

# TEMA 4

# EQUIPOS PARA MINERÍA

# A CIELO ABIERTO

Construction & Mining Trucks  
Capacity 37 to 326 metric ton — 41 to 359 U.S. tons



# OPERACIONES MINERAS

## TEMA 4. EQUIPOS PARA TRABAJOS A CIELO ABIERTO

### Operaciones unitarias en minería a cielo abierto:

- Arranque
- Carga
- Acarreo

### Métodos de carga

### Tipo de Equipos de Cargue



Los equipos de cargue empleados mas frecuentemente en minería a Cielo Abierto se pueden dividir en dos grandes grupos :

- Estáticos
- Movimiento

**Estáticos:** Equipos que poseen como medio de tracción orugas y que por consiguiente permanecen largos periodos de tiempo en un mismo sitio.

Entre estos equipos tenemos :

- a) Retroexcavadoras
- b) Palas Frontales
- c) Palas eléctricas

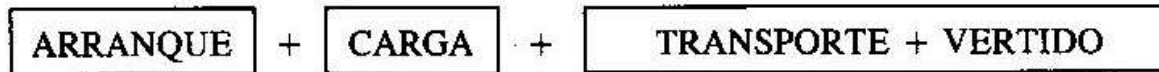


**Movimiento:** Equipos que poseen ruedas para su traslación. En este tipo de equipos su ciclo de cargue es mas desarrollado por cuanto que tiene que hacer varios movimientos, para poder llenar un cucharón de material en el equipo de acarreo en este tipo de equipo pertenecen los cargadores.

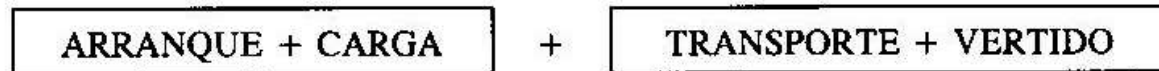


## Operaciones unitarias

- a) La fase de arranque es efectuada por unidades distintas de las que realizan la carga y el transporte. Un caso puede ser, por ejemplo, aquél en el que el arranque lo realizan tractores de orugas, la carga palas de ruedas y el transporte y vertido, volquetes. El ciclo básico estará, pues, constituido por la agregación de las siguientes fases individualizadas.



- b) Que el mismo equipo realice el arranque y también la carga, como sucede, por ejemplo, con las rotopalas, las excavadoras o minadores, que arrancan y cargan simultáneamente. En este caso el transporte lo realizan otras unidades independientes.



- c) Que una misma máquina, debido a sus propias características constructivas y funcionales, realice por sí sola el arranque, la carga y el transporte. Esto sucede con las mototraíllas y con las rotopalas de brazo de descarga directo.



La elección del conjunto de equipos necesarios para llevar a cabo un proyecto se suele realizar, normalmente, después de definir la fase u operación crítica, en función de la cual se estructurará todo el proceso productivo teniendo en cuenta una serie de consideraciones.

## **Métodos de cargue**

Existen varios métodos de cargue, los mas usados en minería son :

- Cargue Doble
- Cargue Sencillo

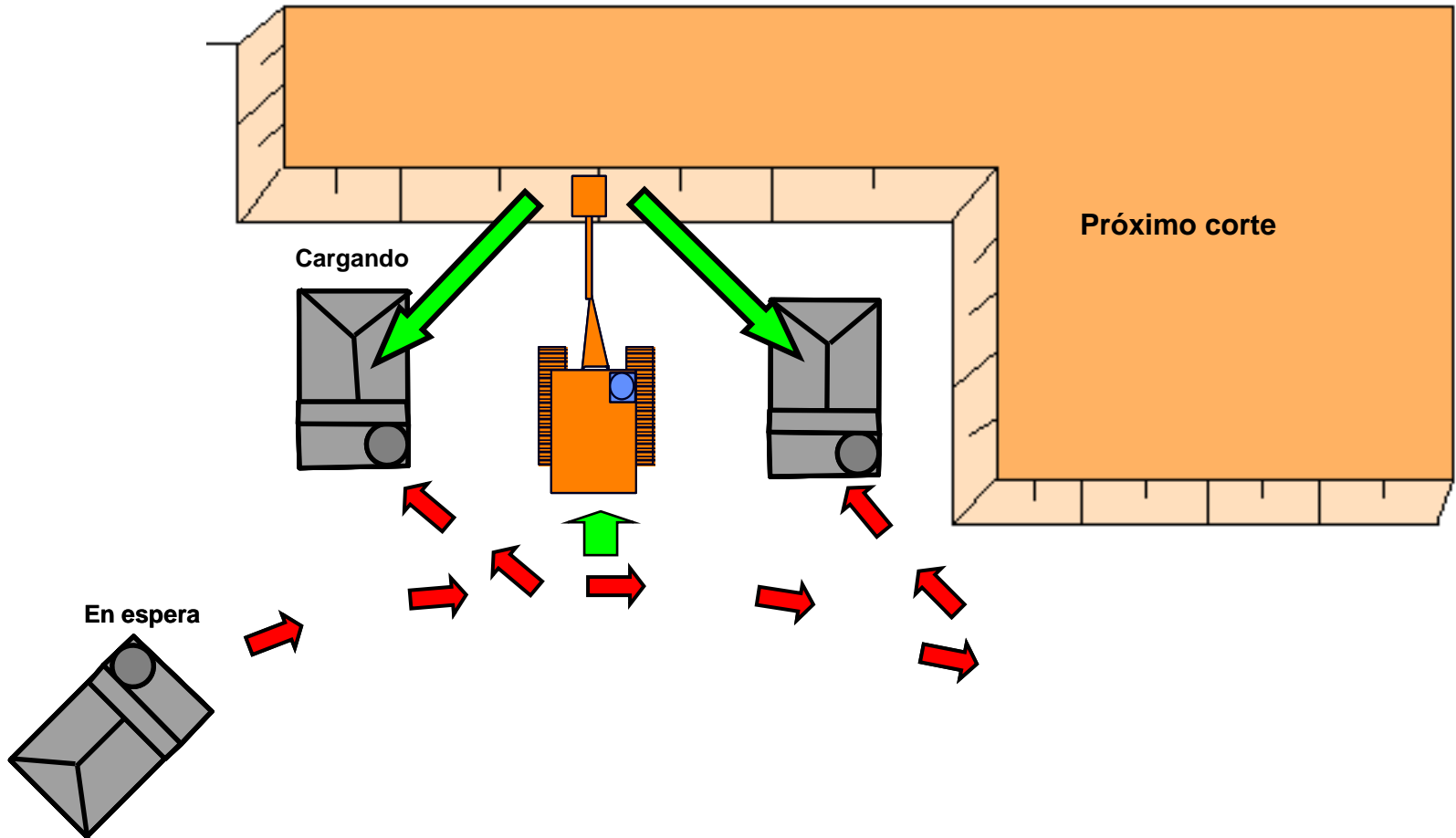
**Cargue Doble :** En este método los camiones se ubican a ambos lados de la maquina, y el equipo de cargue va realizando alternamente la operación con este método se consiguen mayores productividades y rendimientos pero se requiere una gran destreza y conocimiento de los operadores.

**Cargue Sencillo:** Cuando el sitio de cargue se hace difícil por las condiciones del terreno o por el espacio reducido es necesario hacer un cargue sencillo. En este método el equipo de acarreo solo se ubica por uno de los lados del equipo de cargue preferentemente por el lado visible de este.

El Inconveniente de este método es que baja la productividad del equipo de cargue.

## Métodos de carga

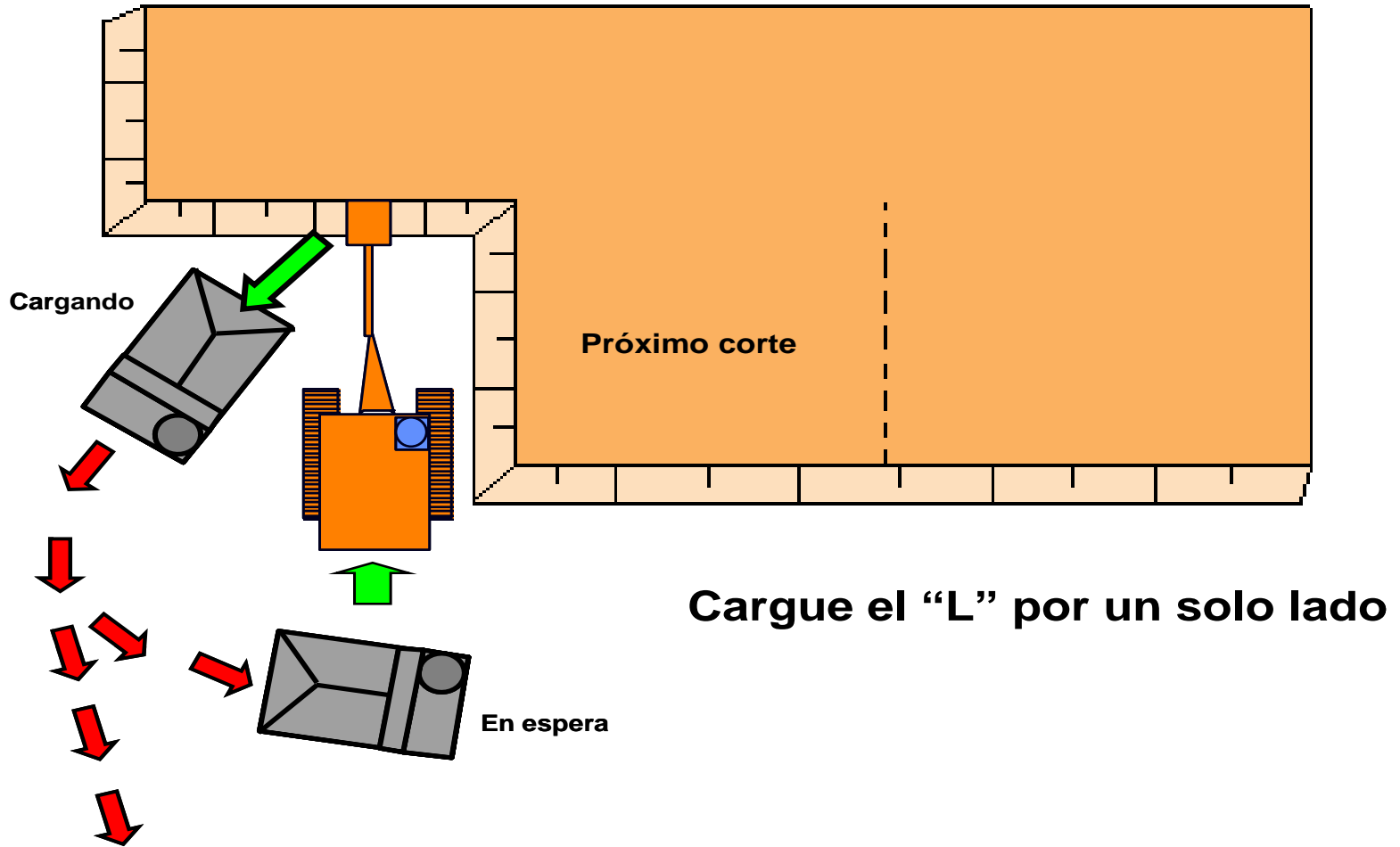
- Cargue doble o carga por ambos lados



Fuente: C.B.G, Gerencia de Operaciones

## Métodos de cargue

- Cargue sencillo o por un solo lado

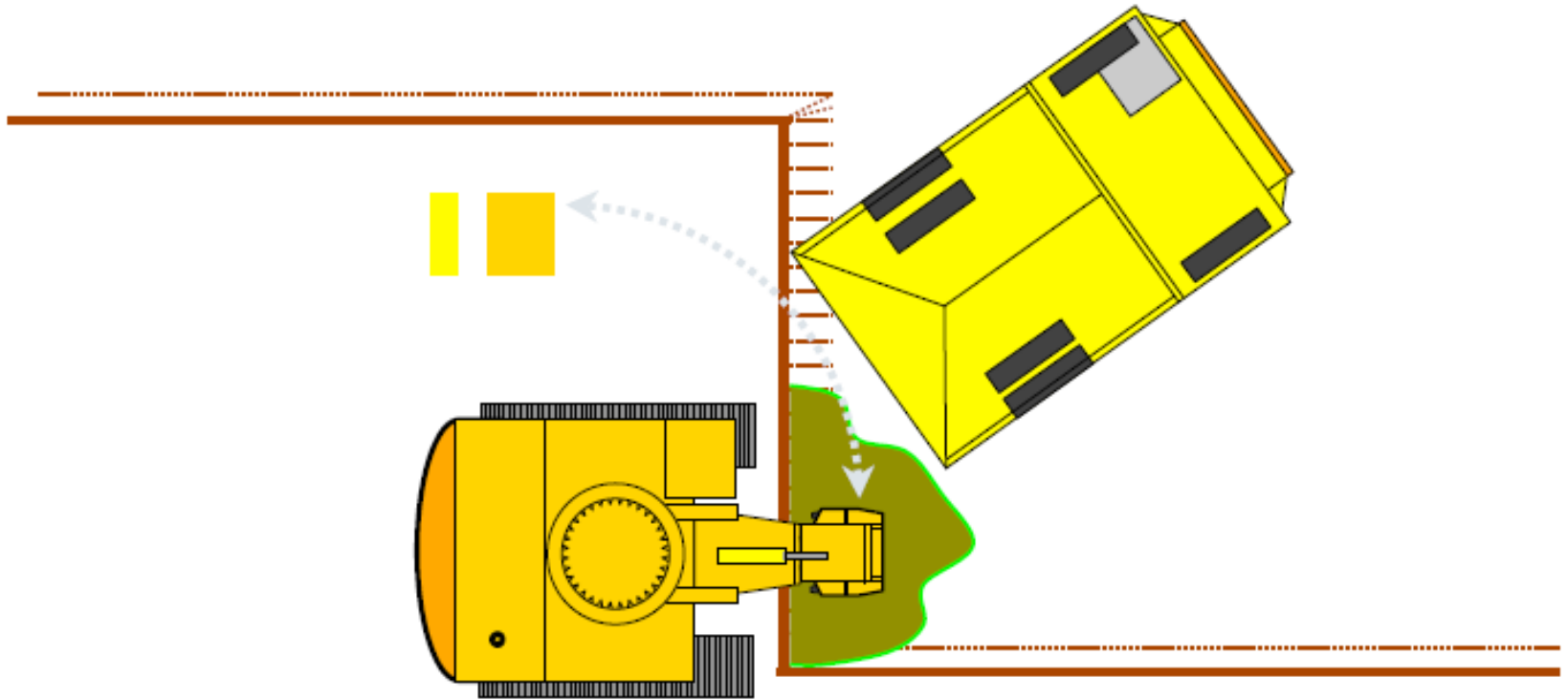


Fuente: C.B.G, Gerencia de Operaciones



## Métodos de carga

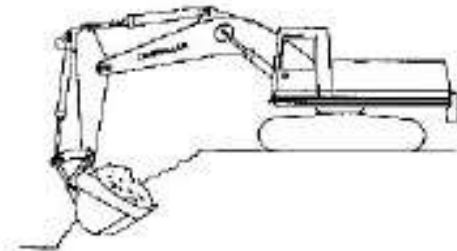
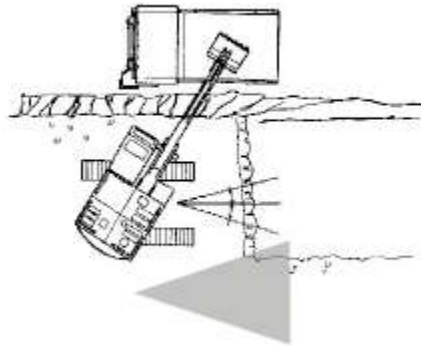
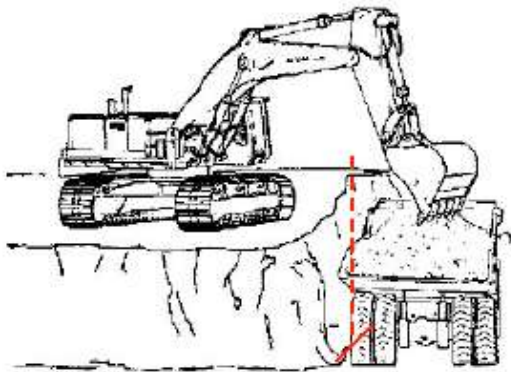
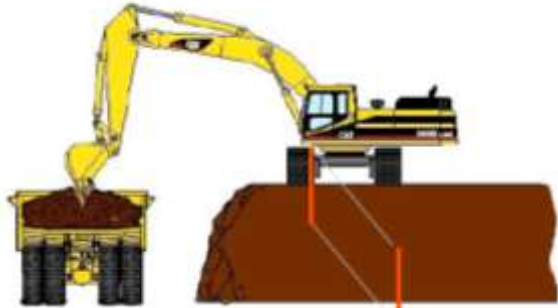
- Cargue sencillo por encima de nivel para retroexcavadoras



Tomado de: MF2007 Desgarre y carga con excavadoras grandes. Foro Tucson, Texas (2007)

## Métodos de cargue

- Cargue sencillo por encima de nivel para retroexcavadoras



Tomado de: MF2007 Desgarre y carga con excavadoras grandes. Foro Tucson, Texas (2007)

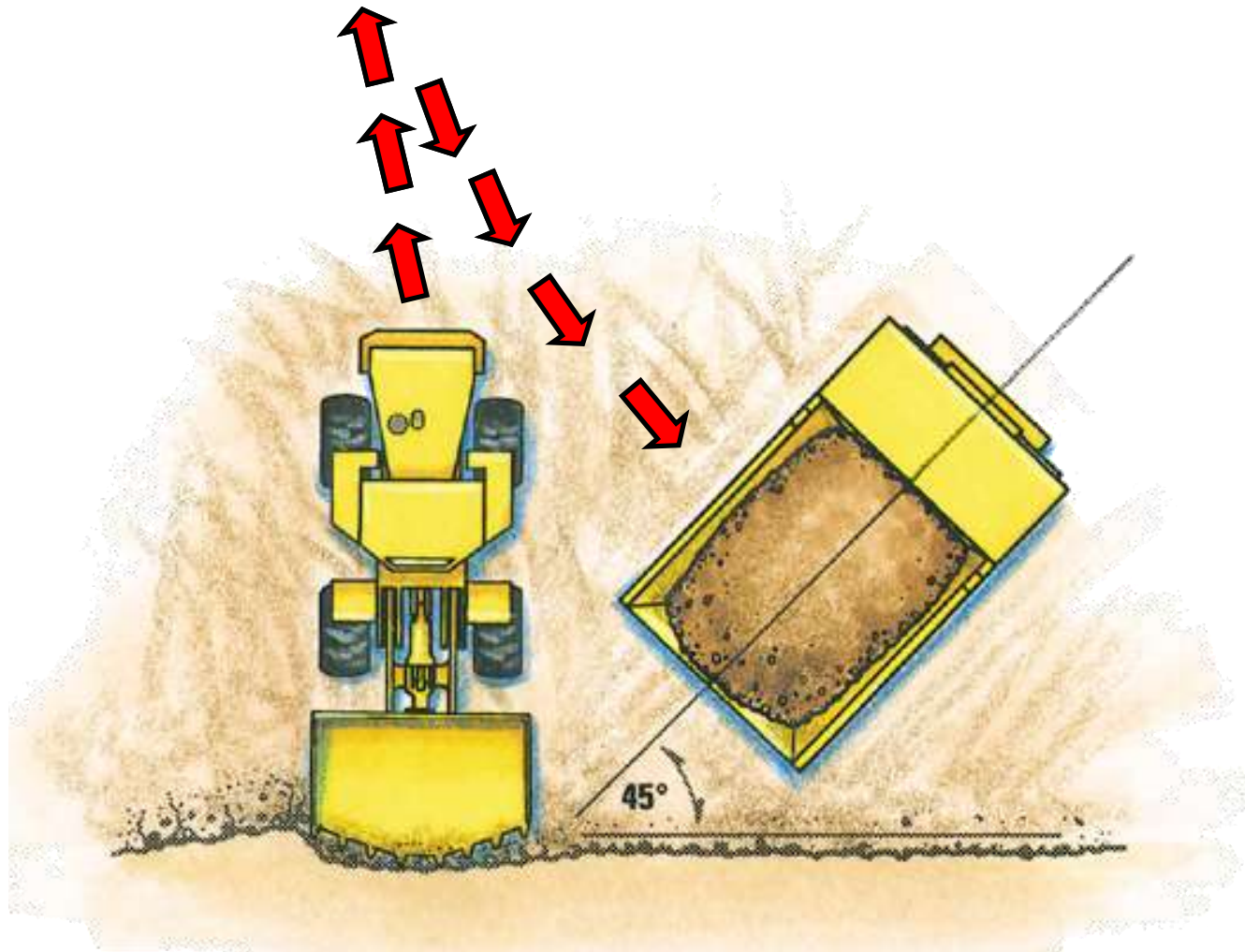
Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

## Ejemplo de carga por un solo lado con pala hidráulica



Ejemplo de carga por un solo lado con cargador frontal



**Guía de referencia rápida para aplicaciones de máquinas de minería, CAT**

**Operaciones Mineras. Tema 4**

**Profesora Aurora B. Piña D.**

# TRANSPORTE

## Sistemas de Transporte

El transporte o acarreo de materiales y minerales en una mina a Cielo Abierto es muy variado dependiendo de las distancias al botadero (escombrera) o planta de beneficio, del material que se este acarreado de los volúmenes de producción entre otros .

