



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**FUNDACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCIÓN, A.C.**

**MÁQUINAS PARA CONSTRUCCIÓN.**

**ING. RAFAEL ABURTO VALDES.**





ING. RAFAEL ABURTO VALDES

Apunte 40 A



# MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION



FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION, A. C.

G-128309

**MAQUINARIA PARA  
CONSTRUCCION**

**ING. RAFAEL ABURTO VALDES**

**PRIMERA EDICION: MAYO DE 1990  
1000 EJEMPLARES  
REGISTROS EN TRAMITE  
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS**

**PROHIBIDA LA REPRODUCCION  
TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACION POR ESCRITO DE LA  
FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION, A.C.**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION  
DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**Cd. Universitaria, México, D.F. Tel.: 548-96-69**

**LA FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION, FUNDEC, A.C., INSTITUCION SIN FINES LUCRATIVOS, FORMADA POR PROFESORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M., TIENE COMO PRINCIPAL OBJETIVO, IMPLEMENTAR LOS MECANISMOS NECESARIOS PARA EL FOMENTO Y MEJORAMIENTO DE LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION, PROMOVRIENDO LAS ACCIONES QUE TIENDAN AL BENEFICIO Y SUPERACION DE PROFESORES Y ALUMNOS DE INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS EN EL AMBITO NACIONAL.**

**PARA EL CUMPLIMIENTO DE SUS OBJETIVOS, SE TIENE CELEBRADO UN CONVENIO DE COLABORACION Y APOYO CON LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, LA OFICINA MATRIZ DE FUNDEC, A.C., ESTA EN EL DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M., SITUADA EN CD. UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.**

**CONSEJO DIRECTIVO DE FUNDEC, A.C.**

**PRESIDENTE:**           **ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA**

**VICEPRESIDENTE:**   **ING. FRANCISCO J. CANOVAS CORRAL**

**TESORERO:**           **ING. RAFAEL ABURTO VALDES**

**SECRETARIO:**       **ING. ERNESTO R. MENDOZA SANCHEZ**

**VOCALES:**           **ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO**  
**ING. ROBERTO BETANCOURT ARCE**  
**ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO**  
**ING. JORGE H. DE ALBA CASTAÑEDA**  
**ING. EMILIO JAVIER GIL VALDIVIA**

**DIRECTOR GRAL:**   **ING. ALEJANDRO PONCE SERRANO**

## **PRESENTACION**

LA ELABORACION DE LIBROS, COMO AYUDA A LA PREPARACION DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA, SE HA CONVERTIDO EN UNA DE LAS TAREAS MAS IMPORTANTES DE LA FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION.

EN ESTA OCASION PRESENTAMOS EL LIBRO "MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION", EN EL CUAL SE DESCRIBEN TODOS LOS ASPECTOS RELACIONADOS CON ESTA IMPORTANTE RAMA DENTRO DE LA INGENIERIA.

TENEMOS QUE AGRADECER AL ING. RAFAEL ABURTO VALDES, POR SU VALIOSA COLABORACION, E INVITAMOS A PROFESORES Y ALUMNOS A QUE, CON SUS COMENTARIOS Y SUGERENCIAS PERMITAN ENRIQUECER EL CONTENIDO DE FUTURAS EDICIONES.

**FUNDEC, A. C.**

1990

# INDICE

## INTRODUCCION

## I PRELIMINARES

I.1 CONCEPTO DE EFICIENCIA .....	1
I.2 METODO DE EVALUACION PARA CONOCER EL RENDI- MIENTO DE LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCION.....	5
I.3 MATERIALES Y FACTORES VOLUMETRICOS DE CONVERSION.....	7

## II PRICIPALES EQUIPOS DE CONSTRUCCION

● II.1 TRACTORES EMPUJADORES .....	13
II.2 DESGARRADORES .....	29
● II.3 MOTOCONFORMADORAS .....	35
II.4 CARGADORES .....	41
● II.5 EQUIPO DE COMPACTACION .....	58
II.6 EQUIPO DE EXCAVACION .....	70
II.6.1 Palas Mecánicas .....	70
II.6.2 Dragas de Arrastre .....	77

