea o de interior. Pueden ser accionados manualmente, mediante locomotoras eléctricas, neumáticas o diésel. Su capacidad varía según el tipo de mina y el ancho de vía, siendo adecuados para recorridos cortos o medianos, con un manejo relativamente simple y buena adaptabilidad a las condiciones del terreno y del laboreo.

- Capacidades de 0.25 a 1 t (por vagon)
- Pendientes hasta del 5%

## Ventajas:

- Práctico en galerías o labores estrechas
- Mayor capacidad por unidad de potencia

## Desventajas:

- Requiere de infraestructura previa (vías)
- Bajas velocidades
- Baja versatilidad y flexibilidad



## Skips:

El skip es un recipiente metálico utilizado principalmente en minería subterránea para el izado vertical de material a través de los piques o chimeneas principales. Opera mediante un sistema de cables y malacates que permite su ascenso y descenso, transportando mineral, estéril o incluso personal, dependiendo de su diseño. Es un medio de transporte discontinuo, de alta capacidad y rendimiento, empleado especialmente en minas profundas donde el acarreo horizontal es limitado.

- Capacidades de 1-10 t
- Pendientes hasta de 45° a 90°

## Ventajas:

- Ideal para minería subterránea de gran profundidad
- Gran capacidad y velocidad

## Desventajas:

- Se necesita de infraestructura previa (sistema de izaje)
- Limitaciones de carga (tamaño)
- Mantenimiento especializado