De los sistemas de transporte mas utilizados tenemos :

1. Volquetas o camiones roqueros
2. Banda o cintas transportadoras
3. Trenes y/o ferrocarriles
4. Otros:
  - a) Cable aéreo
  - b) mineroductos



**Volquetas o camiones:** Las volquetas (camiones) es el equipo de acarreo mas utilizado actualmente. El aumento de las capacidades de estos equipos se ha incrementado aceleradamente en los últimos años.

En el año 1965 la volqueta de mayor capacidad era de 80 toneladas mientras en la actualidad es normal trabajar con capacidades de 170 y 240 toneladas.

El avance de estas capacidades se debe a varios factores :

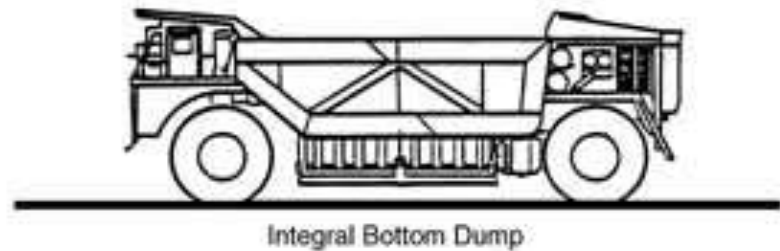
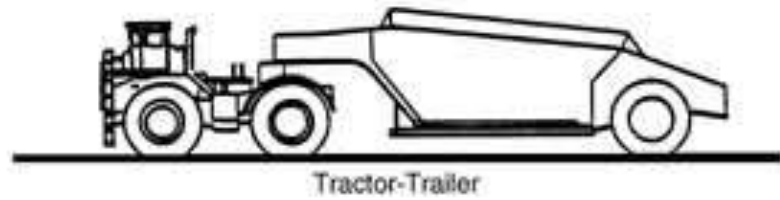
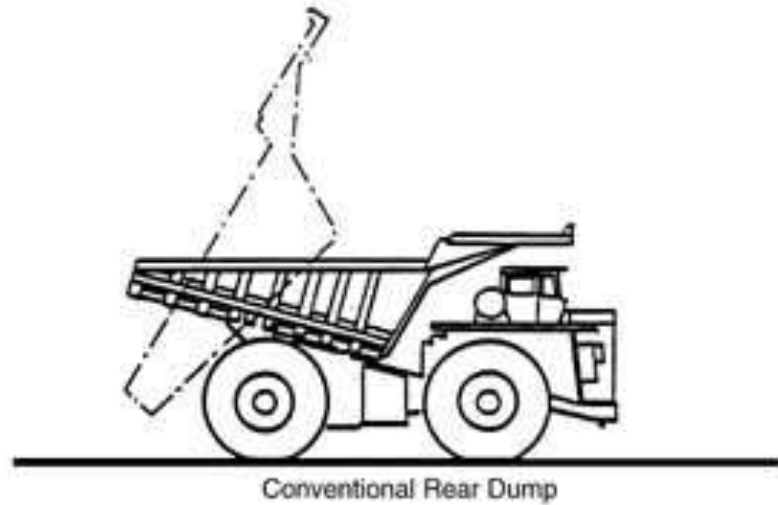
- a) Motores mas potentes
- b) Transmisiones automáticas
- c) Llantas de mayor resistencia
- d) El diseño de las tolvas
- e) Nuevos sistemas de frenos
- f) El avance de la hidráulica



El inconveniente de este tipo de transporte es su distancia de acarreo. Cuando la distancia pasa de 4km, este tipo de acarreo se hace antieconómico y se debe pensar en otro tipo de transporte.

## TIPOS DE CAMIONES

- Camiones convencionales
- Camiones articulados
- Mototraíllas
- Camiones integrados



Fuente: Surface Mining, capítulo 6

**Bandas Transportadoras o cintas transportadoras:** Sistema de transporte utilizado en minería de materiales de baja densidad como lignitos, potasa, etc.

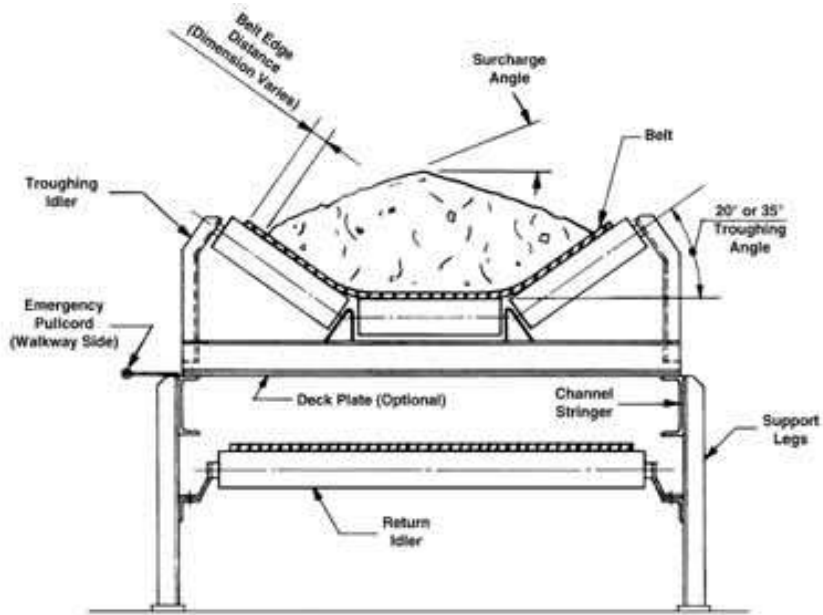
Una de las ventajas de este sistema es que se pueden transportar materiales a grande distancias (10 - 12 km) pero su desventaja es su limitada capacidad cuando los bloques a trasladar son muy grandes, aunque el avance de la tecnología, ha creado la posibilidad de tener trituradoras, móviles en los sitios de explotación con el fin de disminuir el diámetro de las rocas (trituración Primaria) y de esta manera pueden ser transportadas con este sistema.

Las bandas transportadoras también han incrementado sus producciones horarias debido a ciertos factores como :

- a) Motores mas potentes
- b) Incremento de las velocidades
- c) Ancho de la banda
- d) Trituración primaria antes de transporte.



# CINTAS TRANSPORTADORAS



**Partes de una cinta transportadora**

**Cinta transportadora móvil con la explotación**



**Fuente: Surface Mining, capítulo 6**

# **Bandas Transportadoras o cintas transportadoras**

## **Transporte de material con cintas transportadoras**



# Transporte de material con cintas transportadoras

Mina Paso Diablo



Cantera El Melero



**Ferrocarril:** Sistema de transporte utilizado en años pasados para evacuar el material de los sitios de extracción a los botaderos o plantas trituradoras. Pero debido a los problemas acarreados en el traslado de la carrilera en el banco de trabajo o el traslado de esta a un nivel inferior o superior, hizo que este sistema disminuyera en uso.

Actualmente su uso se centra principalmente para el transporte del mineral a los Centros de comercialización como puertos para su exportación.

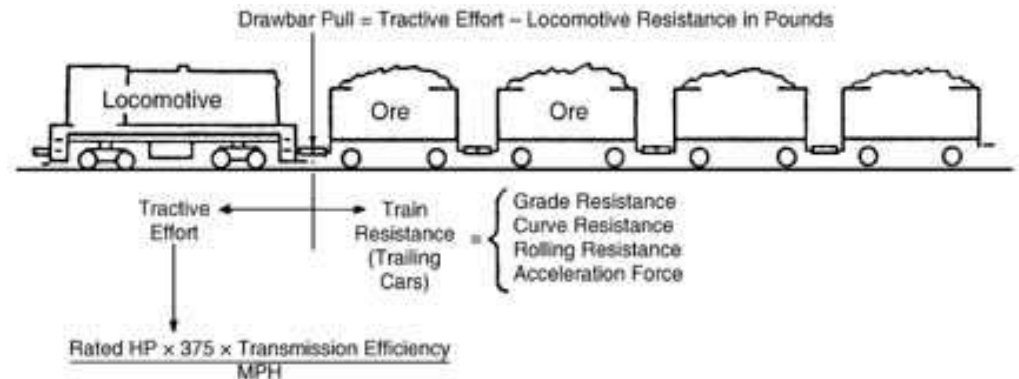


# FERROCARRILES



**Pala cargando un tren articulado en una mina a cielo abierto**

## **Aceleración y resistencia para el diseño de sistema de trenes**



**Fuente: Surface Mining, capítulo 6**

**Cable Aéreo:** Sistema de transporte mas barato que hoy se acomoda o utiliza en aquellos sitios donde la topografía es muy accidentado y donde se hace difícil el acceso o la construcción de vías.

La desventaja es que su mantenimiento es muy complicado debido a su estructura misma y que consta de torres ubicadas a determinar distancia y lugares a veces difíciles.



**Mineroductos:** es un sistema de transporte hidráulico de minerales y residuos. Este método se conocía desde tiempo de los romanos. Fue la ingeniera civil Nora Blatch en 1906 la primera persona en hacer investigaciones exhaustivas sobre el flujo de mezclas de sólidos y líquidos

(ITGE, 1995).

- En 1948, Sogreah (Francia) inició estudios para transporte de arena y gravas en tuberías de 4-25cm de  $\varnothing$ .
- En 1952, la *British Hydromechanics Research Association* comenzó a estudiar el transporte hidráulico de carbón. Esto permitió la construcción en 1960 de dos mineroductos: uno en Trinidad de 10km de longitud y 20cm de  $\varnothing$ , y otro en Inglaterra de 112km de longitud y 25cm de  $\varnothing$ .
- En 1957, la *American Gilsonite Co* comenzó a transportar gilsonita desde Bonanza en Utah hasta *Grand Junction* Colorado, a una distancia de 115km. Los diámetros de la tubería oscilan entre 10 y 15cm.
- En 1967, comenzó a operar un mineroducto en Tasmania, de 85km de longitud y 25cm de  $\varnothing$ .
- En 1970 en Nevada, se construyó un gran mineroducto de dimensiones 437km de longitud y 46cm de  $\varnothing$ . Transporta carbón.
- En 1998, la mina Antamina construyó un mineroducto subterráneo en la mayor parte de su recorrido. Con dimensiones de 302km y  $\varnothing$  entre 21 y 25 cm. Transporta concentrados de cobre y zinc.

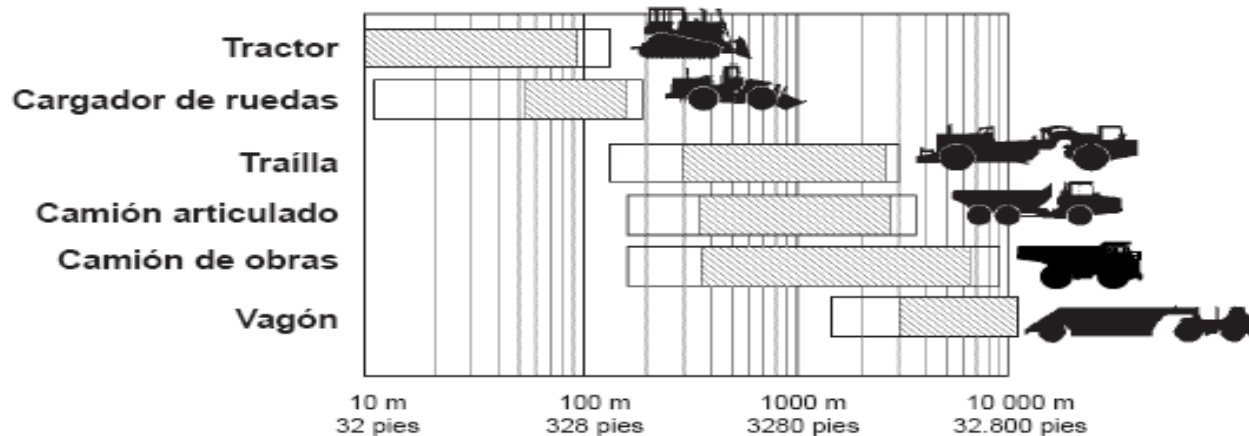


Mineroducto Mina Antamina. Perú

## Escogencia del método de acarreo según la distancia de acarreo

EQUIPO DE ACARREO	DISTANCIA EN METROS	PRODUCCIÓN EN TONS / RELEVO DE MÁQUINA
TRACTORES	>60	500 – 1500
MOTOTRAILLAS	60 A 600	400 – 1500
CAMIONES	200 A 300	500 – 2000
FERROCARRIL	3000	1000 – 3000
CINTAS	4000	5000

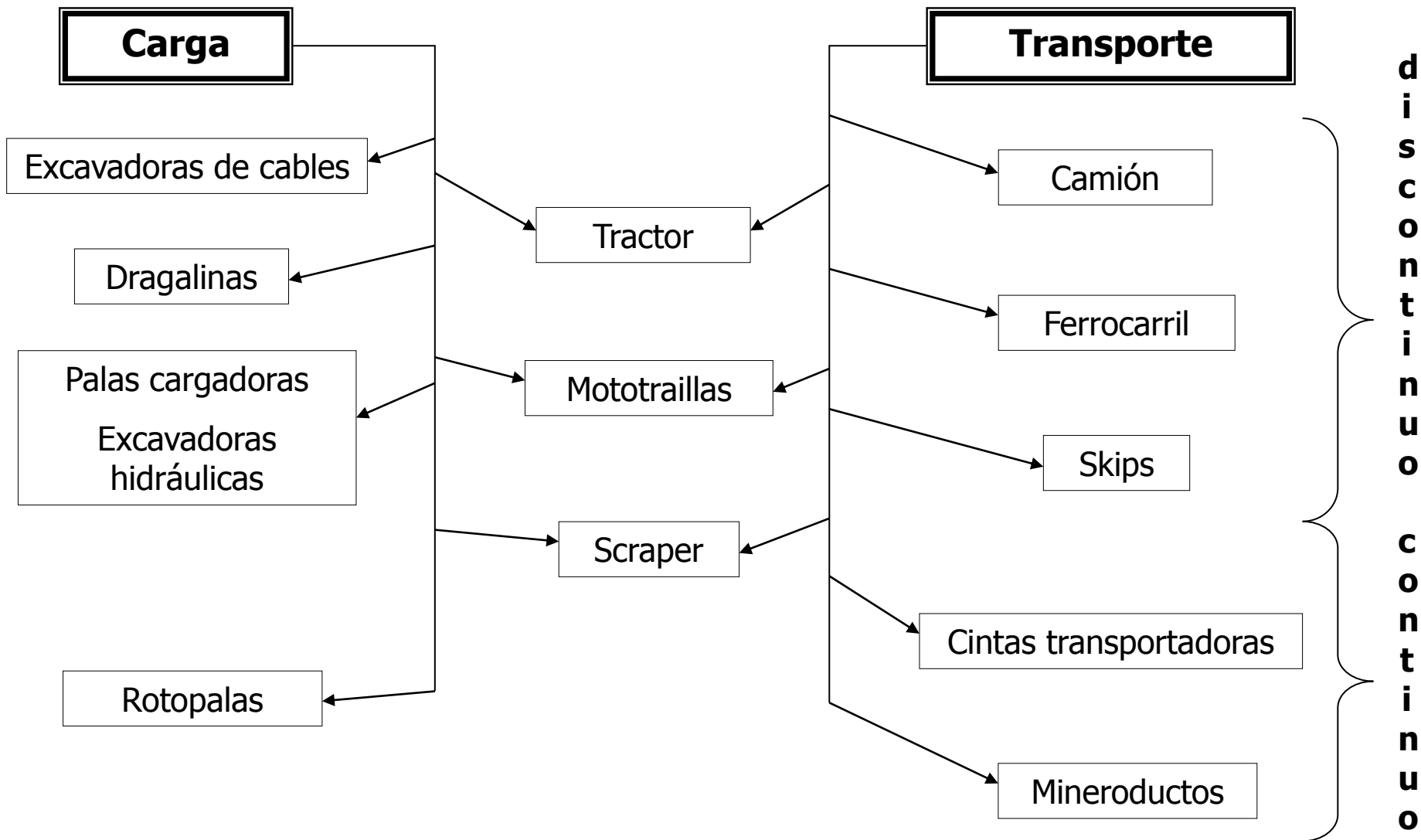
### DISTANCIAS GENERALES DE ACARREO DE SISTEMAS MOVILES



### DISTANCIA DE ACARREO



# Sistemas de carga y transporte



## EQUIPOS DE CARGA

El sistema de carga de mineral y el estéril está, estrechamente relacionado con el material que tenga que cargarse, puede establecerse como método convencional para la minería a cielo abierto, en la actualidad, el empleo de excavadoras para materiales rocosos que han sido previamente volado.

Existen otros métodos, tales como: palas cargadoras sobre cadenas o neumáticos, dragalinas, mototraillas, rotopalas, etc., aunque de gran importancia e interés son: numéricamente, de utilización menor, salvo para la minería de rocas blandas.



## **EQUIPOS DE CARGA. Un poco de historia en la evolución de las máquinas de carga.**



Desde que en 1837 se construyó en Estados Unidos la primera excavadora de la que se tiene noticia, este tipo de máquinas se fue extendiendo y popularizando con el equipo más idóneo para labores de excavación en condiciones difíciles (ITGE, 1995)

**La primera pala a vapor fue inventada por William Smith Otis, un joven contratista de la firma Carmichael and Fairbanks de Philadelphia, en 1835 (Surface Mining, capítulo 6) y patentada en 1839 (ITGE, 1995)**

# EQUIPOS DE CARGA. Un poco de historia en la evolución de las máquinas de carga.

Ritmo de crecimiento de las palas basados en la capacidad del balde (ITGE, 1995)

AÑO	1935	1945	1955	1965	1970	1975	1980	1991
Capacidad media (m <sup>3</sup> )	1,5	2,0	3,5	4,5	9,0	11,5	22,0	43,0



**Pala excavadora, modelo Ward Leonard Electric, 1916**

**Fuente: Surface Mining, capítulo 6**



**Dragalina Bucyrus-Erie 4250W, 1969**

# EQUIPOS DE CARGA. Un poco de historia en la evolución de las máquinas de carga.

Los tres fabricantes clásicos de palas fueron: Bucyrus – Erie, Harnischfeger (P&H) y Marion (Dresser) (ITGE, 1995).

**P&H Modelo 5700, 1982**



**Fuente: Surface Mining, capítulo 6**



**Pala Marion Power, 1960**

## **EQUIPOS DE CARGA. Un poco de historia en la evolución de las máquinas de carga.**



**Pala minera "Súper frontal" P&H de 24 m<sup>3</sup>**

**Fuente: Surface Mining, capítulo 6**

**Operaciones Mineras. Tema 4**

**Profesora Aurora B. Piña D.**

# Clasificación de las excavadoras

La siguiente clasificación es según criterios de diseño:

Excavadora de cables

- Excavadora de descubierta (*stripping shovel*)
- Excavadora cargadora (*mining shovel*)



Excavadora hidráulica  
(*hydraulic shovel*)

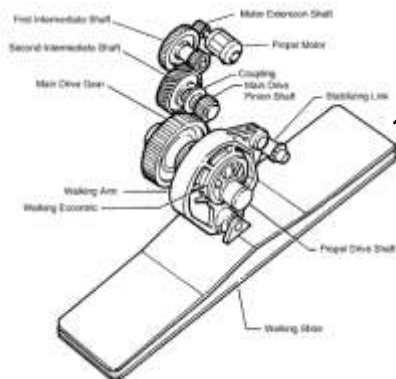
- Excavadora frontal (*loading shovels*)
- Retroexcavadora (*excavators backhoes*)



# Clasificación de las dragalinas

- *Walking draglines* (dragalinas sobre zancas)
- *Crawler draglines* (dragalinas sobre orugas)