II.6.3 Retroexcavadoras .....	81
II.6.4 Palas Hidráulicas .....	96
II.6.5 Zanjadoras .....	100
<b>II.7 EQUIPO DE ACARREO.....</b>	<b>104</b>
II.7.1 Equipo Pesado de Acarreo .....	105
✱ II.7.1.1 Motoescrapas, Camions fuera de Carretera, Volquetes, Vagonetas y Dumptors .....	105
II.7.1.2 Rendimiento del Equipo Pesado de Acarreo .....	111
II.7.2 Locomotoras .....	124
II.7.3 Bandas Transportadoras .....	134
<b>II.8 PETROLIZADORA .....</b>	<b>148</b>
<b>II.9 COLOCADORAS DE MEZCLA ASFALTICA .....</b>	<b>152</b>
<b>II.10 EQUIPO DE BARRENACION .....</b>	<b>155</b>
II.10.1 Aire Comprimido .....	155
II.10.2 Equipos de Perforación .....	163
<b>II.11 PLANTAS DE TRITURACION .....</b>	<b>179</b>
<b>II.12 PLANTAS DE ASFALTO .....</b>	<b>195</b>
<b>II.13 PLANTAS DE CONCRETO .....</b>	<b>201</b>
<b>II.14 REVOLVEDORAS PORTATILES .....</b>	<b>207</b>
<b>II.15 BOMBAS DE CONCRETO .....</b>	<b>210</b>
<b>II.16 BOMBAS DE AGUA .....</b>	<b>216</b>



II.17 EQUIPOS DE SOLDADURA .....	221
II.18 GRUA TORRE .....	223
II.19 CABLEVIAS .....	226
II.19.1 Equipo de Transportación tipo Cablevía .....	226
II.19.2 Equipo de Excavación tipo Cablevía .....	227

### **III MOVIMIENTOS CICLOS Y RENDIMIENTOS DE EQUIPO**

#### **BALANCEADO.**

III.1 GENERALIDADES .....	231
III.2 PROBLEMA .....	235
APENDICE I CICLO DE EXCAVACION EN TUNELES .....	249
APENDICE II ESPECIFICACIONES DE MAQUINARIA .....	268
APENDICE III FACTORES DE CONVERSION .....	301

## **INTRODUCCION**

El acelerado avance tecnológico que ha caracterizado a este siglo, ha sido un factor determinante en la evolución de los métodos de producción en todos los campos del quehacer humano, y la Industria de la Construcción no ha sido la excepción.

La fabricación de máquinas cada vez más especializadas que se valen de los adelantos tecnológicos disponibles para lograr un alto grado de eficiencia y productividad, han resaltado la importancia de llevar a cabo la selección del equipo de construcción de una manera metódica y sistematizada.

El riesgo económico inherente a la ejecución de cualquier obra civil se ve incrementado de una manera sustancial cuando la selección del equipo se toma a la ligera. Por tal motivo el Ingeniero Civil debe considerar los tres aspectos fundamentales en el proceso de selección de equipo que son:

- 1) Tener un conocimiento claro de las máquinas disponibles en el mercado, sus principales características, sus posibilidades y limitaciones, esto con la finalidad de estar al tanto de los nuevos adelantos de la maquinaria y no perderse en la obsolescencia.
- 2) Tomar en consideración que cada equipo está diseñado para realizar cierto tipo de actividades en especial, y están dotados de una determinada capacidad, la cual por ningún motivo debemos superar, es decir, es necesario evitar los malos hábitos de operación y el mal uso del equipo para obtener su óptimo rendimiento, y en la medida de lo posible usarlo únicamente para la actividad a la cual fue diseñado.
- 3) En la actualidad podemos contar con varios tipos de máquinas que pueden realizar el mismo trabajo, por lo tanto antes de decidir cual es el más conveniente para nuestros fines, tendremos que realizar una evaluación y una comparación de sus rendimientos.

Debido a lo anteriormente expuesto, la finalidad de este trabajo es proporcionar al estudioso un panorama general del equipo de construcción, sus principales características, usos y rendimientos.

# **CAPITULO I**

**PRELIMINARES**

## **I.1 CONCEPTO DE EFICIENCIA**

Al analizar "Procedimientos de Construcción", tratamos de contestar con la mayor precisión cuánto tiempo, qué maquinaria y personal se requiere para realizar una operación determinada dentro de la calidad específica y al menor costo posible.

El grado del éxito en el cumplimiento de programas y en el aspecto económico que pueda alcanzarse depende de la capacidad de poder predecir de la manera más precisa las diferentes variables y condiciones que se presentan durante la construcción y que originan los tiempo perdidos o demoras.

Existen causas y riesgos que deben valorarse antes que el proyecto pueda ser analizado en su perspectiva total, tales como: problemas de clima, avenidas, daños físicos y descomposturas en la planta general de construcción, disponibilidad de equipo, personal, materiales y financiamiento, etc. La evaluación de tales variables es un asunto de experiencia aunada a la investigación de toda la información disponible.

No basta con el estudio de los planos y especificaciones, es fundamental también examinar los factores locales y condiciones físicas del sitio, los cuales influyen en la mejor manera de llevar a cabo el trabajo y en los resultados que se obtengan en los rendimientos del equipo, así como costos y tiempo de ejecución.