## Marion Model 8750 walking dragline



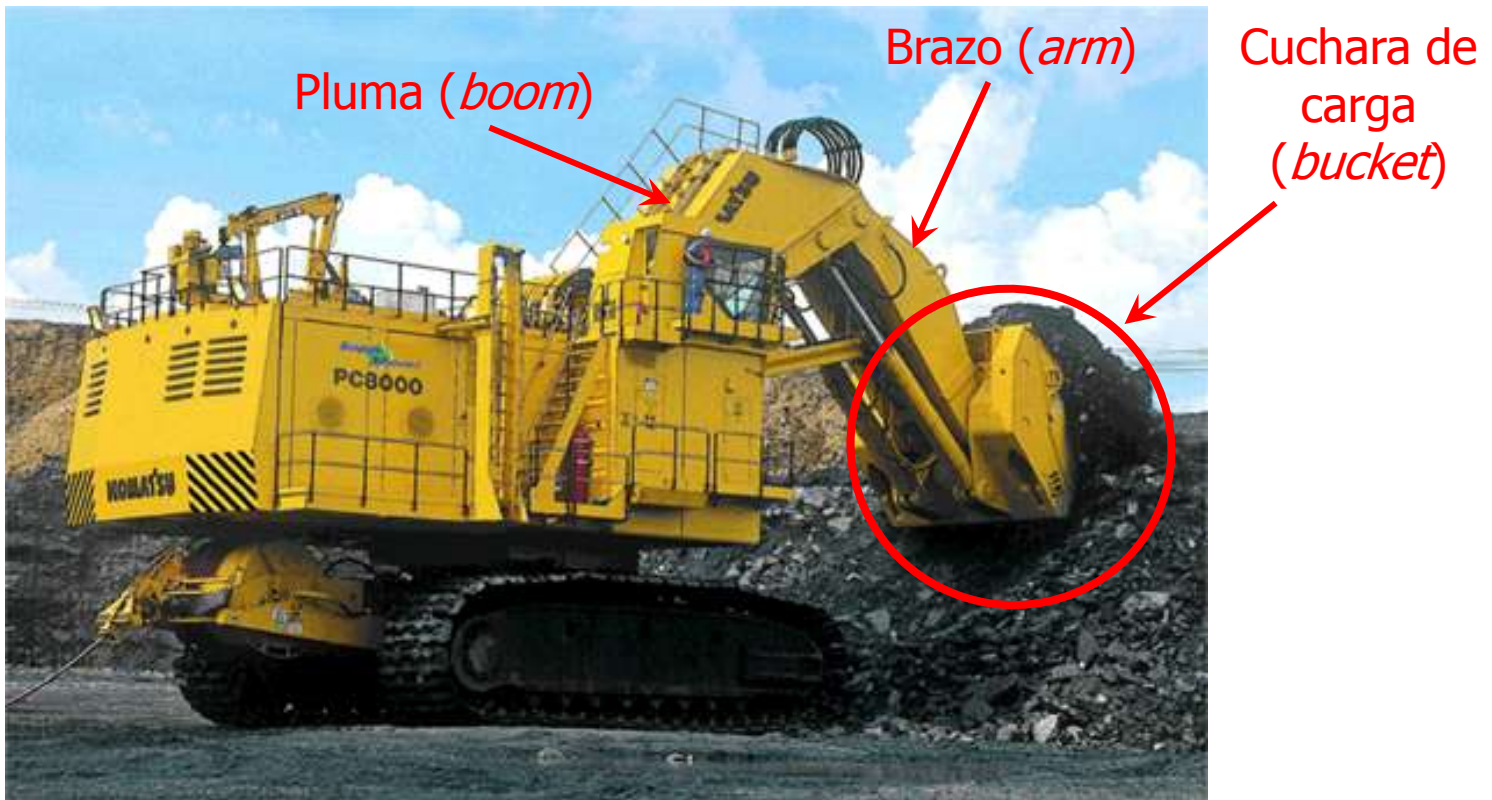
**Crawler dragline P&H Model 2355**



## PARTES DE LAS EXCAVADORAS

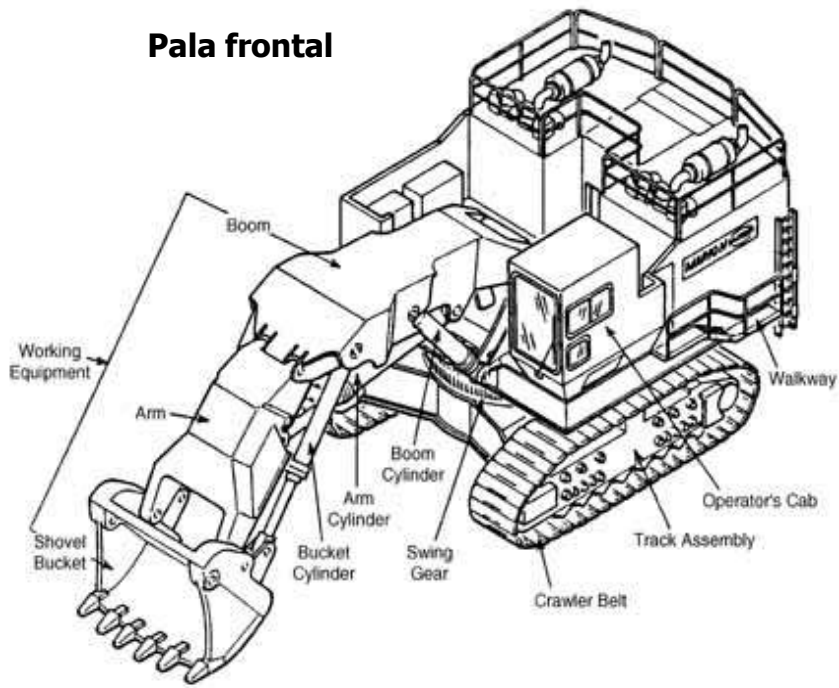
La pala excavadora integra tres elementos fundamentales:

- La pluma
- Los brazos
- La cuchara de cargue

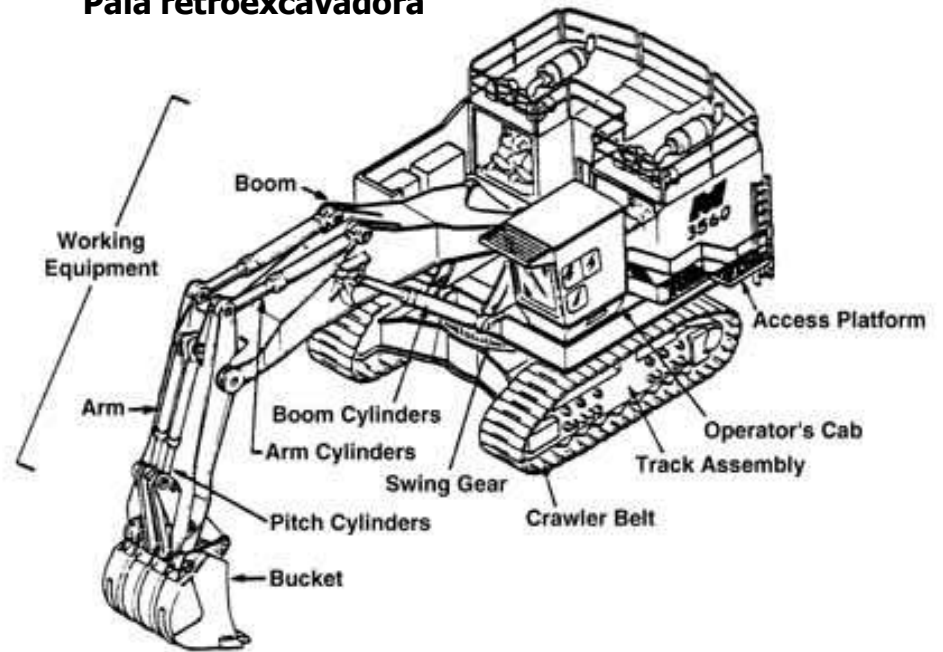


# PARTES DE LAS EXCAVADORAS

## Pala frontal



## Pala retroexcavadora



Fuente: Surface Mining, capítulo 6

## Elementos principales de las máquinas de movimientos de tierra

Las máquinas de movimiento de tierras constan de las siguientes partes principales:

- Superestructura giratoria, planta motriz y sistema hidráulico.
- Base o montaje fijo. Chasis y tren de rodaje.
- Herramienta o equipo de trabajo.



# Elementos principales de las máquinas de movimientos de tierra

(Solanilla, 2003)

- **Superestructura**

Trata sobre las zapatas utilizadas en las excavadoras sobre orugas, para el desempeño de su trabajo de acuerdo al terreno y a las condiciones. La misma también tiene otras características, que pueden variar con los fabricantes, como lo son: la cabina del operador, los mandos, el sistema eléctrico, las bombas, motores y válvulas.

- ***Boom, brazo y cucharón***

Se puede encontrar una variedad grande de estas tres partes, de acuerdo a cada fabricante y a las diferentes aplicaciones que se pueden realizar con la combinación de las longitudes y formas del boom y el brazo, la capacidad y forma del cucharón y los diferente aditamentos que se pueden instalar en lugar del cucharón. Es necesario tener en cuenta que si se aumenta la longitud estándar del boom o del brazo, las fuerzas de excavación del brazo o del cucharón disminuyen.

## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **Excavadoras de empuje:** llamada también “pala excavadora o pala frontal”, es una máquina que realiza las mismas funciones elementales de excavación que una simple pala de mano. Son éstas: hincar la cuchara, levantar la carga, girar la misma y verter después el contenido ya en la posición girada.



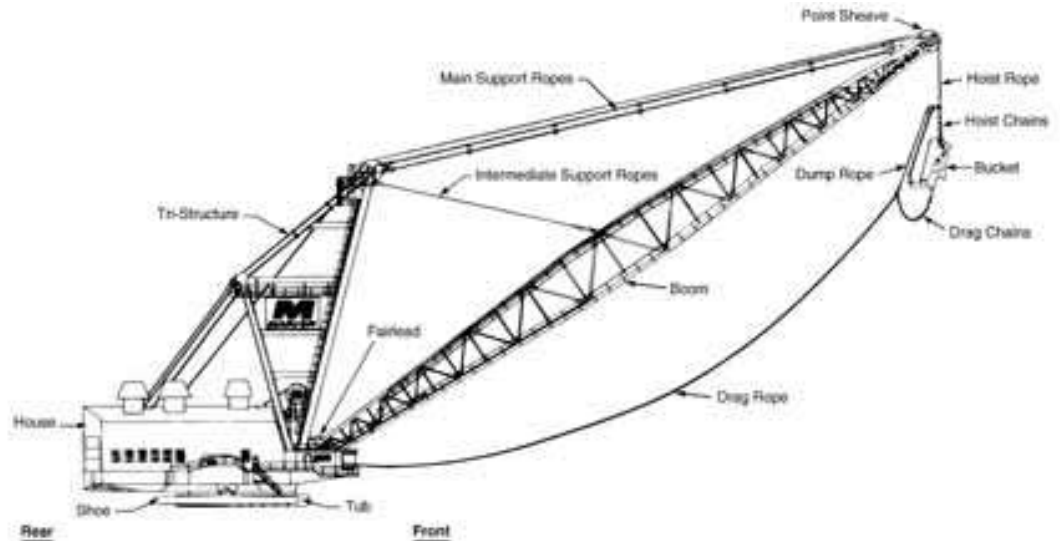
## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- Excavadoras de empuje



## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **Dragalina:** Está dentro de la clasificación de excavadora de cables. Consta de un balde que se lanza sujeto a unos cables recogiendo tierra en su interior al cobrar éstos. Una vez realizada la carga del balde, éste queda colgado de tal manera que no vierte la tierra, pudiéndose mantenerlo suspendido y ser girado para depositar el cargamento en cualquier otra posición próxima dentro del alcance de la pluma.



Fuente: Surface Mining, capítulo 6

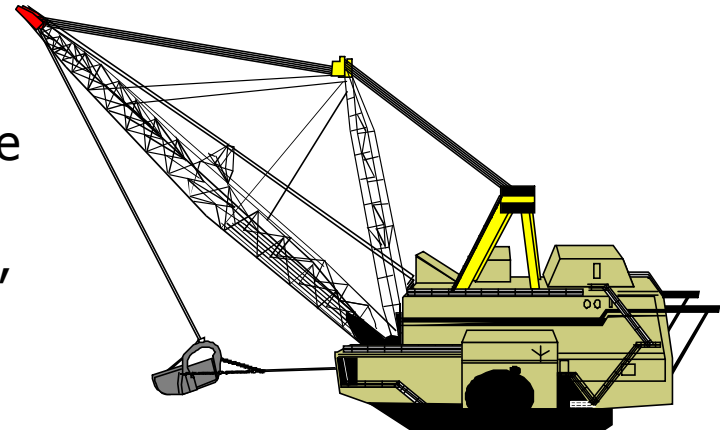
# Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **Dragalina**

(ITGE, 1997) La primera dragalina fue patentada por Ralph Osgood en 1880 y fue descrita como una excavadora de vapor que trabajaba hacia atrás. En 1912 la Compañía Bucyrus construyó la primera dragalina montada sobre orugas, con un motor que podía funcionar opcionalmente con vapor, gasolina o electricidad.

El principal campo de aplicación de las dragalinas se encuentra en las explotaciones de yacimientos de carbón, aunque también se emplean en otro tipo de yacimientos.

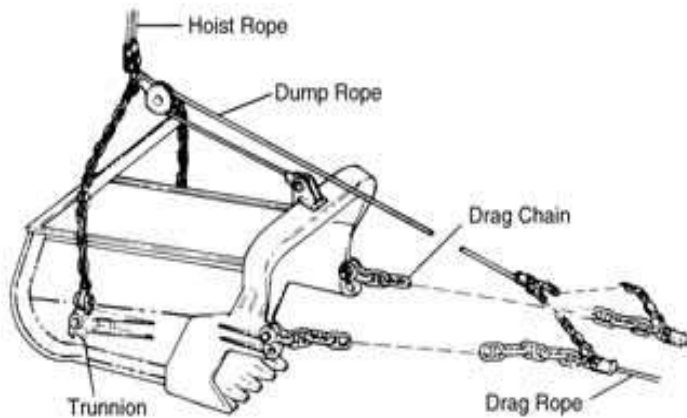
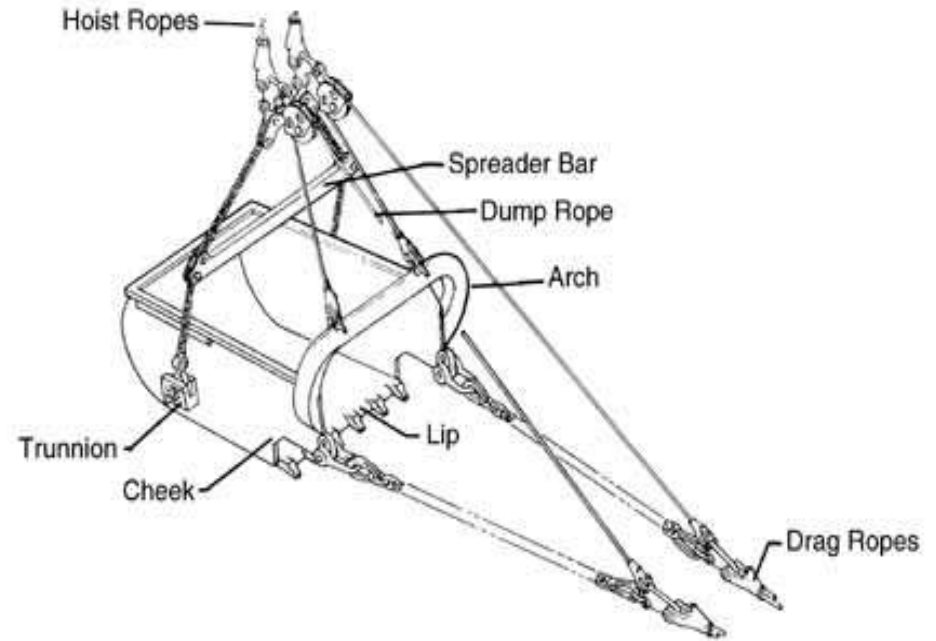
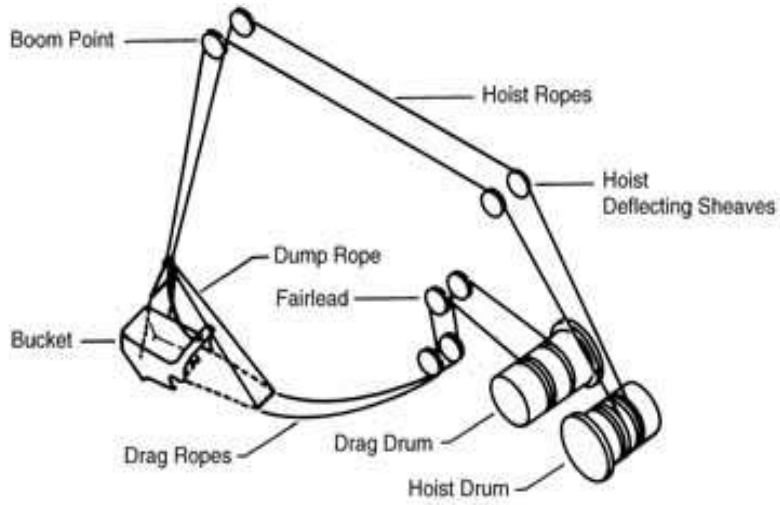
Debido a su gran rango de vertido y profundidades de excavación, estas máquinas pueden realizar el transporte del material desde los 30 a 200m del frente de excavación. Estas máquinas se mueven relativamente poco, ya que existe un gran volumen de material asociado a cada posición (frente del equipo).





# Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **Dragalina. Elemento de carga**



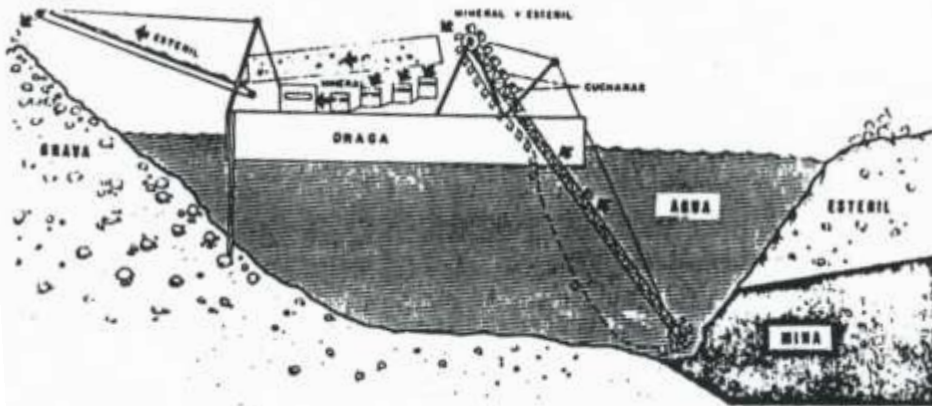
Fuente: Surface Mining, capítulo 6

## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **Draga:** grúa de arrastre con elemento cortante que trabaja removiendo sedimento de fondos lacustre o fluviales.

Las dragas son máquinas clásicas de excavación de materiales sueltos poco consolidados (ITGE, 1995) que se encuentran bajo una lámina de agua (ITGE, 2000). Están formadas por un casco flotante, algunas veces desmontable y el equipo de extracción propiamente dicho.

Se requiere que el espacio a explotar esté inundado de agua, bien sea de forma natural o artificial y que las reservas explotables sean suficientes. Las profundidades máximas de dragado pueden llegar hasta 50m (ITGE, 2000)



En 1565, se construyó en Holanda la draga que puede considerarse la primera máquina minera de funcionamiento continuo que se inventó. (ITGE, 2000)

## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **Tipos de dragas** (ITGE, 2000): estos equipos se utilizan tanto en minería como en obras civiles. Estas se pueden clasificar en dos grandes grupos:
  - **Mecánicas:** De cuchara, de cangilones y de rodete-succionadora.
  - **Hidráulicas:** Cortadora-succionadora y de succión en marcha.

### Ventajas

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

### Desventajas

- Fuertes impactos ambientales.
- Necesidad de agua, de 3000 a 4000 l/m<sup>3</sup> de material explotado.
- Campo restringido a materiales poco consolidados o fácilmente disgregables bajo ataque hidráulico o combinado.
- Alta inversión de capital con equipos grandes.
- Poca flexibilidad y selectividad.

## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **Retroexcavadora:** realiza la misma función que la pala excavadora, pero en vez de recoger la tierra por encima del nivel de sus orugas o sistema de sustentación, la hace en un plano inferior; por esta razón, es muy empleada para la excavación de zanjas.



# Excavadoras para cada tipo de trabajo

- Retroexcavadoras



Fuente: Surface Mining, capítulo 6



Fuente: [www.cat.com](http://www.cat.com)

# Excavadoras para cada tipo de trabajo

- Retroexcavadoras



ras

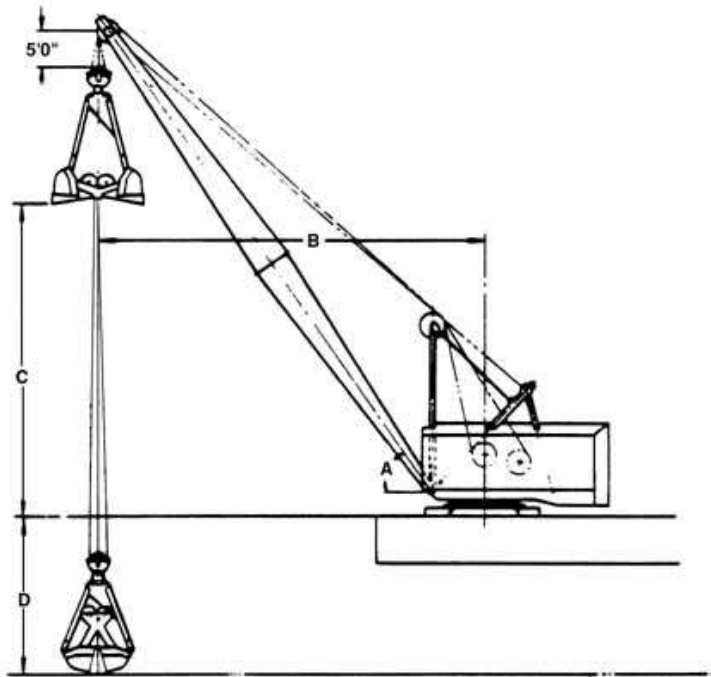
## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- *Walking Excavator (TEREX)*



## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **La cuchara de almejas:** Es un tipo de excavadora de cable (Haddock, 2007). Tiene un dispositivo que, dejándola caer desde una posición elevada, recoge entre sus valvas el material que quiere elevar, cerrando éstas mediante un sistema de cables, lo que permite proceder a la elevación, ya que entonces el material no se derramará (si bien depende de su contenido de humedad) (Díaz del Río, 2007).

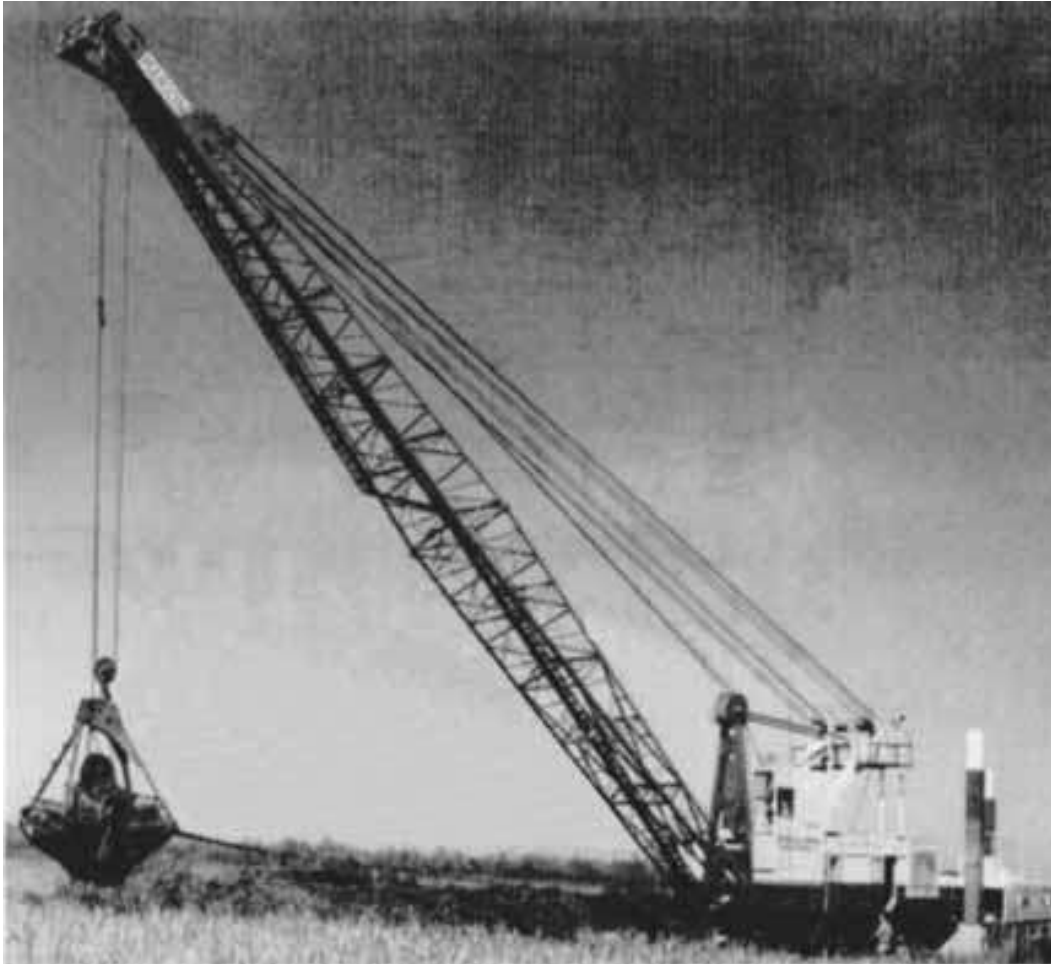


Fuente: Surface Mining, capítulo 6



## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- Clamshell o cuchara de almeja



Fuente: Surface Mining, capítulo 6

Fuente: Mining Environmental Management (Dic. 2005)



# Excavadoras para cada tipo de trabajo

- Clamshell o cuchara de almeja



## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **Rotopala** (ITGE, 2000): elemento giratorio con múltiples baldes para carga de material.



En 1881, fue cuando se construyó y patentó una máquina en los Estados Unidos, que puede considerarse como la primera rotopala, accionada a vapor y diseñada por C.A. Smith

La rotopala es una máquina de producción continua en la que las funciones de arranque, carga y transporte, dentro de ella, están separadas, siendo realizadas las dos primeras por el rodete y la última por un sistema de cintas transportadoras.

### **Ventajas:**

- Son máquinas de excavación continua.
- Pueden operar por encima o por debajo del nivel de oruga o apoyo.
- Puede trabajar con bancos de diferente altura.
- El sistema de trabajo proporciona taludes muy estables y bancos anchos.
- Permite una gran selectividad en la excavación.

### **Desventajas:**

- Requieren mantenimiento amplio y complejo.
- Configura sistemas poco flexibles.
- No puede excavar materiales compactos y abrasivos.

# Excavadoras para cada tipo de trabajo

- Rotopalas o pala de canjilones



Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

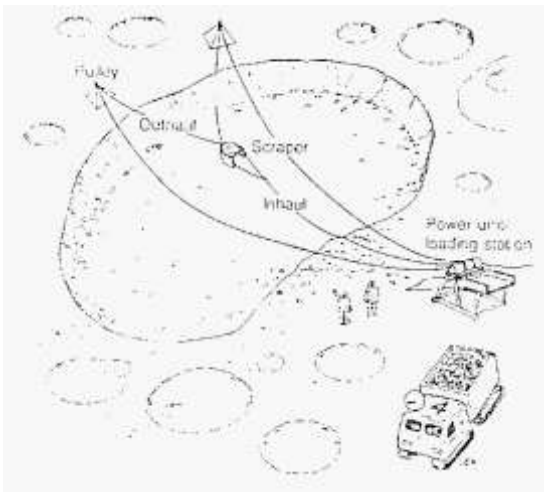
## Excavadoras para cada tipo de trabajo

- **Cuchara de arrastre o *scraper*:** trailla de cable, pala de arrastre, escrepa de arrastre. Consiste en un cucharón metálico cuya función es el arrastre de mineral.

Están constituidos por una cuchara y un carro de traslación que son accionados por un sistema de cables (ITGE, 1995).

Proporciona dos velocidades: una lenta de excavación y otra rápida de transporte.

El accionamiento puede ser eléctrico o por motor diesel.



## **CARGADORES SOBRE LLANTAS (cauchos)**

Son máquinas muy versátiles y de alta maniobrabilidad, se emplean generalmente para apilamientos, cargue de volquetas y alimentación de tolvas. También pueden utilizarse para el arranque de materiales.



Los cargadores frontales o cargadores, son unidades de ruedas o cadenas dotadas de un cucharón en la parte delantera. Son equipos muy versátiles, utilizados en funciones de carga y transporte fundamentalmente, en condiciones secas (ITGE, 1995).

Las características generales de diseño son:

- Chasis articulado en los modelos de ruedas.
- Accionamiento diesel o diesel-eléctrico.

## CARGADORES FRONTALES.



Ventajas (ITGE, 2000):

- Gran movilidad.
- Importante ancho de balde, que le permite el manejo de grandes bloques o piezas.
- Adaptabilidad a diferentes métodos de arranque y transporte.

Desventajas:

- Requieren de un tratamiento del material a cargar, mediante empuje para evitar que se produzca un descenso drástico de la producción.
- Precisan de amplio espacio para maniobrar.
- Necesitan bancos de altura reducida para operar con seguridad.

## CARGADORES FRONTALES. Varios modelos



Los primeros cargadores frontales aparecieron en Estados Unidos en 1939 y consistía en un tractor de ruedas con un balde en la parte delantera accionado por cables (ITGE, 2000) los cuales comenzaron como equipos para la agricultura (Haddock, 2007).



Estos equipos, por su gran movilidad, maniobrabilidad y versatilidad han tenido gran popularidad, tanto en obras civiles como en minería a cielo abierto, alcanzando su mayor auge en la década de los setenta del siglo XX, aunque ya habían tenido bastante avances en su diseño después de la II Guerra Mundial (ITGE, 2000).



Los cargadores viene equipados por muchos tamaños de baldes, dependiendo de la densidad del material que se requiere mover (Haddock, 2007).



## **SELECCIÓN DE CARGADORES SOBRE RUEDAS** (Solanilla, 2003)

- Para el sistema de ataque del material, los cucharones o balde pueden ser: para uso general o con “nariz” o cuchilla especial para rocas.
- **Capacidad del cucharón**, medida a ras o colmada.
- **Carga nominal** (*rated load*): es la carga de operación.
- **Fuerza de rotura o desprendimiento** (*breakout force*): es la fuerza máxima continua de ascenso en sentido vertical, ejercida a 100 mm detrás del filo de la cuchilla y conseguida debido a que el cucharón puede levantarse o girar hacia atrás alrededor de un punto de pivote especificado.

Para tomar una decisión, el equipo debe tener la mayor fuerza de rotura, comparado con otros similares en potencia y peso.

- **Carga de volteo** (*tripping load*): es el peso mínimo en kg (lb) en el centro de gravedad de la carga nominal en el cucharón, que hará rotar la máquina hasta un punto donde las ruedas traseras se levantan del suelo bajo ciertas condiciones de operación (consultar Solanilla, 2003, pág 47).

Entre mayor sea la capacidad de esta carga en las especificaciones de la máquina comparada con otras de la misma potencia y peso, el cargador debe tener mejor equilibrio o estabilidad en las maniobras que realiza con la carga.

## **SELECCIÓN DE CARGADORES SOBRE RUEDAS** (Solanilla, 2003)

- **Capacidad de levantamiento.** Entre mayor sea la capacidad de levantamiento en las especificaciones de la máquina, comparada con otras de la misma potencia y peso, el cargador puede maniobrar mayores cargas o trabajar mejor con cargas por debajo del peso máximo.
- **Altura de descarga:** la distancia vertical en mm (pulg) desde el suelo hasta el punto más bajo de la cuchilla o dientes, con el pasador de la bisagra del cucharón a su altura máxima y el cucharón a un ángulo de descargue de 45°.
- **Alcance de descarga:** la distancia horizontal en mm (pulg) desde el punto más distante de la máquina (incluyendo neumáticos, orugas o bastidores de cargue), hasta el punto posterior mas distante del borde cortante del cucharón, con el pasador de la bisagra del cucharón a una altura máxima y el cucharón a un ángulo de descarga de 45°.

Al realizar una comparación entre cargadores con pesos y potencias similares, el que tenga mayor altura y alcance de descarga, será más versátil para las maniobras de cargue con diferentes tipos de camiones y en terrenos con pisos no planos.

# SELECCIÓN DE CARGADORES SOBRE RUEDAS

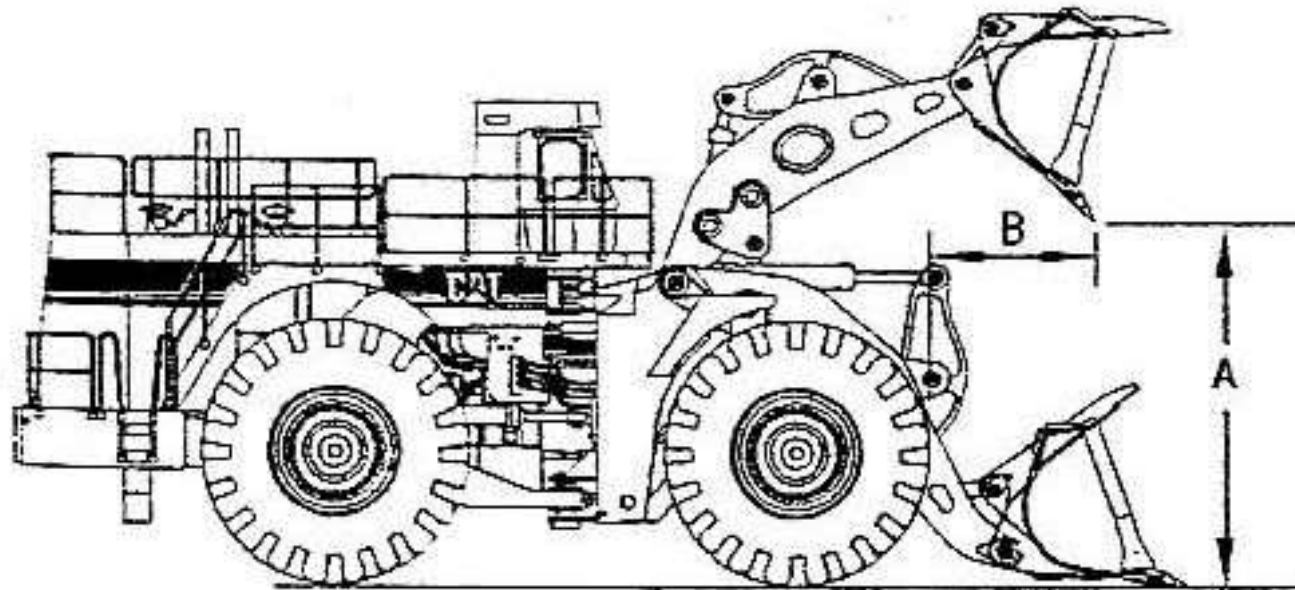


Ilustración 17

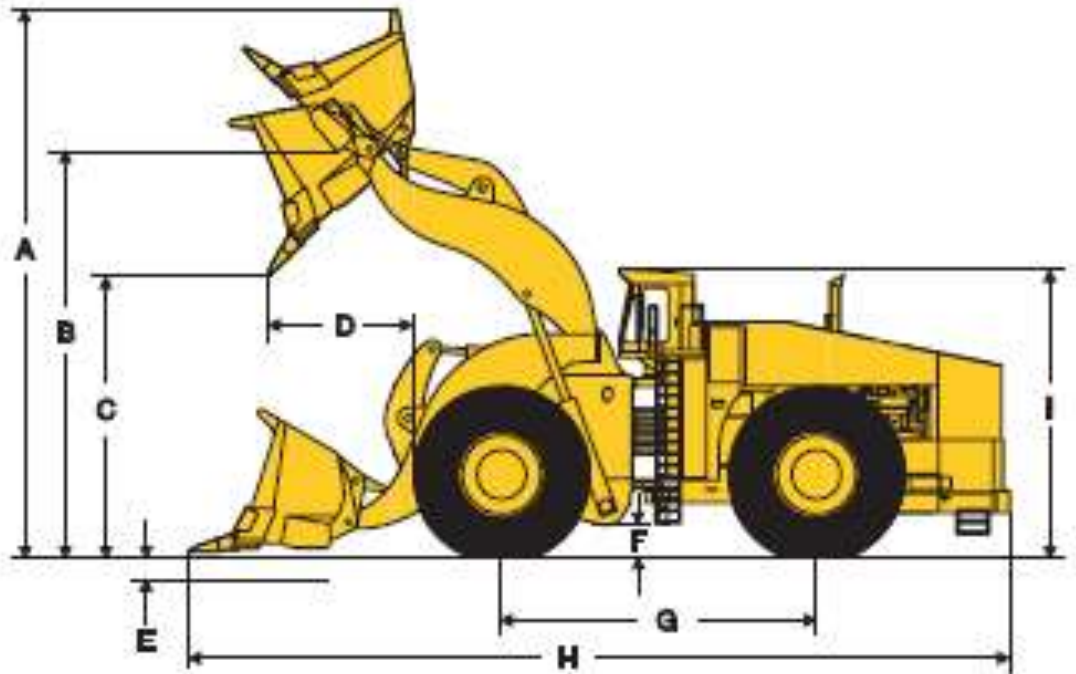
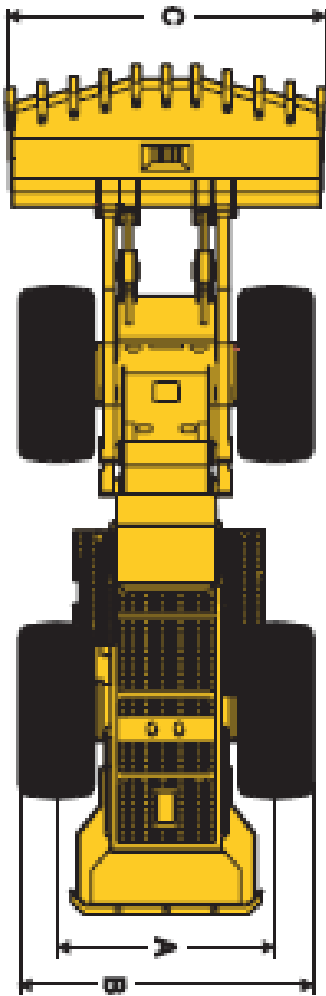
g00539698

Ejemplo típico de Cargador de ruedas

La dimensión (A) representa la altura libre de descarga. La dimensión (B) representa el alcance.

Tomado: Manual de operación y mantenimiento. CAT994D

# SELECCIÓN DE CARGADORES SOBRE RUEDAS



Tomado: Le Tourneau, Manual del L-1350.

Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

## **SELECCIÓN DE LAS MÁQUINAS EXCAVADORAS**

- La dureza o consolidación del material a extraer o excavar resulta fundamental. P.E. cuando se pretende hacer la excavación de materiales rocosos duros, aunque sean previamente volados con dinamita u otros explosivos, no es aconsejable el empleo de palas excavadoras con capacidad inferior a los tres cuartos de metro cúbico (Díaz del Río, 2007)

El rendimiento de una excavadora, es función de la capacidad de la cuchara y varía en amplios márgenes según el tipo de material a excavar y cargar. Existe una regla aproximada como la siguiente: por cada metro cúbico de capacidad de cuchara, una pala carga por hora 100 m<sup>3</sup> de material blando y 70 m<sup>3</sup> de material duro o rocoso.

La cota de excavación influye también de manera muy notable en el rendimiento de una pala. En el próximo cuadro se muestra algunos tipos de palas.

## RENDIMIENTO EN M<sup>3</sup>H. PALAS EXCAVADORAS

CLASE DE MATERIAL	TAMAÑO DEL CUCHARÓN (M <sup>3</sup> )								
	0.29	0.38	0.58	0.77	0.96	1.15	1.35	1.5	1.9
Tierra húmeda o arcilla arenosa y liviana	65	88	125	155	190	220	245	270	310
Arena y grava	60	85	120	150	175	205	230	250	300
Tierra común	53	73	105	135	160	185	205	230	270
Arcilla dura	38	57	85	110	140	160	180	200	235
Roca bien fragmentada	30	45	73	95	120	140	155	175	210
Material común con raíces y rocas	23	38	61	80	100	120	140	153	187
Arcilla mojada y pegajosa	19	30	54	73	92	110	126	141	175
Rocas mal fragmentadas	12	19	38	57	73	88	107	122	150

Tomado de Díaz del Río (2007)

**Operaciones Mineras. Tema 4**

**Profesora Aurora B. Piña D.**

## **SELECCIÓN DE LAS MÁQUINAS EXCAVADORAS** (Díaz del Río, 2007)

- Se entiende por óptima cota de excavación, o profundidad de corte, aquella con la que se consigue un máximo rendimiento en volumen excavado y la posibilidad de llenar completamente la cuchara sin dificultades en un solo recorrido de la misma.
- El ángulo horizontal que tiene que girar la excavadora para verter el producto cargado tiene una importancia fundamental en el rendimiento. Lo normal es que se imponga a la pala movimientos de giro no superiores a los 70 grados, no debiendo sobrepasar los 90 grados.
- La excavadora necesita un lugar suficientemente amplio para poder evolucionar con facilidad. Los espacios libres necesarios para su operación vienen indicados en los catálogos que se entregan en todas las máquinas.
- Para elegir una máquina excavadora hay que tener en cuenta el volumen de las cajas de los camiones que la sirven. Se da como regla general para la elección de una pala excavadora y atendiendo a los elementos de transporte que éstos pueden ser llenados con cuatro pases.