Las demoras motivadas por numerosas causas y el efecto acumulado de ellas en el rendimiento del equipo, se manifiestan a través de los coeficientes de eficiencia, que son multiplicadores que sirven para reducir los rendimientos ideales o máximos del equipo, dados por los fabricantes, calculados u obtenidos por observaciones anteriores, dentro de condiciones más o menos óptimas.

del equipo, dados por los fabricantes, calculados u obtenidos por observaciones anteriores, dentro de condiciones más o menos óptimas.

Los factores que afectan la eficiencia en el rendimiento de equipo de construcción pueden reunirse en los grupos siguientes:

**I) Demora de rutina.-** Son todos aquellos factores que se derivan de las demoras inevitables del equipo, independientemente de las condiciones propias al sitio de la obra, organización, dirección u otros elementos.

Ningún equipo mecánico puede trabajar continuamente a su capacidad máxima. Además, son importantes, los tiempos en que es abastecida la unidad con lubricantes y combustibles, y por otra parte, la necesidad que hay, sobre la marcha, de efectuar revisiones a elementos, como tornillos, bandas, cables, arreglo de llantas, etc.; lo que significa paros ó disminuciones en el ritmo de trabajo.

Por otro lado, interviene el factor humano, representado por el operador de la máquina, en relación a su habilidad, experiencia y a la fatiga inevitable después de varias horas de actividad.

**II) Restricciones en la operación mecánica óptima.-** Estas originan un efecto reductor en el rendimiento, debido exclusivamente a limitaciones en la operación mecánica óptima de los equipos. Se refiere a casos como el ángulo de giro, a la altura o la profundidad de corte, las pendientes de ataque, coeficientes de rodamiento, etc.

**III) Las condiciones del sitio.-** Se refiere a las condiciones propias del lugar en que está enclavada la obra y el punto o frente concreto donde operan las unidades.

Se producirían ciertas pérdidas de tiempo, por las condiciones en el sitio, como son:

a) **Condiciones físicas.-** La Topografía y Geología, las características geotécnicas del suelo y rocas, las condiciones hidráulicas superficiales y subterráneas, el control de filtraciones, etc.

b) **Condiciones del Clima.-** Temperatura máxima y media, heladas, precipitaciones lluvia media anual, su distribución mensual y diaria, su intensidad, efecto en el sitio de trabajo y en los caminos; estaciones del año, días soleados, etc.

c) **Condiciones de Aislamiento.-** Vías de comunicación disponibles para abastecimiento, distancia de centros urbanos o industriales, para obtener personal y abastecer de materiales a la obra, cercana a otras fuentes de trabajo que puedan competir en la ocupación del personal en algunas ramas especializadas.

d) **Condiciones de adaptación.-** Grado de adaptación del equipo de trabajo, para sortear las causas agrupadas en las condiciones anteriores, características de la obra o de sus componentes derivados del proyecto que tiendan a disminuir la producción y los rendimientos del equipo, conexión de dependencia y posibilidades de balanceo entre máquinas.

**IV) Por la Dirección y Supervisión.-** Es el grupo de factores procedentes de la planeación, organización y operación de la obra, llevadas a cabo por la organización constructora.

El conocimiento y experiencia del responsable de planear la construcción en una obra, juega un papel decisivo en el grado de eficiencia que se obtenga del conjunto y de cada operación, por lo que a la producción y al rendimiento de equipo se refiere.

Por otra parte, el grado de vigilancia y conservación de la maquinaria, el suministro de materiales y personal, el apoyo de las operaciones de campo por servicios auxiliares adecuados, así como talleres; explican las diferencias observadas en los rendimientos del equipo.

**V) Por la actuación del contratante.-** En términos generales se puede afirmar, con base en una experiencia bien conocida de los constructores, que la actuación del organismo contratante de una construcción, influye indiscutiblemente en la economía general de la misma y por lo tanto, en los rendimientos que puedan lograrse de la maquinaria utilizada.

Las causas o factores que pueden afectar la eficiencia del rendimiento en el equipo, por lo que al contratante se refiere, se estima que pueden resumirse de la siguiente forma:

- Por la oportunidad en el suministro de planos, especificaciones y datos de campo.
- Por el pago puntual de las estimaciones de obra. Es algo bien conocido, el efecto benéfico que en la eficiencia general de la obra, tiene este aspecto.
- Por el tipo de Ingeniero residente o la supervisión en su caso.

La influencia de éste, como factor de eficiencia, tiene varios aspectos que se expondrán a continuación.

El valor fundamental del Ingeniero residente o la Supervisora en que cualquier proyecto de construcción, estriba en su disponibilidad, y permanencia en el sitio de la obra para dirigir al contratista, satisfacer las preocupaciones de las autoridades

locales, políticas o administrativas y dirigir a su propio personal de campo u oficina. Los planos y las especificaciones que se entregan, necesitan con frecuencia ser revisados, aclarados, explicados y a veces complementados.