# "ÓPTIMA" PROFUNDIDAD DE CORTE PARA PALAS EXCAVADORAS

CAPACIDAD DEL CUCHARÓN (m <sup>3</sup> )	MATERIALES, SUELOS, ARENAS, GRAVA, ETC. (m)	MATERIALES MEDIANOS TIERRA COMÚN (m)	MATERIALES DIFÍCILES, ARCILLAS DURA, MOJADA Y PEGAJOSA (m)
0.29	1.15	1.37	1.83
0.38	1.40	1.43	2.13
0.58	1.62	2.07	2.44
0.77	1.83	2.38	2.74
0.96	1.98	2.60	2.99
1.15	2.13	2.80	3.26
1.35	2.25	2.96	3.51
1.50	2.38	3.11	3.72
1.90	2.56	3.41	4.05

Tomado de Díaz del Río (2007)



# FACTORES DE CORRECCIÓN PARA LA PROFUNDIDAD DE CORTE Y GIROS EN PALAS EXCAVADORAS

PROFUNDIDAD DE LA EXCAVACIÓN EN PORCENTAJE DE LA ÓPTIMA PROFUNDIDAD	GIROS (en grados)						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0.93	0.89	0.85	0.80	0.72	0.65	0.59
80	1.10	1.03	0.96	0.91	0.81	0.73	0.66
100	1.22	1.12	1.04	0.98	0.86	0.77	0.69
100	1.26	1.16	1.07	1.00	0.88	0.79	0.71
120	1.20	1.11	1.03	0.97	0.86	0.77	0.70
140	1.12	1.04	0.97	0.91	0.81	0.73	0.66
160	1.03	0.96	0.90	0.85	0.75	0.67	0.62

Tomado de Díaz del Río (2007)

**Operaciones Mineras. Tema 4**

**Profesora Aurora B. Piña D.**

# SELECCIÓN DE LAS MÁQUINAS EXCAVADORAS

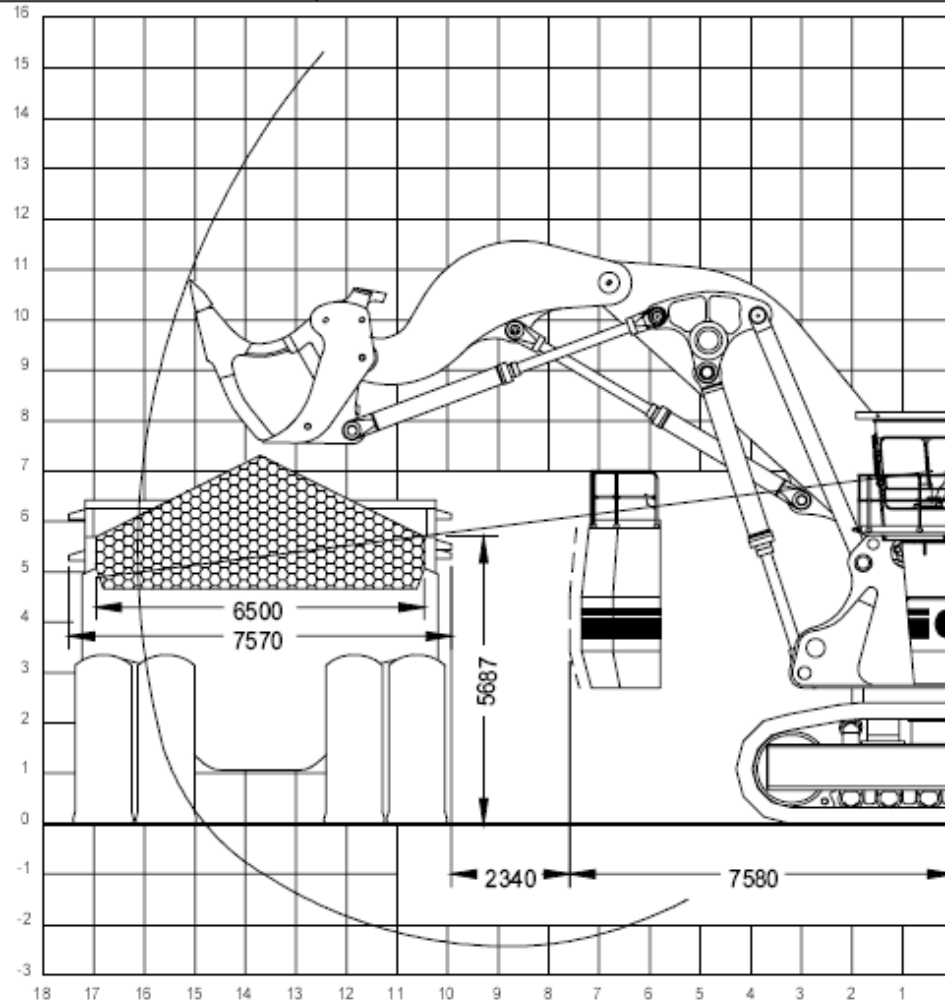


RH 200 Shovel Attachment No. 5

200\_FS\_05

Loading situation with CAT 793C

05 - 01



**Excavator** **RH 200**

Tail swing radius 7.58 m

Operator's eye level (standard) 7.00 m

**Truck** **793C**

Outer width of body 8.69 m

Inner width of body 6.50 m

Height of loading edge (loaded) 5.69 m

**Max. safety distance** **2.34 m**

# SELECCIÓN DE LAS MÁQUINAS EXCAVADORAS



RH 200 General No. 1

200\_GE\_01

Theoretical Stability Calculation on Slopes

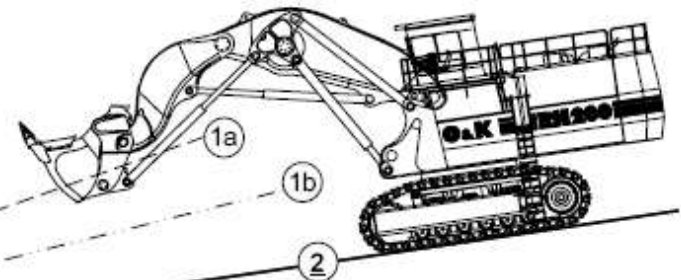
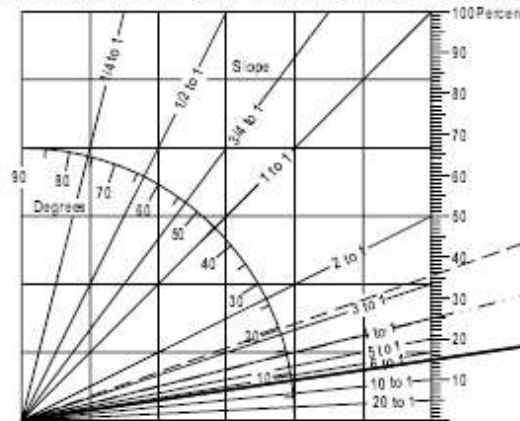
08-01

RH 200 with 7.965 m boom, 5.1 m arm and 26 m<sup>3</sup> (2:1) bucket; material density 1.8 t/m<sup>3</sup>; max. momentum position

Max slopes determined by:

1. Undercarriage parallel

- a) Safety factor 1.0 (100 %) 19.5 °
- b) Safety factor 1.33 (75 %) 14.0 °



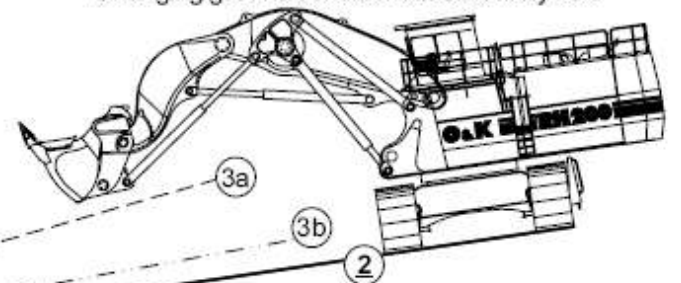
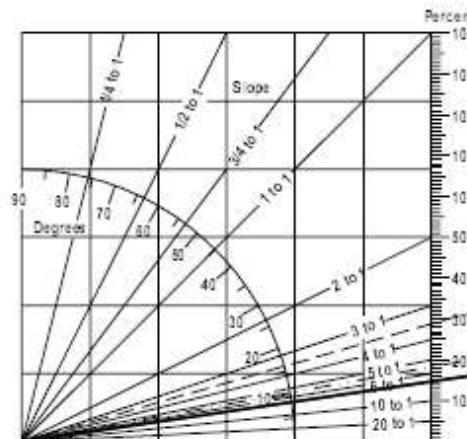
2. Hydraulic capability to swing hillside

8.6 °

Grade Comparison Chart  
Degrees - Percent - Slope

3. Undercarriage cross

- a) Safety factor 1.0 (100 %) 16.1 °
- b) Safety factor 1.33 (75 %) 10.4 °



**CAUTION!** Operating shovels on slopes create:

- high wear rate on crawler parts
- high wear rate on swing ring
- extraordinary loads on structural parts
- higher loads on powertrain
- longer cycle times
- inconvenience for operator

Changing ground conditions are a safety risk.

## **SELECCIÓN DE UNA DRAGALINA** (Díaz del Río, 2007)

- El transporte es muy corto y se realiza por giro de la pluma de la misma máquina. Sin embargo, hay casos que la dragalina se utiliza para la carga de vehículos de transporte.
- Es normal que para las distintas tareas a realizar por una dragalina se pueda elegir los baldes de tipo ligero, medio y pesado, según el trabajo al que sean sometidos y en función de la dureza del material a arrancar. Es conveniente escoger el balde mas ligero para el trabajo a realizar.
- Los giros admisibles de la máquina pueden alcanzar y sobrepasar los 90 grados; aunque no es frecuente que se presenten en la práctica giros menores.

La siguiente tabla muestra las producciones normales y profundidades óptimas, ofreciendo un par de valores, cuya cifra superior indica la óptima profundidad de corte en metros, mientras que la cifra inferior señala la producción en metros cúbicos por hora.

# PALAS EN CUCHARÓN DE ARRASTRE (DRAGALINAS). ÓPTIMA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN. RENDIMIENTO

MATERIAL	CAPACIDAD DEL CUCHARÓN (m <sup>3</sup> )								
	0.29	0.38	0.58	0.77	0.96	1.15	1.35	1.50	1.90
TIERRA O ARCILLA LIVIANA	1.52	1.68	1.83	2.01	2.13	2.25	2.35	2.44	2.60
	54	73	100	122	149	168	187	203	233
ARENA O GRAVA	1.52	1.68	1.83	2.01	2.13	2.25	2.35	2.44	2.60
	50	69	96	118	141	160	180	195	225
TIERRA COMÚN	1.83	2.04	2.25	2.44	2.60	2.74	2.89	3.02	3.20
	42	57	80	103	126	145	160	176	203
ARCILLA DURA	2.22	2.44	2.65	2.83	3.05	3.26	3.44	3.6	3.75
	27	42	69	84	103	122	138	149	176
ARCILLA PEGAJOSA Y MOJADA	2.22	2.44	2.65	2.83	3.05	3.26	3.44	3.60	3.75
	15	23	42	57	73	84	100	111	134

Tomado de Díaz del Río (2007)

# FACTORES DE CORRECCIÓN PARA LOS CÁLCULOS DE RENDIMIENTO A VARIAS PROFUNDIDADES DE CORTE Y ÁNGULOS DE GIRO

PROFUNDIDAD DE LA EXCAVACIÓN EN PORCENTAJE DE LA ÓPTIMA PROFUNDIDAD	GIRO (en grados)							
	30	45	60	75	90	120	150	180
20	1.06	0.99	0.94	0.90	0.87	0.81	0.75	0.70
40	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.85	0.78	0.72
60	1.25	1.13	1.06	1.01	0.97	0.88	0.80	0.74
80	1.29	1.17	1.09	1.04	0.99	0.90	0.82	0.76
100	1.32	1.19	1.11	1.05	1.00	0.91	0.83	0.77
120	1.29	1.17	1.09	1.03	0.98	0.90	0.82	0.76
140	1.25	1.14	1.06	1.00	0.96	0.88	0.81	0.75
160	1.20	1.10	1.02	0.97	0.93	0.85	0.79	0.73
180	1.15	1.05	0.98	0.94	0.90	0.82	0.76	0.71
200	1.10	1.00	0.94	0.90	0.87	0.79	0.73	0.69

Tomado de Díaz del Río (2007)

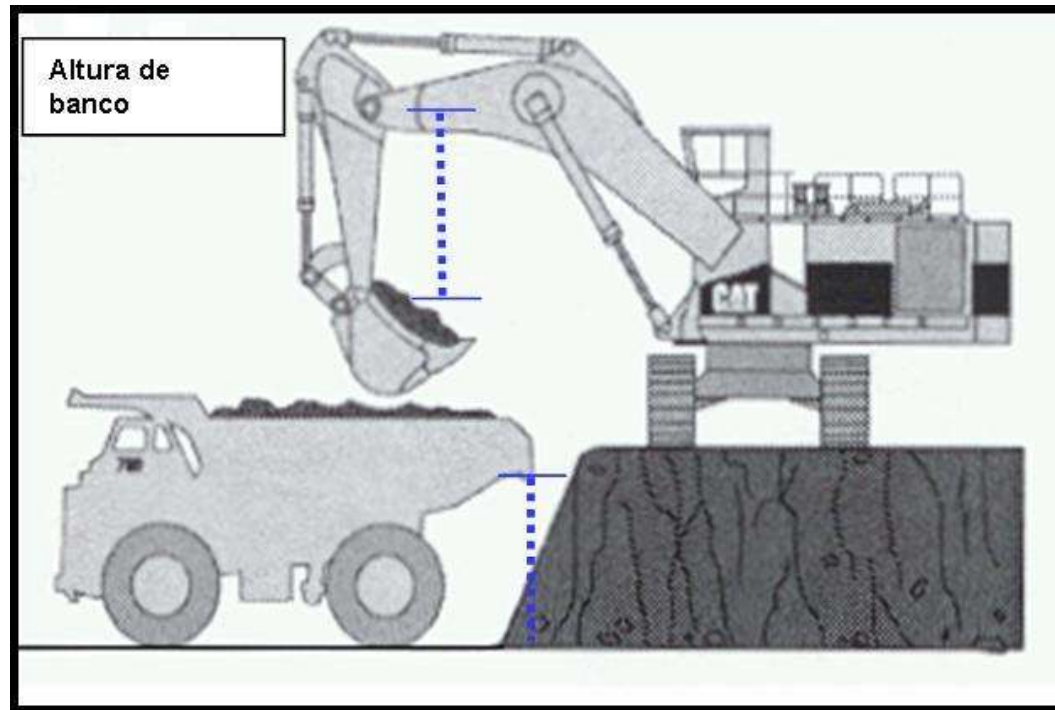
**Operaciones Mineras. Tema 4**

**Profesora Aurora B. Piña D.**

## SELECCIÓN DE UNA RETROEXCAVADORA (Díaz del Río, 2007)

Lo que define generalmente una retroexcavadora es el ancho de corte de la cuchara o balde. Por lo que se refiere a giros, puede entenderse a ésta lo dicho para las excavadoras frontales.

Pueden encontrarse retroexcavadoras con capacidad inferior a 1 m<sup>3</sup> de cuchara o balde



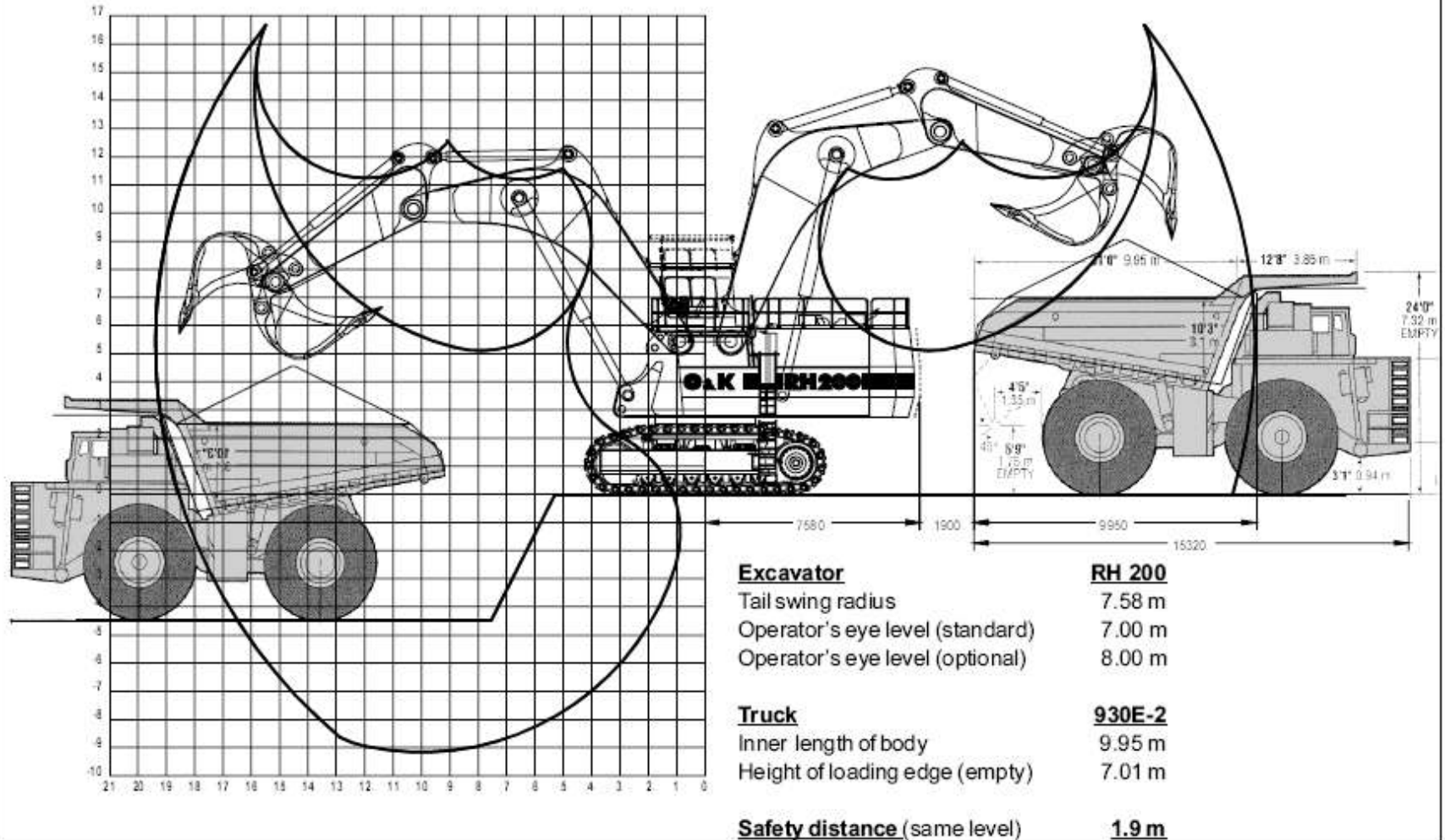
# SELECCIÓN DE UNA RETROEXCAVADORA



**RH 200 Backhoe Attachment No. 4**  
**Loading situation with Komatsu 930E-2 at 4.5 m bench**

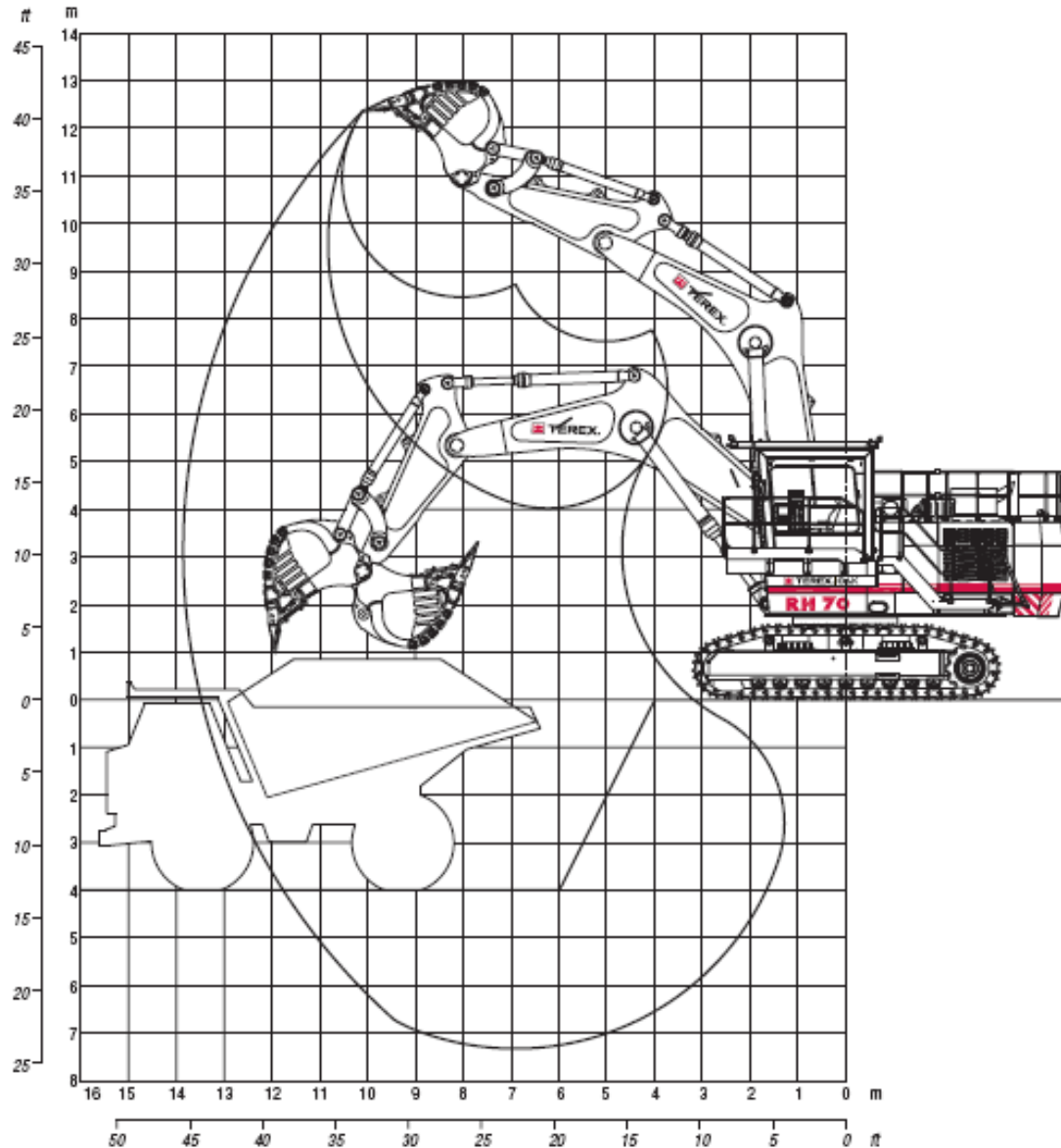
**200\_BH\_04**

**10 - 01**





# SELECCIÓN DE UNA RETROEXCAVADORA



## **SELECCIÓN DE CUCHARA DE ALMEJA** (Díaz del Río, 2007)

Las cucharas de almejas, por el hecho de tener una carga límite máxima a elevar, su uso práctico debe ser compatible con su estabilidad.

Los catálogos que se entregan con las máquinas, proporcionan gráficos suficientemente significativos para evaluar la carga límite que puede ser elevada por una cuchara de almeja.



## **SELECCIÓN DE MINERODUCTOS** (ITGE, 1995)

Este equipo emplea transporte por hidromezclas. Las hidromezclas conocidas son preparadas con materiales granulares cuyos pesos específicos varían desde ligeros a pesados: gilsonita (1,1), arenas silíceas, calizas, fosfatos (2,7), concentrados de cobre (4,3) y minerales de hierro (4,9).

La dureza es una propiedad que afecta el transporte hidráulico.

Hay que considerar además:

1. Granulometría;
2. Concentración de sólidos;
3. Viscosidad;
4. Comportamiento del fluido y del flujo;
5. Resistencia a la circulación;
6. Bombeo: bombas, tuberías y equipos auxiliares.

Ver: Mineroducto Antamina <http://www.youtube.com/watch?v=Mnu9ynNfdLQ>

## **SELECCIÓN DE MINERODUCTOS** (ITGE, 1995)

### Ventajas económicas:

- Eficiencia elevada, crece a mayor volumen y distancia.
- Alta fiabilidad del sistema.
- Poco sensible a la inflación.

### Flexibilidad geográfica:

- Adaptable a cualquier terreno.
- Facilita la ubicación de plantas de procesos.
- Minimiza la estancia de personal en lugares remotos.

### Seguridad y medio ambiente:

- Habitualmente enterrados, prácticamente eliminan ruido, polvos, gases, entre otros.
- Se eliminan riesgos humanos del movimiento de equipos.
- Control automatizado.
- Nula influencia de condiciones meteorológicas adversas.



Tomado de  
[http://www.antamina.com/02\\_operacion/concen\\_03.html](http://www.antamina.com/02_operacion/concen_03.html)

## TRACTORES

Los tractores (ITGE, 2000) son unidades que se empezaron a fabricar a principios del siglo XX. Los primeros fueron utilizados en la agricultura. En 1920 cuando se montó la primera hoja de empuje en un tractor, se le llamó "*bulldozer*" que era el nombre con que se conocían esas hojas y cuya traducción literal es "niveladora de toro". Desde 1940 hasta hoy los tractores han evolucionado en su diseño incorporando numerosas mejoras, incluyendo materiales más resistentes para su realización.



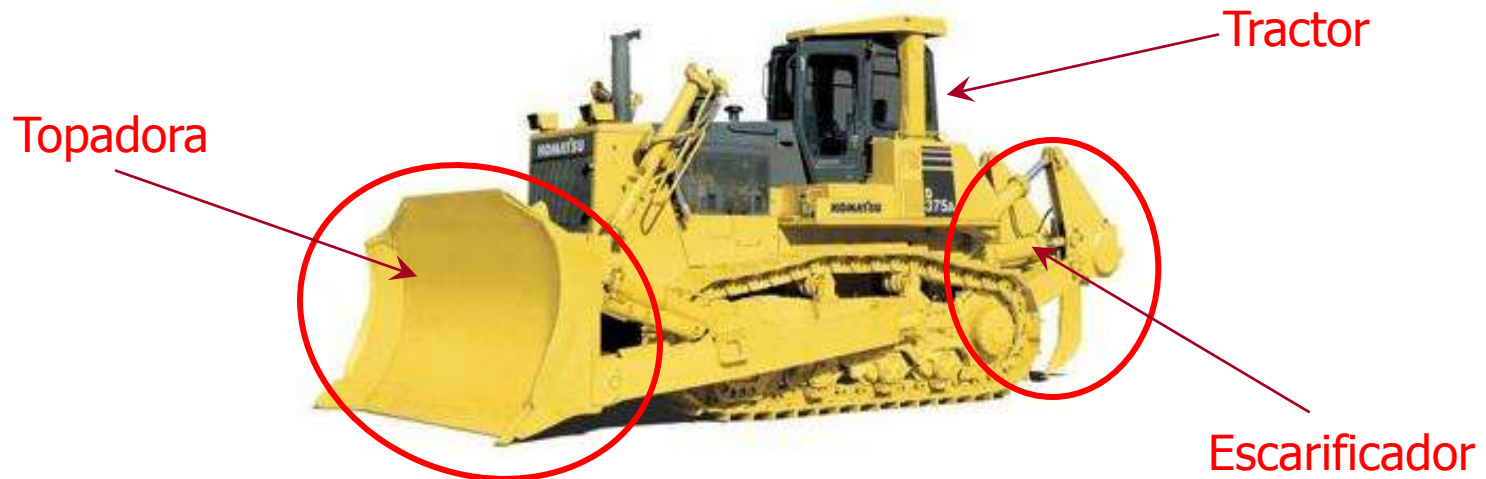
# TRACTORES

## Tipos de tractores (Díaz del Río, 2007)

- Tractor de orugas
- Tractor de neumáticos (cauchos)

## Tractores de orugas (Solanilla, 2003)

El tractor es un equipo fundamental en casi todos los proyectos que impliquen movimiento de tierra. Consta de tres partes principales: la topadora (*blade*), el tractor (*dozer*) y el escarificador (*ripper*).



## **Tractores de orugas** (ITGE, 1997)

El tractor de orugas es el más conocido dado que es empleado como unidades de producción en operaciones de arranque y empuje, tanto en minería como en el sector de la construcción civil.



## **Tractores de ruedas**

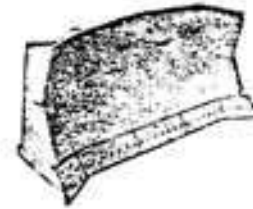
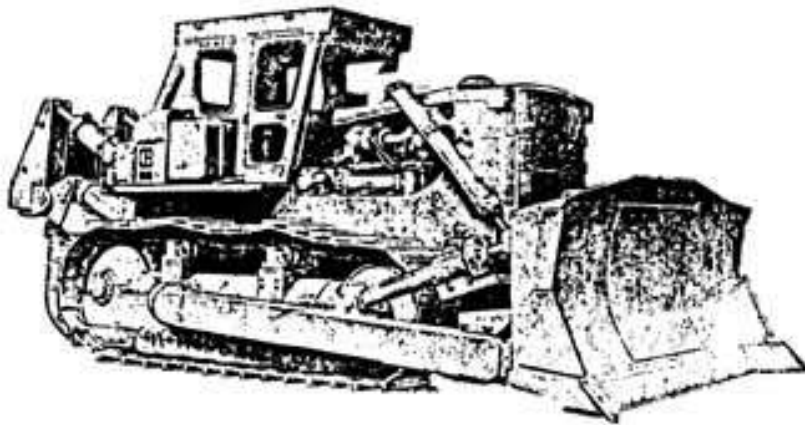
Son bastante diferenciables en su diseño, pues tienen distinto tren de rodaje con respecto al de orugas, pues los de orugas tienen un chasis rígido frente al articulado de éste.



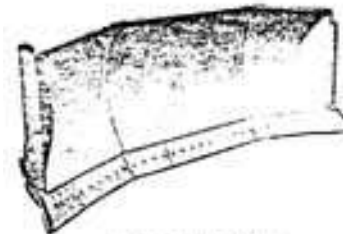
La principal diferencia operativa es la fuerza que pueden ejercer para la excavación y empuje, su disponibilidad para maniobrar en malas condiciones y la movilidad para desplazarse.

El factor más crítico a la hora de elegir es la tracción, pues el tractor de ruedas necesita más peso y potencia que uno de orugas, para la misma capacidad de empuje.

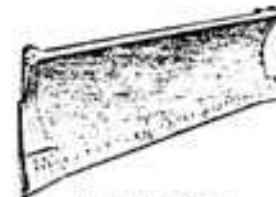
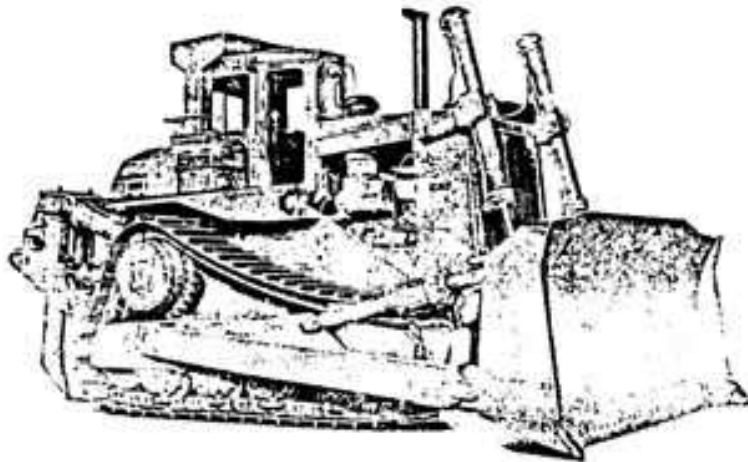
# TRACTORES Y HOJAS TOPADORAS. EJEMPLOS (Surface mining)



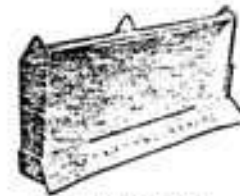
Straight 'S' Blade



Universal 'U' Blade



Angling 'A' Blade



Cushion 'C' Blade



## Tipos de topadoras

***Bulldozers*** (Solanilla, 2003)

Para escoger el tipo de topadora que se va a utilizar, primero se debe considerar la clase de trabajo (arrumar, excavar, perfilar, entre otros) que hará el tractor la mayor parte del tiempo, luego de determinar los materiales que se van a mover y las limitaciones del tractor.

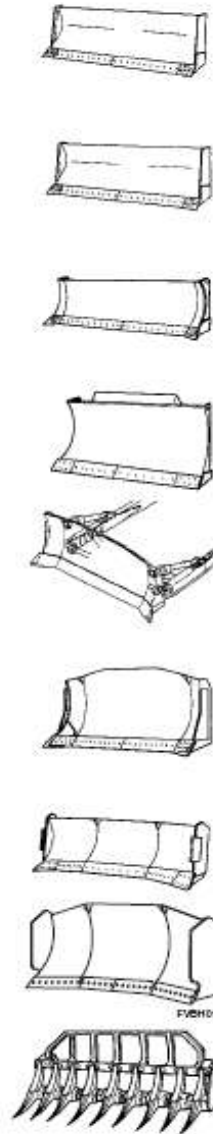
Tipos:

- **De hoja recta** (*straight*)
- **De hoja inclinable** (*straight-tilt*dozer)
- **De hoja angular** (*angle dozer*)
- **Hoja angular inclinable potenciada** (*power angle tilt*dozer)
- **Hoja en "U"** (*U-tilt*dozer)
- **Hoja en semi "U"** (*semi U-tilt*dozer)
- **Hoja de rastrillo** (*Rake*-dozer)

Ver Handbook Komatsu

## Tipos de topadoras (Komatsu)

- De hoja recta (*straight*)
- De hoja inclinable (*straight-tiltdozer*)
- De hoja angular (*angle dozer*)
  - Hoja angular inclinable potenciada (*power angle tiltdozer*)
  - Hoja en "U" (*U-tiltdozer*)
  - Hoja en semi "U" (*semi U-tiltdozer*)
- Hoja de rastrillo (*Rake-dozer*)

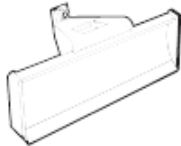


# Tipos de topadoras (John Deere)

## BLADES

See also DOZERS.

### BLADE, Backfill Excavator or Backhoe Mount



Attaches to or replaces bucket on backhoes or excavators for back-filling trenches or small excavations.

### BLADE, Clearing



Replaces dozer blade on crawler dozers. Has an extended and sharpened cutting edge that shears small trees at ground level. A splitter or stinger splits large trees and stumps for easier removal. Available in one-way and vee\* types.

### BLADE, Dozer



Used for grading, digging, and land clearing.

Six-way, all hydraulic a.k.a. PAT or power angle and tilt.

### BLADE, Landfill Dozer



Angled extensions and a high spill-screen convert the dirt dozer into one specially suited to spreading trash in sanitary landfills.

### BLADE, Landscape



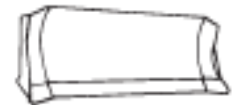
Three-point hitch, rear mounted on two-wheel-drive utility tractors. Manual or hydraulic adjustment for pitch, angle, or tilt.

### BLADE, Loader Mount



Hydraulic- or manual-angle utility blade replaces bucket or dumps to bucket.

### BLADE, Semi-U



Ends of moldboard and end bits are angled toward base, cutting edge is straight.

### BLADE, U



The ends of the dozer blade are angled forward to increase the carrying capacity in loose materials. For construction crawler dozers.

### BLADE, Woodchip Dozer



A U blade with increased height and sidewalls added to increase carrying capacity. Heavy material and coal models available.

## **Tipos de escarificadores o desgarradores**

### **Escarificadores-*Rippers*** (Solanilla, 2003)

De acuerdo al tamaño del tractor o al tipo de operación

- **De varias puntas, tipo rígido** (*multi - shank ripper – rigid type*)
- **De varias puntas, tipo variable** (*multi - shank ripper – variable type*)
- **Escarificador gigante, tipo variable** (*giant ripper – variable type*)

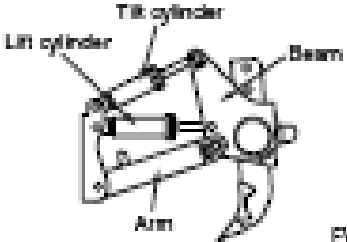
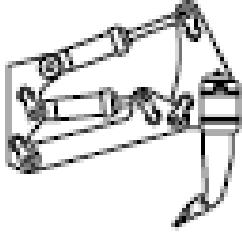
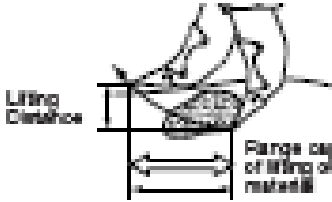
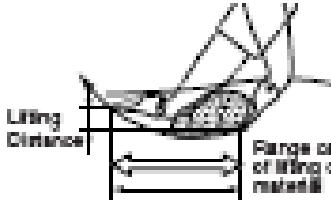
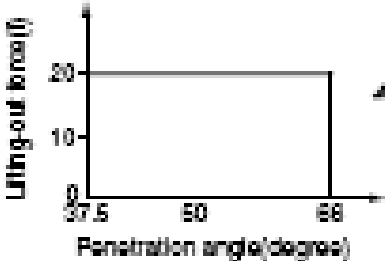
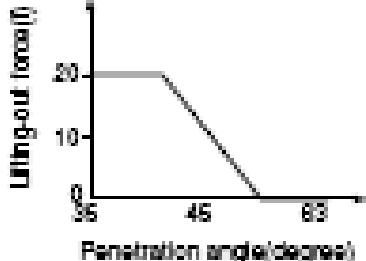
## **Puntas para los desgarradores**

### **Tipos de puntas**

- **Cortas.** Utilizadas cuando se presentan altos impactos y su rotura es un problema continuo.
- **Medianas.** Recomendables en obras de impactos moderados y abrasión no excesiva.
- **Largas.** Usados en materiales no tan denso, suelto, aunque abrasivo y las roturas por impacto no se presentan.

# Tipos de escarificadores o desgarradores

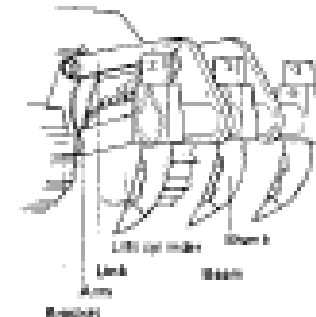
## Diferencias entre escarificadores Komatsu y convencionales

Komatsu variable type	Conventional variable type
 <p style="text-align: right;">FVGH0302</p>	 <p style="text-align: right;">FVGH0303</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>This patented mechanism lets the point make an ideal movement when the tilt cylinder is in action, which in turn gives rise to a large digging force over the entire digging angle range.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>After penetrating the ground, the point makes longer downward movements, resulting in a narrow digging angle range in which materials can be lifted or rolled out.</li> </ul>
 <p style="text-align: right;">FVGH0304</p>	 <p style="text-align: right;">FVGH0305</p>
<p>(Relationship between the digging angle and the digging force when the tilt cylinder is in action)</p>	
 <p style="text-align: right;">FVGH0304</p>	 <p style="text-align: right;">FVGH0307</p>

# Tipos de escarificadores o desgarradores (Komatsu)

## Multi-shank rippers (Rigid type)

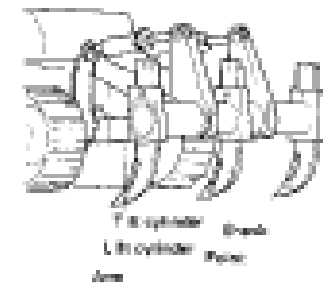
Highly efficient ripping of soft rock is possible with three shanks. The parallelogram ripper linkage maintains the shanks at the optimum digging angle during operation, regardless of the shank's penetrating depth.



## Multi-shank rippers (Variable type)

The ripper point angle can be varied hydraulically to suit the specific ground conditions.

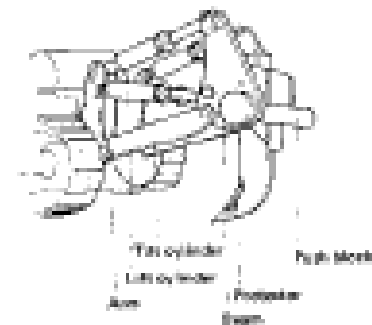
The ideal movement of ripper points ensures powerful digging force throughout the entire digging angle range.



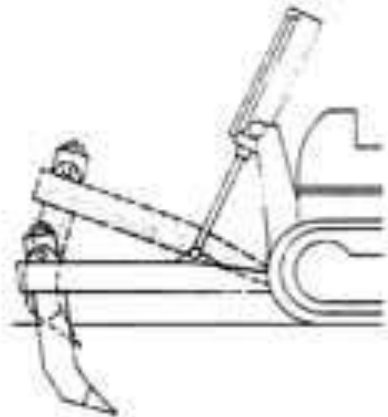
## Giant rippers (Variable type)

Specially made to handle hard rock with reinforced beam and a shank.

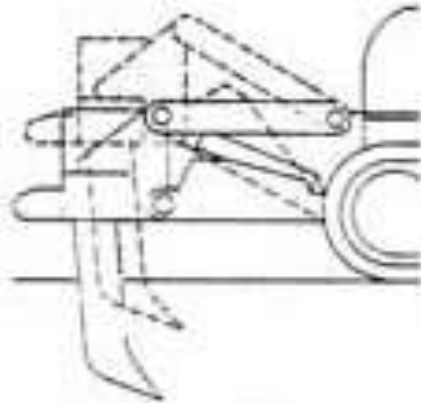
The tilt angle of the ripper point is adjustable for better penetration and fragmentation.



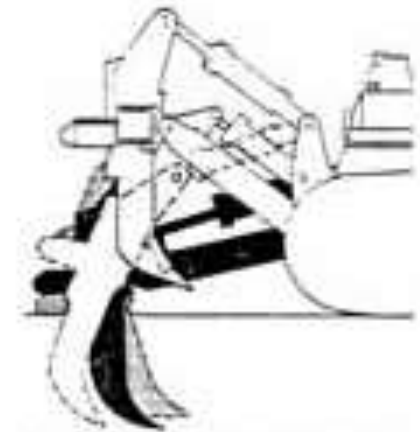
## Tipos de escarificadores o desgarradores (Surface Mining)



Radial Ripper



Parallelogram Ripper



Adjustable Parallelogram Ripper

## **TRACTOR DE RUEDAS**

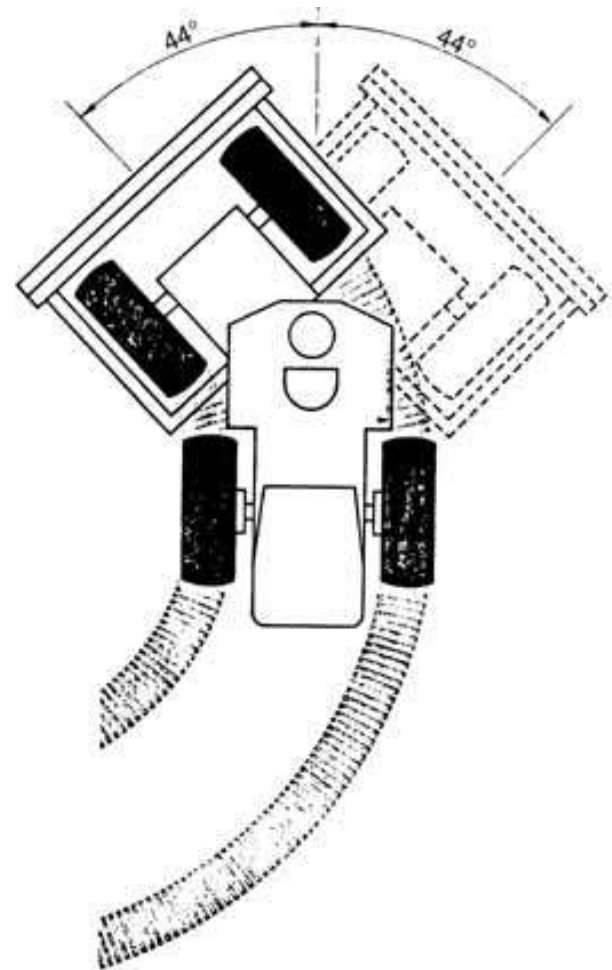
Son equipos de apoyo en mina, para limpieza de frentes de trabajo, mantenimiento de vías, limpieza de rocas y preparación de frentes para perforación y voladura.



**Cat 340, Fuente: Manual Cat**



# TRACTOR DE RUEDAS (Web CAT y Surface Mining)



# TRACTOR DE RUEDAS (Web CAT y Surface Mining)



Tomado de: MF2007 Administracion de Caminos de acarreo. Foro Tucson, Texas (2007)

## **MOTONIVELADORA**

Sirve de apoyo en las labores de mantenimiento de las vías de acarreo, trabajos de nivelación de vías en obras mineras y civiles, entre otras actividades.