El Ingeniero residente ó la Supervisión deben comprender que el clima, los plazos de ejecución disponibles, los métodos de construcción y los materiales utilizados son los factores que regulan y aún determinan el grado de precisión y calidad de la obra.

INDICE DE LOS GRADOS DE EFICIENCIA Y DE LOS FACTORES MAS NOTABLES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO EN LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCION

RENDIMIENTO		BAJO			MEDIO			BUENO			
Eficiencia hasta el Contratista		20%	25%	30%	35%	40%	50%	60%	65%	75%	85%
Eficiencia incluyendo al Contratista		20%	25%		30%	40%	50%	55%	60%	70%	80%
FACTORES	CONDICIONES	PREVISTAS	EN	EL	SITIO	DE	OBRA				
I	Reparaciones frecuentes Engrase y lubricación laboriosos Carga frecuente de combustible	Reparaciones normales Engrase y lubricación en tiempo normal Carga normal de combustible			Pocas reparaciones Engrase y lubricación rápidos Carga rápida de combustible						
II	Operadora deficiente Angulo giro mayor de 120°. Corte lejano al óptimo.	Operadores regulares. Angulo de giro 90°. Corte cercano al óptimo			Operadores buenos. Angulo de giro. Corte óptimo.						
III	Lluvias abundantes, clima extremoso. Motores trabajando a más de 2,000 m.s.n.m.. Topografía accidentada. Región aislada.	Lluvias normales, clima regular. Motores trabajando de entre 1,000 y 2,000 m.s.n.m.. topografía regular. Región regularmente comunicada.			Lluvias escasas, clima bueno. Motores trabajando a menos de 1,000 m.s.n.m.. Topografía buena Región bien comunicada.						
IV	Planeación mala. Conservación deficiente del equipo Aprovisionamiento deficiente e inoportuno.	Planeación regular. Conservación regular del equipo Aprovisionamiento aceptable.			Planeación buena. Conservación buena del equipo. Aprovisionamiento bueno y oportuno.						
V	Obras desarrolladas en un sentido longitudinal.	Obras desarrolladas en disperso con un núcleo principal			Obras desarrolladas en forma concentrada.						
VI	Deficiencia suministro de planos, especificaciones y datos de campo. Pago impuntual de estimaciones.	Regular suministro de planos, especificaciones y datos de campo. Pago regular de estimaciones.			Buen suministro de planos, especificaciones y datos de campo. Pago puntual de estimaciones.						

## **L2 METODO DE EVALUACION PARA CONOCER EL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCION.**

El rendimiento es la cantidad de obra que realiza una máquina en una unidad de tiempo. El rendimiento teórico aproximado se puede valorar de las siguientes formas:

- a) Por observación directa
- b) Por medio de reglas o fórmulas
- c) Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante

a) Cálculo del rendimiento de una máquina por medio de observación directa.- La obtención de los rendimientos por observación directa es la medición física de los volúmenes de los materiales movidos por la máquina, durante la unidad horaria de trabajo.

b) Cálculo del rendimiento de una máquina por medio de reglas y fórmulas.- El rendimiento aproximado de una máquina por este método puede estimarse del modo siguiente:

Se calcula la cantidad de material que mueve la máquina en cada ciclo y ésta se multiplica por el número de ciclos por hora. De ésta forma se obtiene el rendimiento diario.

$$m^3/hora = (m^3/ciclo) \times (ciclo hora)$$

La cantidad del material que mueve la máquina en cada ciclo es la capacidad nominal de la máquina afectada por factores de corrección, expresado en porcentaje, que depende del tipo de material.