La motoniveladora (Haddock, 2007) es probablemente la mas familiar de todas las máquinas de movimiento de tierra. Se diseño para realizar trabajos de remoción de nieve en invierno y mantenimiento de vías en verano. Los usos de este equipo van desde el mantenimiento y construcción de vías, pero es sin dudas, el segundo mayor utilizado en grandes proyectos de movimiento de tierra que incluyen las carreteras y vías de comunicación terrestre y la minería a cielo abierto.

El uso de la motoniveladora se extendió en minería a partir de los años 60 del siglo XX, debido al auge de los camiones de carga y a la necesidad del mantenimiento de vías de acarreo.



# MOTONIVELADORA



Tomado de: MF2007 Administracion de Caminos de acarreo. Foro Tucson, Texas (2007)

Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

## **MOTOTRAILLA** (Surface Mining/ITGE, 1997)

Al igual que la motoniveladora sirve en los trabajos de nivelación de vías y para acarrear material en el caso de la construcción de vías más permanentes.



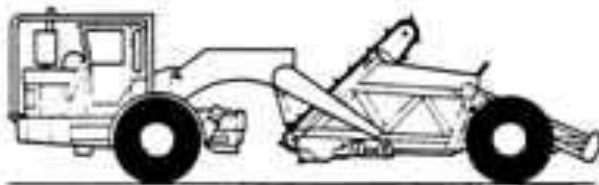
Convencional de un motor



Convencional de dos motores



Mototrailla de dos motores con dispositivo de tiro y empuje "*push-pull*"



Autocargable de un motor



Autocargable de dos motores

# MOTOTRAILLA

Son equipos de movimiento de tierras (ITGE, 1995) con capacidad para arrancar materiales en capas horizontales, cargarlo, transportarlo y verterlo. Son articuladas, compuestas por un elemento tractor y una caja. Estos equipos son muy adecuados para la retirada selectiva de suelos, antes de proceder a la extracción de material beneficiable.

La invención de la mototrailla moderna se atribuye a Robert Gilmour LeTourneau, quien era un parte del negocio de movimiento de tierra en 1920.

Desde el punto de vista operativo, las mototraillas tienen las siguientes características:

- Capacidad para extraer material por pases (tongadas) de reducido espesor.
- Posibilidad de excavación de materiales poco consolidados.
- Necesidad de preparación del terreno mediante la escarificación.
- Puede acarrear material en distancias entre 200 y 2000m.
- Mediana capacidad para remontar pendientes.



# MOTOTRAILLA. Funcionamiento de la máquina

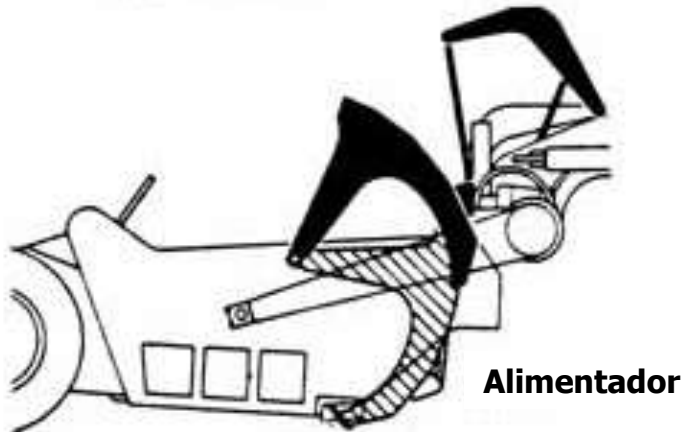


# MOTOTRAILLA

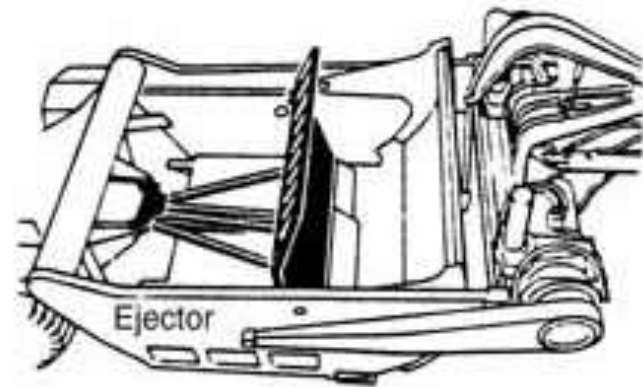
Partes de la mototrailla (Surface Mining)



**Balde**



**Alimentador**



**Ejector**



## **CAMIONES DE AGUA ó Estanque aguatero**

Utilizados en el mantenimiento de vías y en el control de polvo para minería a cielo abierto.



**Modelo CAT a escala**



# CAMIONES DE AGUA ó Estanque aguatero

## DESEMPEÑO SISTEMA DE REGADÍO Y CALCULO DE COBERTURA

## CUADRO DE VELOCIDADES

Bomba B4 (Alto Rendimiento)		
N° de Aspersores	Apertura	GPM (gal. x min)
2	1/4"	350
4	1/4"	550
2	3/8"	490
4	3/8"	705

VELOCIDAD	
10 mph	= 880 pies/min.
15 mph	= 1.320 pies/min.
20 mph	= 1.760 pies/min.
25 mph	= 2.200 pies/min.
30 mph	= 2.640 pies/min.

$$\text{Alcance de Regadío} = \frac{\text{Capacidad de Estanque (Galones)}}{\text{Flujo (GPM)}} \times \text{Velocidad del Vehículo (Pies/min)}$$

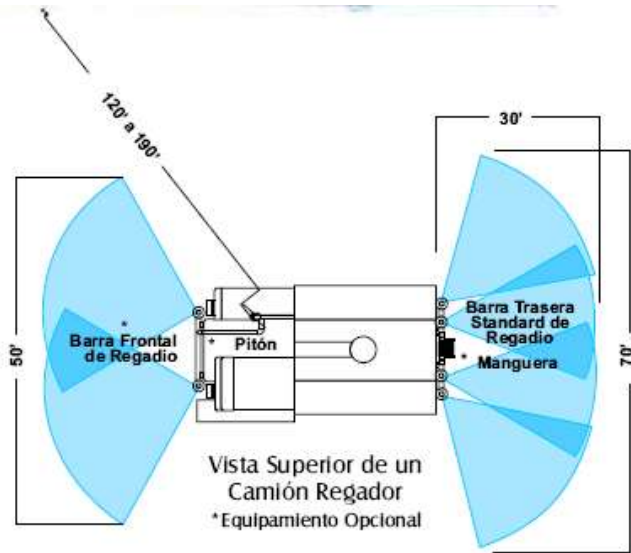
*Ejemplo:*

Capacidad del Tanque: 20.000 galones  
 Velocidad del Vehículo: 15 mph (1.320 pies/min)  
 Tasa de Flujo: 550 gpm  
 Bomba B4; 4 aspersores; apertura 1/4"

$$\text{Alcance de Regadío: } \frac{20.000 \text{ (galones)}}{550 \text{ (GPM)}} \times 1.320 \text{ (Pies/min)} = 48.000 \text{ pies (1.463,04 cm)}$$

Tomado de Komatsu (2006)

# CAMIONES DE AGUA ó Estanque aguatero



Ejemplo tomado de Komatsu HD605WT

## Komatsu HD605 WT





## OTROS EQUIPOS. Perforadoras



## Perforadoras Atlas Copco

## Perforadora Ingersoll Rand



# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES. Cálculos teórico-prácticos

## Producción de excavadoras

Depende de la carga útil media del cucharón, el tiempo medio del ciclo y la eficiencia del trabajo.

La producción por hora se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$Q = q * N * E$$

Donde:

Q: producción por hora ( $m^3 / hr$ )

q: producción por ciclo ( $m^3$ ) =  $q_l * K$

$q_l$ : capacidad colmada del cucharón de acuerdo a las especificaciones del fabricante

K: factor del cucharón

N: número de ciclos por hora =  $60 / T_c$  (1 / hr)

$T_c$ : tiempo de ciclo (min)

E: factor de eficiencia

# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

El factor del cucharón se puede escoger de acuerdo con la siguiente tabla y al tipo de excavadora: retroexcavadora o pala (de carga frontal).

## FACTOR DEL CUCHARÓN PARA RETROEXCAVADORA

MATERIAL	FACTOR DE LLENADO (% de la capacidad colmada)
Suelo natural arcilloso, arcilla arenosa, tierra suave	100 – 120
Tierra seca, tierra arenosa	95 – 110
Suelo natural arenoso con grava, arcilla dura y compacta	80 – 90
Roca bien fragmentada por voladura	60 – 75
Roca mal fragmentada por voladura	40 – 50

# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

El factor del cucharón se puede escoger de acuerdo con la siguiente tabla y al tipo de excavadora: retroexcavadora o pala (de carga frontal).

## FACTOR DEL CUCHARÓN PARA PALA

MATERIAL	FACTOR DE LLENADO (% de la capacidad colmada)
Suelo natural arcilloso, arcilla arenosa, tierra suave	100 – 110
Tierra seca, tierra arenosa	95 – 105
Suelo natural arenoso con grava, arcilla dura y compacta	85 – 100
Roca bien fragmentada por voladura	95 – 105
Roca mal fragmentada por voladura	85 – 95

Tomado de Solanilla (2003)



# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

## Producción de excavadoras

La producción por ciclo **q** es la capacidad colmada, de carga del cucharón, este dato se encuentra en las hojas de especificaciones de la máquina. El factor del cucharón se escoge de acuerdo a las tablas anteriores.

Para encontrar el número de ciclos por hora **N** de excavación, se debe buscar el tiempo de ciclo de la excavadora. Este tiempo consta de: **tiempo de carga + tiempo de giro con carga + tiempo de descarga + tiempo de giro sin carga**

El tiempo total de ciclo depende de las condiciones de la obra y del tamaño de la máquina (las máquinas pequeñas tienen ciclos más rápidos que las máquinas grandes).

Para determinar el tiempo total del ciclo de una excavadora se puede hacer por medio de tomas de tiempo directo en operaciones o haciendo el cálculo en base en las tablas del tiempo del ciclo estándar. Dicha fórmula es:

**Tiempo de ciclo = tiempo estándar del ciclo \* factor de conversión**

# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

Hay que tener en cuenta de que estos tiempos se dan bajo las siguientes condiciones:

- Un operador con una habilidad normal.
- No hay obstáculos en la ruta de circulación del equipo.
- Las condiciones de trabajo son favorables.



# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

## TIEMPO DE CICLO ESTÁNDAR PARA RETROEXCAVADORA (seg)

PESO DE LA MÁQUINA TON.	CAPACIDAD DEL CUCHARÓN m <sup>3</sup>	ÁNGULO DE GIRO	
		45° A 90°	90° A 180°
6	Hasta 0.36	10 a 13	13 a 16
8 a 12	Hasta 0.60	11 a 14	14 a 17
15 a 20	Hasta 1.20	13 a 16	16 a 19
20 a 23	Hasta 1.26	14 a 17	17 a 20
23 a 36	Hasta 1.80	15 a 18	18 a 21
36 a 44	Hasta 2.20	16 a 19	19 a 22
65 a 70	Hasta 4.30	18 a 21	21 a 24
95 a 105	Hasta 6.30	22 a 25	25 a 28
160	Hasta 11.00	24 a 27	27 a 30

Tomado de Solanilla (2003)

# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

## TIEMPO DE CICLO ESTÁNDAR PARA PALA (seg)

PESO DE LA MÁQUINA TON.	CAPACIDAD DEL CUCHARÓN m <sup>3</sup>	SEGUNDOS
40 a 43	Hasta 2.6	16 a 20
65 a 70	Hasta 4.5	18 a 22
95 a 105	Hasta 8.5	20 a 24
160	Hasta 13.0	27 a 31

## FACTOR DE CONVERSIÓN DE LA RETROEXCAVADORA

CONDICIÓN DE EXCAVACIÓN	CONDICIÓN DE LA OBRA			
	Fácil	Normal	Moderada	Difícil
HASTA 40%	0.7	0.9	1.1	1.4
40% a 75%	0.8	1.0	1.3	1.6
Más de 75%	0.9	1.1	1.5	1.8

Tomado de Solanilla (2003)

# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

## Producción de excavadoras

Una vez determinado el tiempo de ciclo de la máquina, se averigua el número de ciclos (N) por hora de la máquina, siguiendo la ecuación:

**Tiempo en segundos = 3600 / tiempo de ciclo**

**Tiempo en minutos = 60 / tiempo de ciclo**

El factor de eficiencia (E) se escoge de la siguiente tabla:

### FACTOR DE EFICIENCIA

CONDICIONES DE OPERACIÓN	EFICIENCIA DEL TRABAJO
BUENAS	0.83
PROMEDIO	0.75
MODERADA	0.67
DEFICIENTE	0.58

Tomado de Solanilla (2003)

## CUADRO PARA CICLOS DE CARGA

**Equipo de carga** (condiciones favorables y roca bien volada – fragmentada)

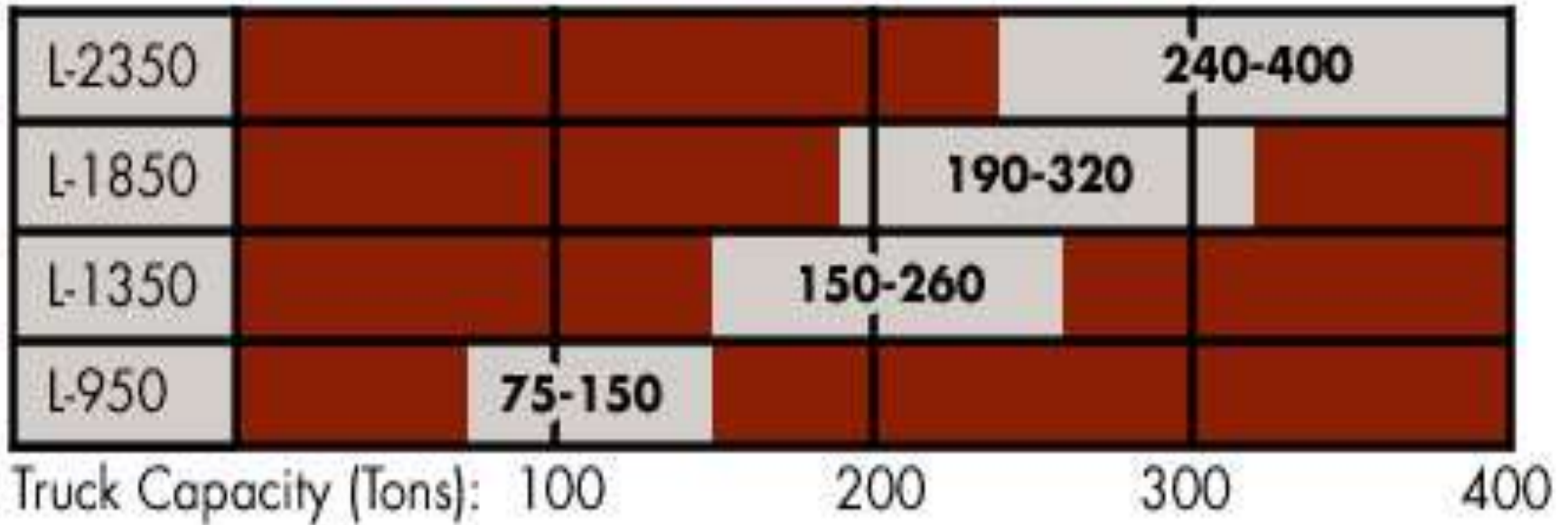
EQUIPO DE CARGA	TIEMPO DE CICLO (SEG)			
	NÚMERO DE PASES	FACTOR DE LLENADO	CICLO (SEG)	PROMEDIO IDEAL (SEG)
PALA DE CABLE	3 – 5	100 – 105%	28 – 40	35
PALA FRONTAL HIDRÁULICA	4 – 6	90 – 100%	24 – 28	27
PALA RETRO EXCAVADORA HIDRÁULICA	4 – 6	80 – 110%	24 – 28	25
CARGADORES DE RUEDAS	4 – 6	90 – 100%	32 – 42	38

**Guía de referencia rápida para aplicaciones de máquinas de minería, CAT**

# CICLOS DE CARGA

## Ejemplos para combinar camiones-cargadores

### Haul Truck Matching Chart



Tomado: Le Tourneau Technologies, Inc. (revisión 06/2008)

# CICLOS DE CARGA

## Ejemplos para combinar palas-camiones

	330D LME	345C LME	365C LME	385C LME
Cucharón [m3]	1.8. 2.0	2,4-3,1	4,2 - 4,6	5,1- 5,7
725	5	3		
730	5-6	4-5	3-4	
735	7-8	5-6	4	3-4
740		7-8	4-5	4
769D (36 mt)		7-8	5	4-5
771D (40 mt)			5-6	5
773D (55 mt)			7	6-7

Material density: 1.65 t/m<sup>3</sup>

Tomado de: MF2007 Desgarre y carga con excavadoras grandes. Foro Tucson, Texas (2007)



# CICLOS DE CARGA

## Ejemplos para combinar camiones-cargadores

<b>Modelo</b>	<b>Toneladas/ pasada</b>	<b>Camión</b> <small>Tonelada (tonelada métrica)</small>	<b>Pasadas</b>	<b>Producción</b>
990H	17 Tonelada/ (15,4 Toneladas métricas)	777D 100 (90)	6	900-1600 (810-1450)
990H	17 Toneladas/ (15,4 Toneladas métricas)	775D 70 (63.5)	4	800-1500 (720-1360)
988H	12,5 Toneladas/ (11,3 Toneladas métricas)	773D 60 (54.4)	4	700-1400 (635-1270)

Tomado de: Cargadores de ruedas y tractores de ruedas, CAT. Foro Tucson, Texas (2007)

# CICLOS DE CARGA

## Ejemplos para combinar camiones-cargadores

<b>Modelo</b>	<b>Toneladas/ pasada</b>	<b>Camión</b>	<b>Pasadas</b>	<b>Producción</b>
<b>992G HL</b>	<b>24 Toneladas/ (21,8 Toneladas métricas)</b>	<b>785C 150 (136)</b>	<b>6</b>	<b>1600-2300 (1450-2100)</b>
<b>992G</b>	<b>24 Toneladas/ (21,8 Toneladas métricas)</b>	<b>777D 100 (90)</b>	<b>4</b>	<b>1600-2200 (1450-2000)</b>

Tomado de: Cargadores de ruedas y tractores de ruedas, CAT. Foro Tucson, Texas (2007)

# CICLOS DE CARGA

## Ejemplos para combinar camiones-cargadores

<b>Modelo</b>	<b>Toneladas/ pasada</b>	<b>Camión</b>	<b>Pasadas</b>	<b>Producción</b>
994F SHL	35 Ton/ (31.8 mt)	793C 240 (218)	7	2500-3000 (2270-2720)
994F HL	35 Ton/ (31.8 mt)	789C 195 (177)	6	2500-3200 (2270-2900)
		793C 240 (218)	7	2500-3000 (2270-2720)
994F	38 Ton/ (34.5 mt)	785C 150 (136)	4	2900-3200 (2630-2900)

Tomado de: Cargadores de ruedas y tractores de ruedas, CAT. Foro Tucson, Texas (2007)

## **BALANCE DE LAS CAPACIDADES**

### **De las unidades de acarreo con el tamaño de los excavadores**

Al efectuar la carga con palas mecánicas es aconsejable emplear las unidades de acarreo, cuyas capacidades puedan equilibrar la producción de la excavadora, pala o equipo de carga. Si no se hace esto, encontraremos dificultades en las operaciones y el costo combinado de las operaciones de excavación y acarreo del material, puede llegar a ser considerablemente mas alto que cuando se emplean las unidades balanceadas. Una regla empírica frecuentemente se utiliza para seleccionar el tamaño de los camiones necesarios, es escoger aquellos que tengan capacidades equivalentes entre cuatro a cinco pases del equipo de carga o de la capacidad de la excavadora.



## **BALANCE DE LAS CAPACIDADES**

### **De las unidades de acarreo con el tamaño de los excavadores**

La fórmula es la siguiente:

$$C_T = C_C * F_C * P * \rho_S$$

Donde:

$C_C$  : capacidad del balde

$F_C$  : factor de llenado o del balde

$P$  : numero de pases

$\rho_S$  : densidad del material suelto

$C_T$  : capacidad de transporte

El factor del balde se asume como el factor de esponjamiento.

# BALANCE DE LAS CAPACIDADES

## Ejemplo

Calcular la capacidad del equipo de acarreo donde el estudio realizado proporcionó los siguientes resultados:

Capacidad del balde:  $3,8 \text{ m}^3$

Factor del balde: 0,65

Numero de pases: 5

Densidad suelto del material  $1,7 \text{ ton/m}^3$

¿Cuál es la capacidad de transporte o de las unidades de acarreo?