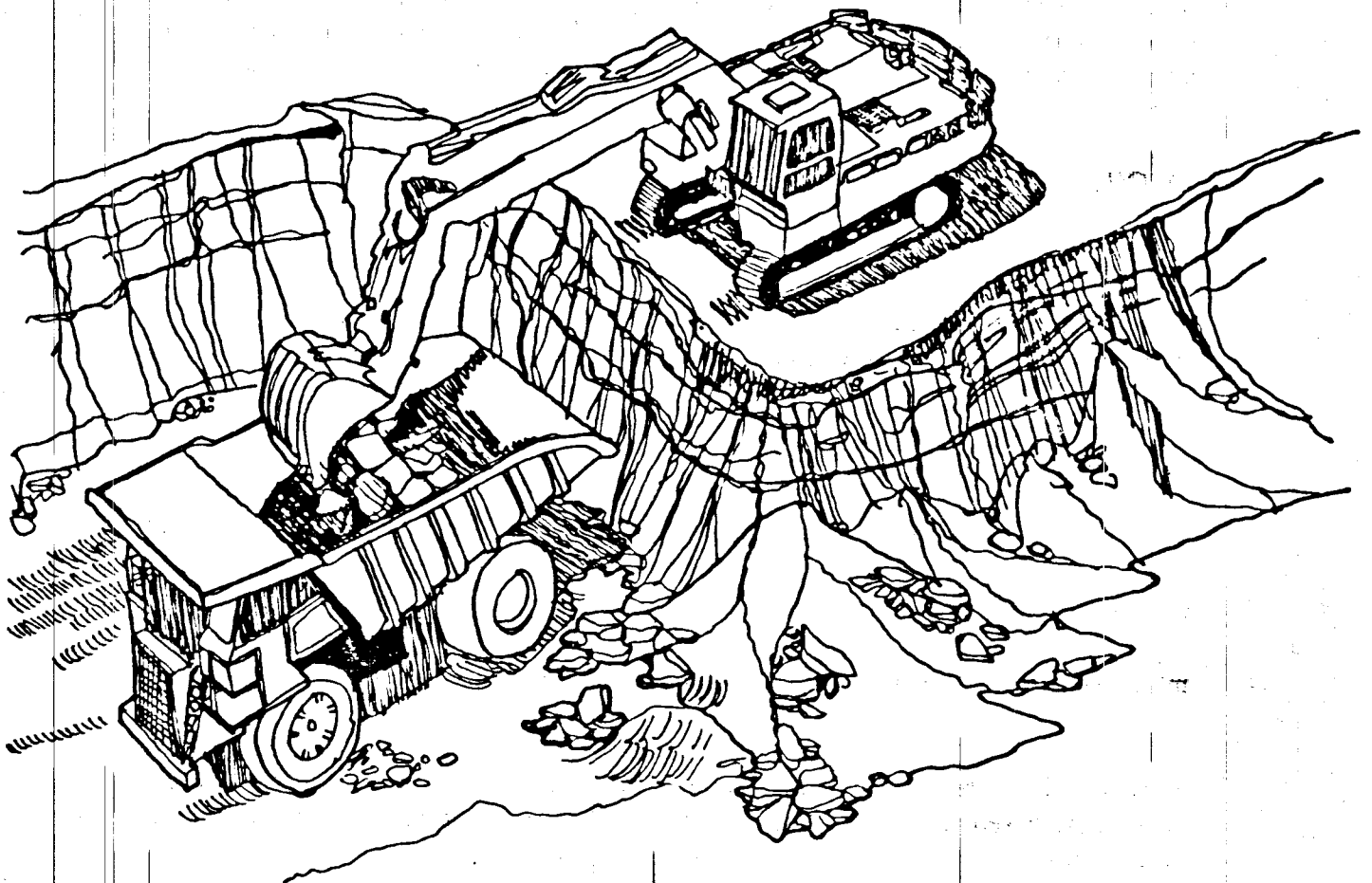
$$m^3/ciclo = \text{Capacidad nominal de la máquina} \times \text{factor de corrección.}$$

El factor de corrección se puede determinar empíricamente para cada caso en particular, o sea, por medio de mediciones físicas ó tomarse los manuales de fabricantes.



c) Cálculo del rendimiento por medio de tablas proporcionadas por el fabricante.- Los fabricantes de equipos cuentan con manuales donde justifican los rendimientos teóricos de las máquinas que producen para determinadas condiciones de trabajo. Los datos se basan en pruebas de campo, simulación en computadora, investigaciones en laboratorio, experiencia, etc.

Debe de tomarse en cuenta sin embargo, que todos los datos se basan en un 100% de eficiencia, algo que no es posible conseguir ni aún en condiciones óptimas en obra. Esto significa, que al utilizar los datos de producción es necesario rectificar los resultados que se obtienen por los métodos anteriores mediante factores adecuados a fin de determinar el menor grado de producción alcanzada, ya sea por las características del material, la habilidad del operador, la altitud y otro número de factores que pueden reducir la producción de un determinado trabajo.



### **I.3 MATERIALES Y FACTORES VOLUMETRICOS DE CONVERSION.**

En los movimientos de tierra y roca, la consistencia y dureza de los diferentes materiales determina:

- El método de trabajo a adoptar
- El tipo de máquina a emplear
- El rendimiento de las máquinas elegidas y por consiguiente el costo.

La naturaleza del terreno influye considerablemente en la excavación, carga, transporte y descarga. Influye también en la forma que se le dará a las obras como consecuencia de la estabilidad de los taludes.

Según sus posibilidades de extracción se distinguen dos categorías de terrenos sueltos, los que se pueden extraer directamente por medios manuales o mecánicos (material I y II) y terrenos rocosos, (material III), los que requieren una disgregación previa a su extracción generalmente por medio de explosivos.

#### **1.- TERRENOS SUELTOS.**

- a) Terrenos ligeros: tierra vegetal seca, arena seca, grava fina.
- b) Terrenos Ordinarios: tierra vegetal húmeda, tierra mezclada con arena, arena húmeda, arena arcillosa compacta, grava fina arcillosa compacta, grava gruesa, turba.
- c) Terrenos pesados: arcilla húmeda, **marga compacta**, aglomerados disgregados.
- d) Terrenos muy pesados: arcilla húmeda **marga compacta**, aglomerados consistentes, gneis blando, pizarra, piedras calizas resquebrajadas, rocas descompuestas.

Estos terrenos son tanto más difíciles de extraer cuando más agua y arcilla contienen (terrenos adherentes)

## 2.- TERRENOS ROCOSOS.

- a) Rocas Blandas: caliza, blanda, creta, gneis, pizarra compacta, conglomerados.
- b) Rocas duras: caliza dura, granito gneis.
- c) Rocas muy duras: granito y gneis compactos, cuarzo, cuarcita, sienita, pórfido, basalto.

La dureza de los terrenos rocosos depende de su constitución geológica y su formación estratigráfica, siendo las rocas en estratos gruesos y compactos mucho más duras y difíciles de extraer que las rocas que se encuentran en capas delgadas, y fisurables.

Los taludes que limitan los movimientos de tierra deben de tener cierta inclinación con la horizontal para mantenerse en equilibrio estable. El talud natural es mayor para terrenos secos ó ligeramente húmedos que para los terrenos muy húmedos o impregnados de agua.

Es importante tener en cuenta que al excavar un material aumenta su volumen y disminuye su densidad. Expansión es el porcentaje de aumento en el volumen.

Por ejemplo: La expansión media del basalto es de 49% esto significa que un metro cúbico de basalto en el banco ocupa un espacio de 1.49 mts. cúbicos cuando es tronado y queda en estado suelto.

El factor de conversión volumétrica que sirve para calcular el porcentaje de reducción es el inverso de la expansión ó sea que en el basalto del ejemplo será  $1.00/1.49 = 0.67$  lo cual significa que para obtener un metro cúbico de basalto suelto necesitamos  $0.67 \text{ m}^3$  de este material en banco

La tabla de características de los materiales incluye en valores aproximados los factores respectivamente de conversión volumétrica y los porcentajes de expansión de los materiales más comunes.

Con fines de aclaración, supongase que un trabajo requiere mover  $150,000 \text{ m}^3$  en banco, de arcilla seca. Utilizando las cifras de la tabla, el factor de conversión es 0.81 y la expansión es 23%. Se hallan los metros cúbicos sueltos mediante el factor de conversión y se tendrá:  $150,000 \times 1.23$ , de modo que aumentarán a 184,500 de material suelto.

La densidad y el factor de conversión volumétrica de un material varían según factores tales como: la granulación, el contenido de humedad, el grado de compacidad, etc.

Para establecer exactamente las características de un material, será necesario efectuar un análisis.

Cuando un material suelto se coloca en algún terraplén y se compacta por medio de equipo de compactación se contrae. Esta contracción depende de las características del material y el método de compactación que se utilice.

Materiales como la roca, pueden conservar algo de abundamiento después de aplicada la compactación mientras que materiales más suaves pueden reducirse al 80 o 90% del volumen en banco.

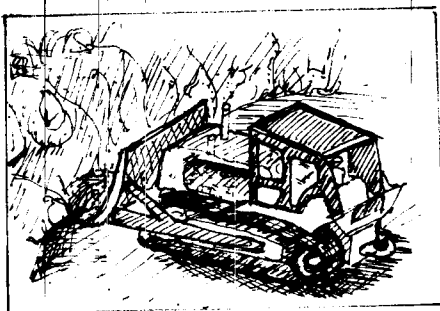
En el cálculo de ciertos conceptos de trabajo usualmente se utilizan metros cúbicos compactados, es decir que han sufrido contracción al ser manipulados en las obras como podría ser, al colocarse en un camión.

De manera análoga al factor de conversión por abundamiento o expansión, se obtiene el factor de contracción, compactación o factor volumétrico de conversión.

$$\text{Factor de compactación} = \frac{\text{Volumen compacto}}{\text{Volumen en banco}}$$

En la siguiente figura se muestran diversos procesos en donde se observan abundamientos y compactación en materiales.

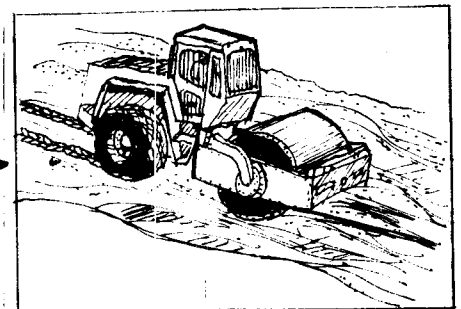
Por ejemplo: para una arcilla seca del mismo tipo que la del ejemplo anterior, si se tienen  $200,000 \text{ m}^3$  de material, suelto éstos se convertirán en:  $200,000 \times 0.81 = 162,000 \text{ m}^3$  de material compacto (0.81 es el factor volumétrico de conversión para la arcilla seca).