# CUADRO COMBINACIÓN DE EQUIPOS

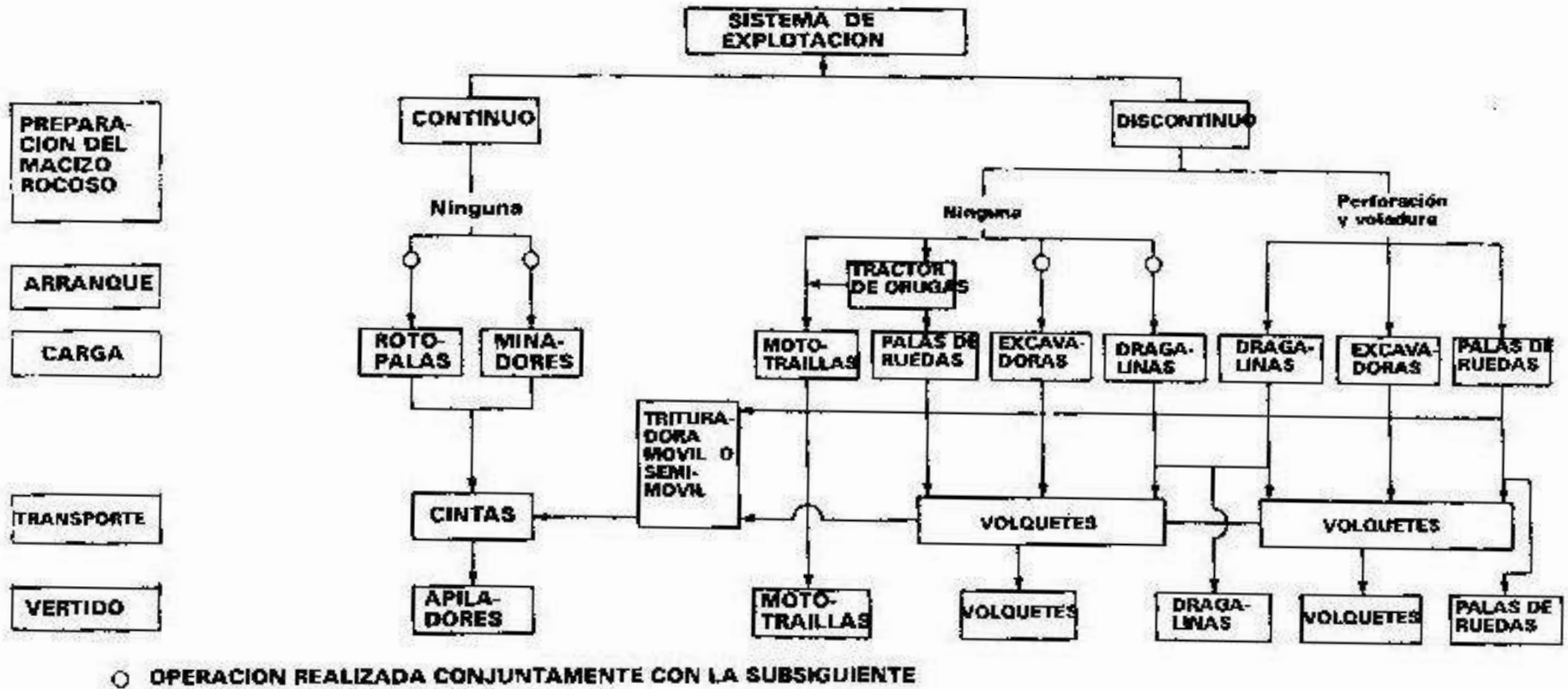


Figura 5.24. Combinaciones de equipos mineros.

# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

## Producción de cargadores de ruedas

Depende de la carga útil media del cucharón, el tiempo medio del ciclo y la eficiencia del trabajo.

La producción por hora se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$Q = q * N * E$$

Donde:

Q: producción por hora ( $m^3 / hr$ )

q: producción por ciclo ( $m^3$ ) =  $q_l * K$

$q_l$ : capacidad colmada del cucharón de acuerdo a las especificaciones del fabricante

K: factor del cucharón

N: número de ciclos por hora =  $3600 / T_c$  (1 / hr)

$T_c$ : tiempo de ciclo (seg)

E: factor de eficiencia



# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

## Producción de cargadores de ruedas

### FACTOR DEL CUCHARÓN

CONDICIÓN DE CARGA	LLANTAS O CAUCHOS	ORUGAS
Fácil	1.0 – 1.1	1.0 – 1.1
Promedio	0.85 – 0.95	0.95 – 1.00
Moderado	0.80 – 0.85	0.90 – 0.95
Difícil	0.75 – 0.80	0.85 – 0.90

Tomado de Solanilla (2003)

Para encontrar el número de ciclos por hora (N) para cargue, primero debe encontrarse el tiempo de ciclo del cargador para cargar. Este tiempo es la suma de: tiempo de carga, más tiempo de maniobras, mas tiempo de descarga.

Hay dos sistemas de realizar la carga de camiones: carga en V o carga en cruz.

# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

## Producción de cargadores de ruedas

Una vez escogido el tiempo de ciclo, se calcula el número de ciclos por hora:

$$N = 3600 / \text{tiempo de ciclo (seg)}$$

El factor de eficiencia (E) se puede escoger como guía de la siguiente tabla:

### FACTOR DE EFICIENCIA

CONDICIONES DE OPERACIÓN	EFICIENCIA DE TRABAJO
BUENAS	0.83
PROMEDIO	0.75
MODERADA	0.67
DEFICIENTE	0.58

Tomado de Solanilla (2003)

# CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES

## Producción de tractores

La producción se puede determinar con base en las especificaciones y datos suministrados por el fabricante o por medio de fórmulas.

## Cálculo de producción de un tractor de acuerdo con las gráficas de producción del fabricante

En este caso se deben aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Producción (m}^3\text{S / hr)} = \text{producción máxima (m}^3\text{S/hr)} * \text{factores de corrección}$$

Si se desea hallar la producción en banco, se le aplica el factor de carga correspondiente a la producción suelta corregida:

$$\text{Producción (m}^3\text{B / h)} = \text{Producción (m}^3\text{S / h)} * \text{Factor de carga}$$

Los factores de corrección se encuentran en los manuales de productos de las empresas fabricantes.

# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

## DRAGALINA



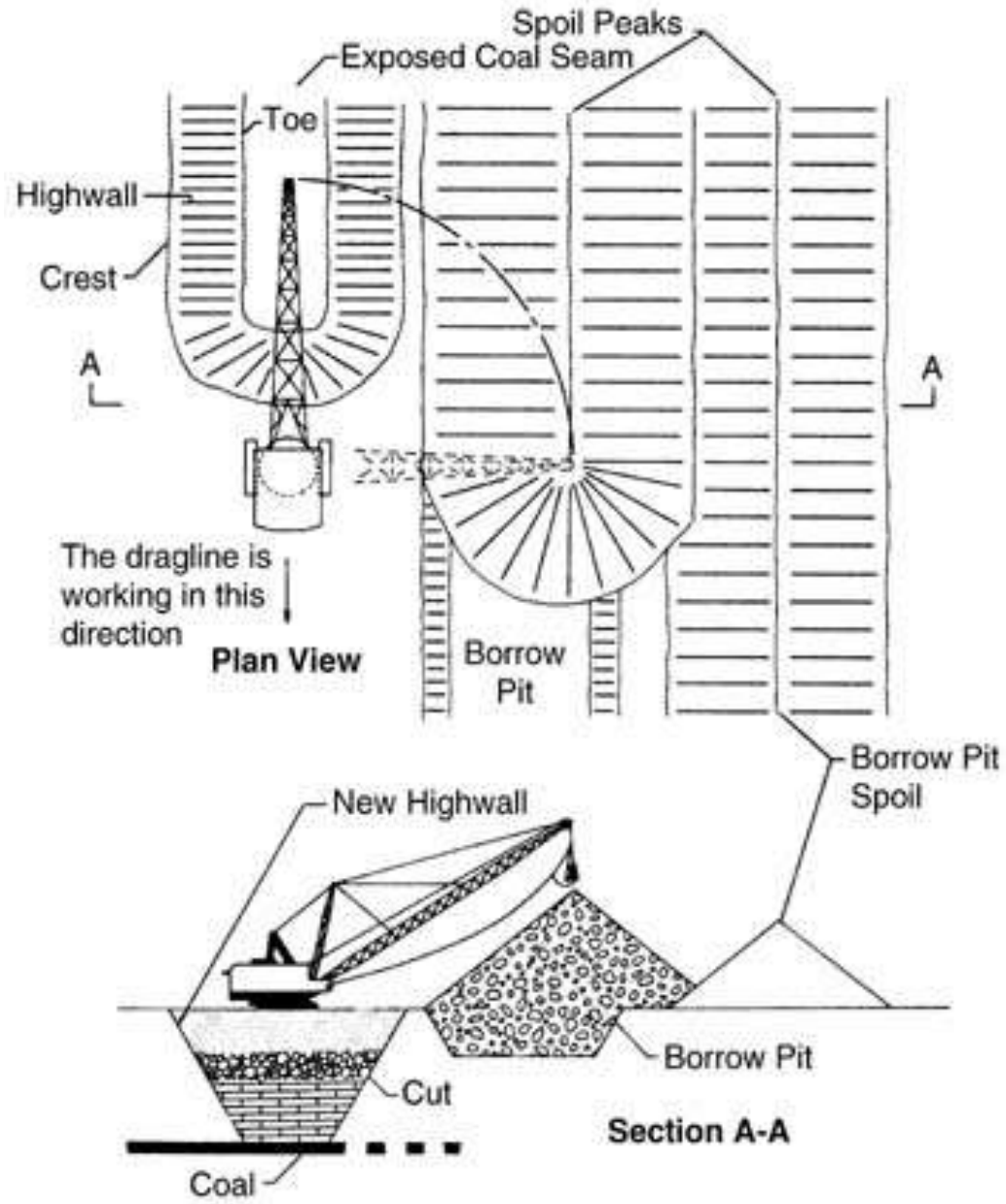
Fuente: Surface Mining

Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

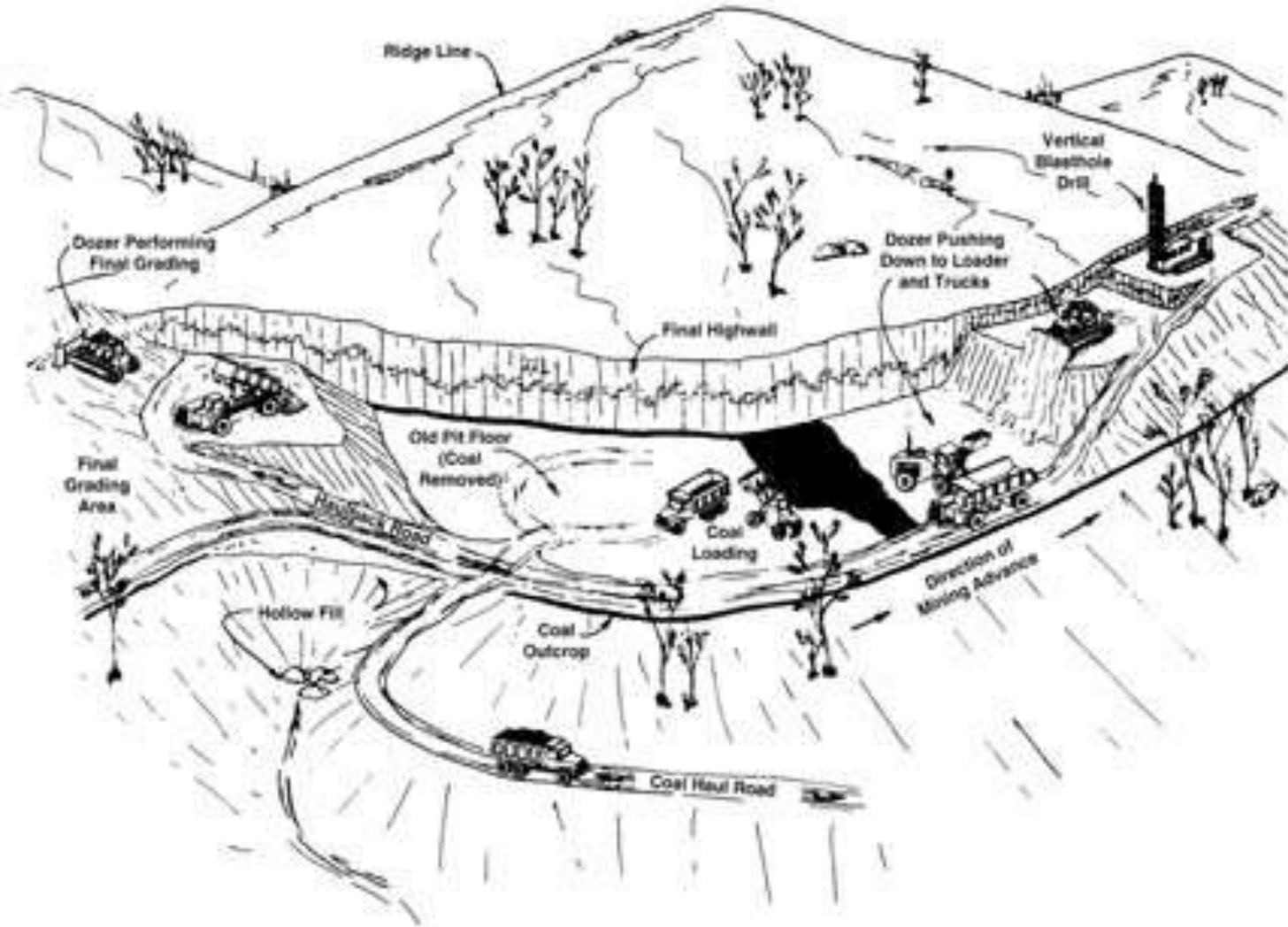
# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

## DRAGALINA



Fuente: Surface Mining

# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO CARGADORES FRONTALES / TRACTORES



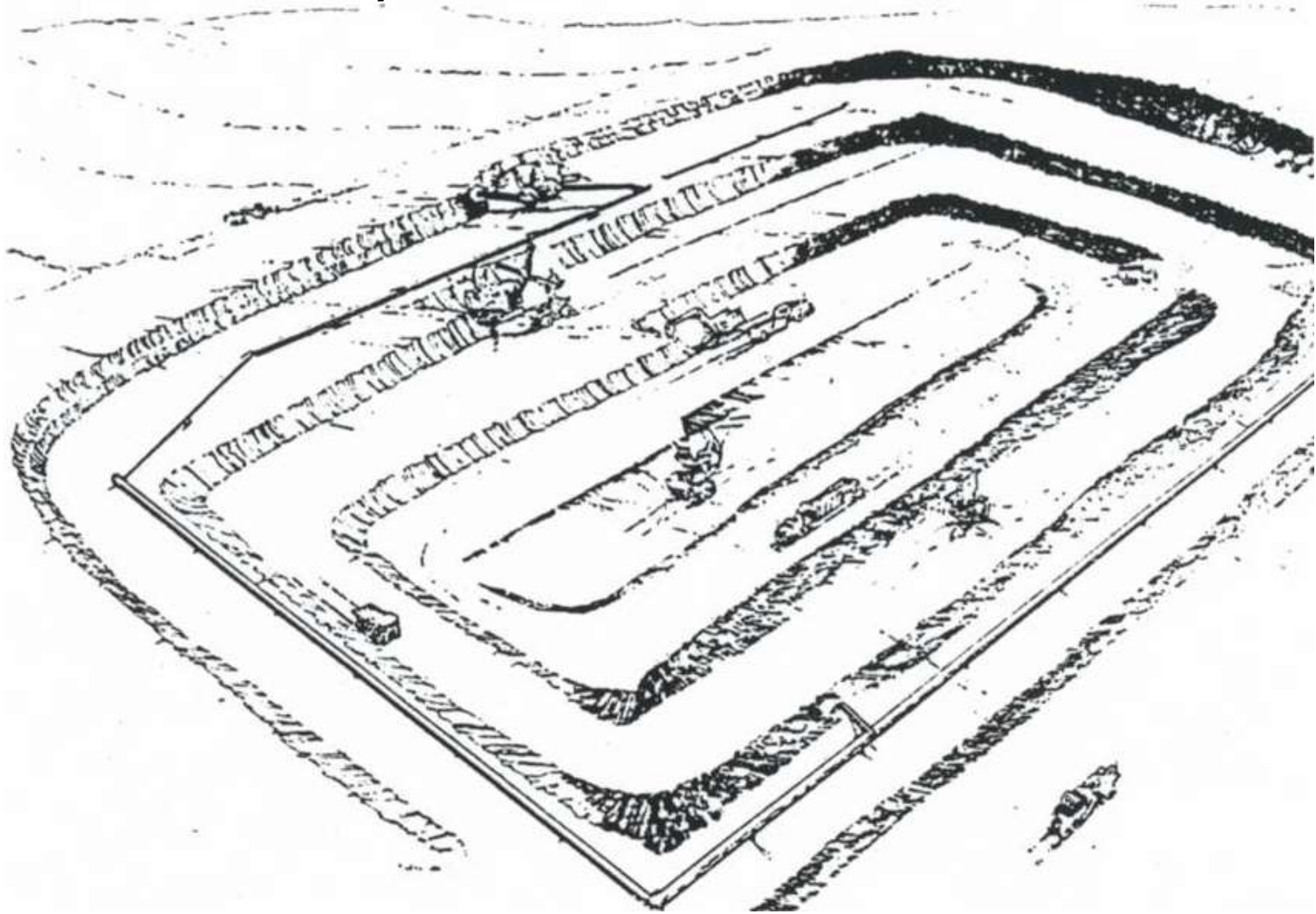
Fuente: Surface Mining

Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

## PALAS FRONTALES / ROTOPALAS



Fuente: Guía de Restauración de Graveras. IGME

Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

**Mina Paso Diablo. Zulia**





# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

Mina Paso Diablo. Zulia



Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

Mina Norte. Zulia



Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

Cerrajón. Colombia



Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

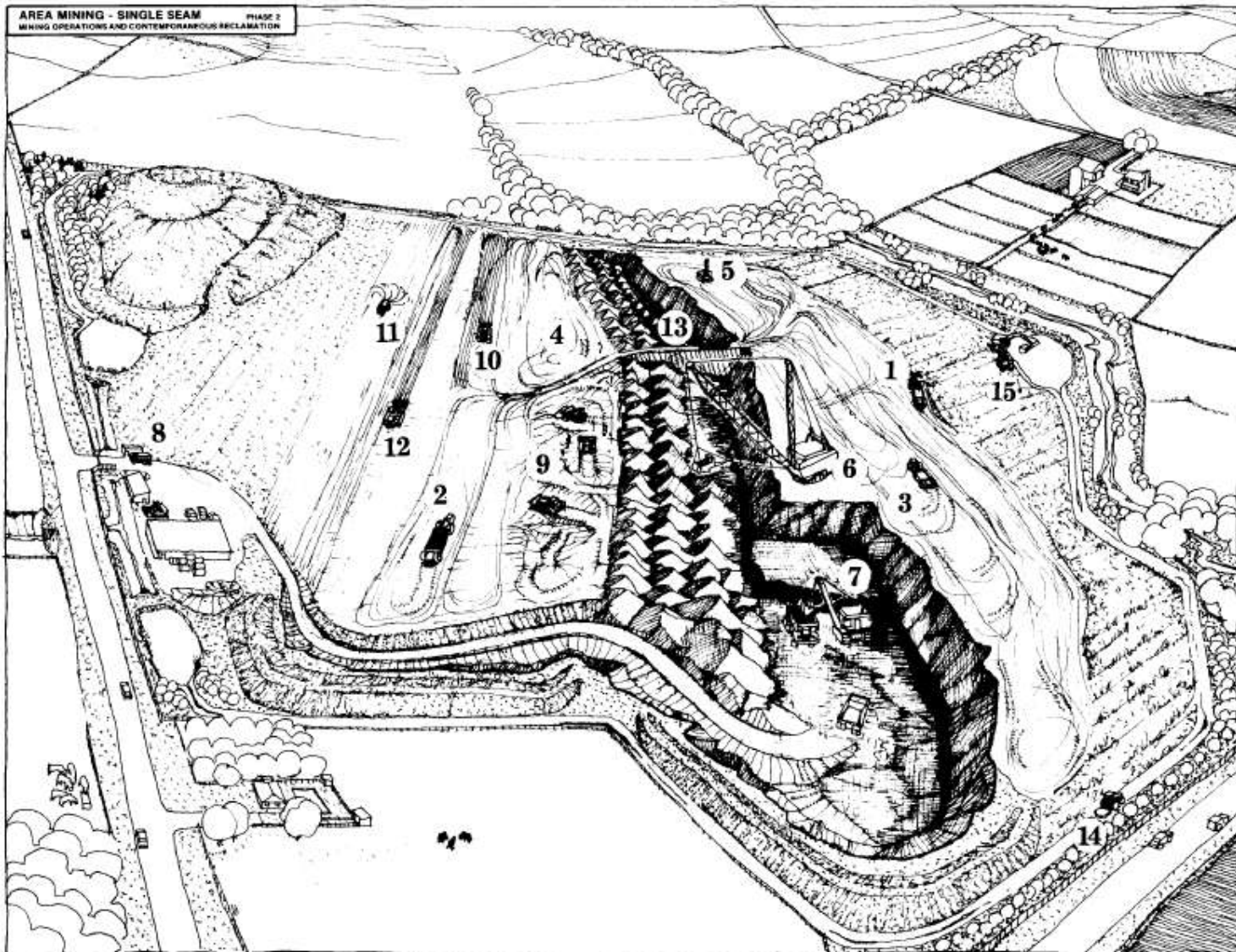
# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

Tomado de Handbook for small mine (2005)



# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

Tomado de Handbook for small mine (2005)



# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

**Ferrominera Cerro San Isidro. Bolívar**



**Operaciones Mineras. Tema 4**

**Profesora Aurora B. Piña D.**

# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

Minería aluvial de diamantes en África por De Beers Group



Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

Mina a cielo abierto de diamantes en Angola - África



Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.



# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

Mina Williamson a cielo abierto de diamantes en Tanzania



Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.

# MODELOS OPERATIVOS DE ALGUNOS EQUIPOS A CIELO ABIERTO

Mina Venetia a cielo abierto de diamantes en Sudáfrica



Operaciones Mineras. Tema 4

Profesora Aurora B. Piña D.