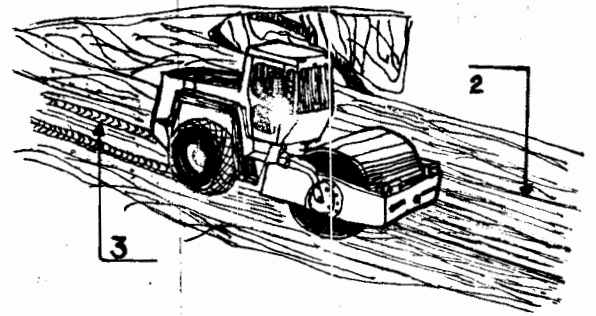
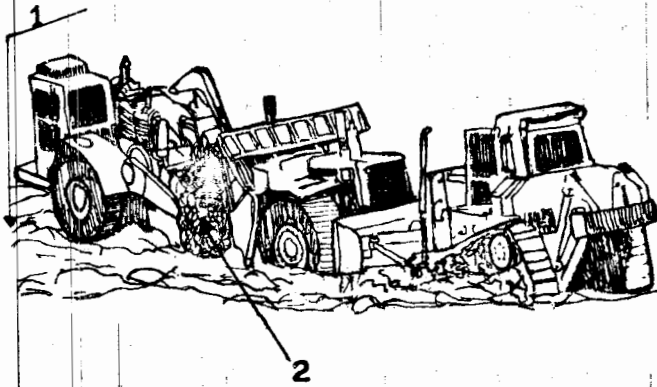
BANCO  
1.0 M<sup>3</sup>



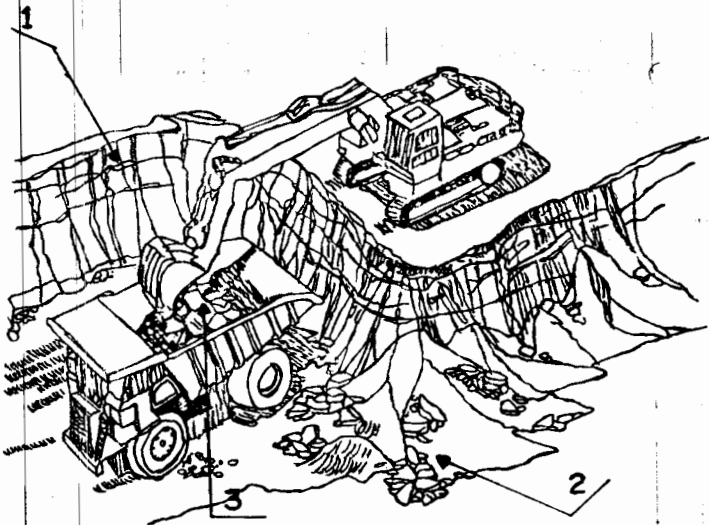
SUELTO  
1.23 M<sup>3</sup>



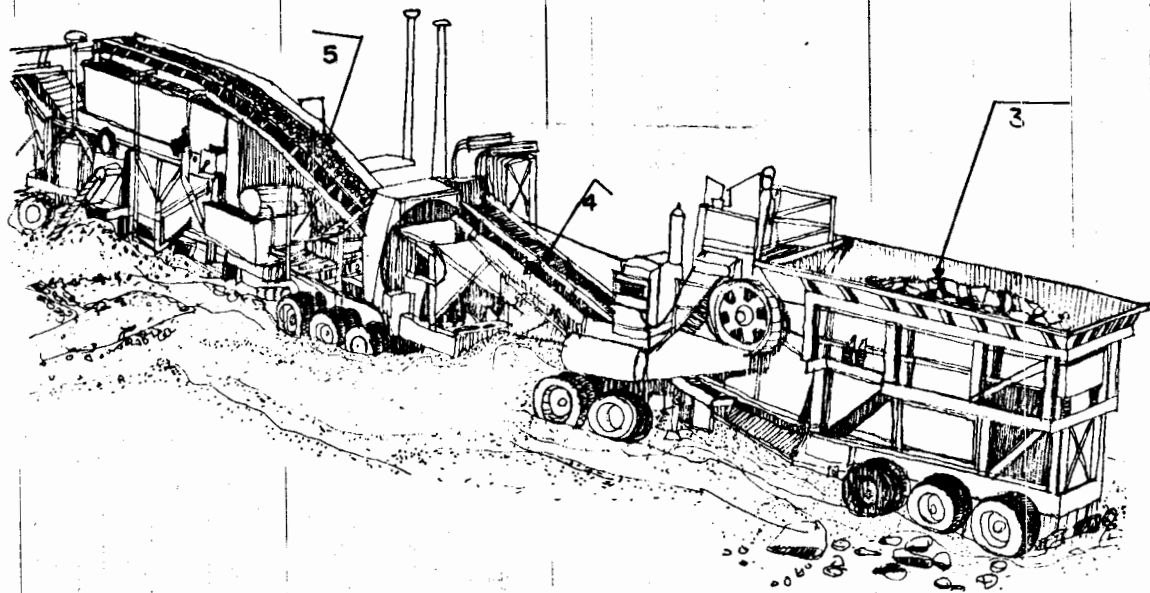
COMPACTADO  
0.81 M<sup>3</sup>



- 1.- 1.0 M3
- 2.- 1.2 M3
- 3.- 0.9 M3



- 1.- 1.0 M3
- 2.- 1.6 M3
- 3.- 1.5 M3
- 4.- 1.4 M3
- 5.- 1.3 M3



DENSIDADES APROXIMADAS DE VARIOS MATERIALES

MATERIAL	Kg/m3 de MATERIAL	Kg/m3 en BANCO	FACTORES VOLUMET. DE CONVERSION	% DE EXPANSION
Basalto	1960	2970	.67	49
Bauxita	1420	1900	.75	33
Caliche	1250	2260	.55	81
Carnotita, mineral de uranio	1630	2200	.74	35
Ceniza	560	860	.66	55
Arcilla: En lecho natural	1660	2020	.82	22
Seca	1480	1840	.81	23
Mojada	1660	2080	.80	25
Arcilla y grava: Secas	1420	1660	.85	18
Mojadas	1540	1840	.85	18
Carbon: Antracita en bruto	1190	1600	.74	35
lavada	1100		.74	35
Ceniza, carbón bituminoso bituminoso en bruto	530-650	590-890	.93	07
lavado	950	1280	.74	35
lavado	830		.74	35
Roca descompuesta:				
75% roca; 25% tierra	1950	2790	.70	43
50% roca; 50% tierra	1720	2280	.75	33
25% roca; 75% tierra	1570	1960	.80	25
Tierra: Apisonada y seca	1510	1900	.80	25
Excavada y mojada	1600	2020	.79	26
Marga	1250	1540	.80	25
Granito fragmentado	1660	2730	.61	64
Grava: Como sale de cantera	1930	2170	.89	12
Seca	1510	1690	.89	12
Seca, de 1/4" a 2" (6 a 51 mm)	2020	2260	.89	12
Yeso: Fragmentado	1810	3170	.57	75
Triturado	1600	2790	.57	75
Hematita, mineral de hierro	1810-2450	2130-2900	.85	17
Piedra caliza: Fragmentada	1540	2610	.59	69
Triturado	1540	- - -	- - -	- - -
Magnetita, mineral de hierro	2790	3260	.85	17
Pirita, mineral de hierro	2580	3030	.85	17
Arena: Seca y suelta	1420	1600	.89	12
Húmeda	1690	1900	.89	12
Mojada	1840	2080	.89	12
Arena y arcilla: Suelta	1600	2020	.79	27
Compactada	2400	- - -	- - -	- - -
Arena y grava: Seca	1720	1930	.89	12
Mojada	2020	2230	.91	10
Arenisca	1510	2520	.60	67
Esquisto	1250	1660	.75	33
Escorias fragmentadas	1750	2940	.60	67
Nieve: Seca	130	- - -	- - -	- - -
Mojada	520	- - -	- - -	- - -
Piedra triturada	1600	2670	.60	67
Taconita	1630-1900	2360-2700	.58	72
Tierra vegetal	950	1370	.70	43
Roca trapeana fragmentada	1750	2610	.67	49

Las conclusiones a que se llega, después de considerar el panorama anterior, son las siguientes:

El éxito o fracaso en la operación de las máquinas depende de la correcta aplicación que se les dé dentro del trabajo que han de realizar y para obtener de ellos su rendimiento máximo, deben conocerse sus características, así como la forma de utilizarlas, conocer sus capacidades y la selección correcta de los factores que pueden influir en su rendimiento.

El valor del rendimiento dentro de la construcción no se puede generalizar, sino que en cada caso particular se debe analizar.

Para programar las obras, determinar precios o costos unitarios, definir, el número de unidades y el equilibrio del equipo, en una operación constructiva, de ninguna manera debe trabajarse solamente en diversas obras, ya que el rendimiento tiene un valor particular para una máquina determinada, operando en un lugar y condiciones específicas.

En la República Mexicana, dada la importancia que para la economía del País significa la Industria de la Construcción, se hace necesaria la tarea de reunir, metódica y regularmente, el mayor número de registros, para tener una realidad de los rendimientos que pueden obtenerse con el equipo de construcción.

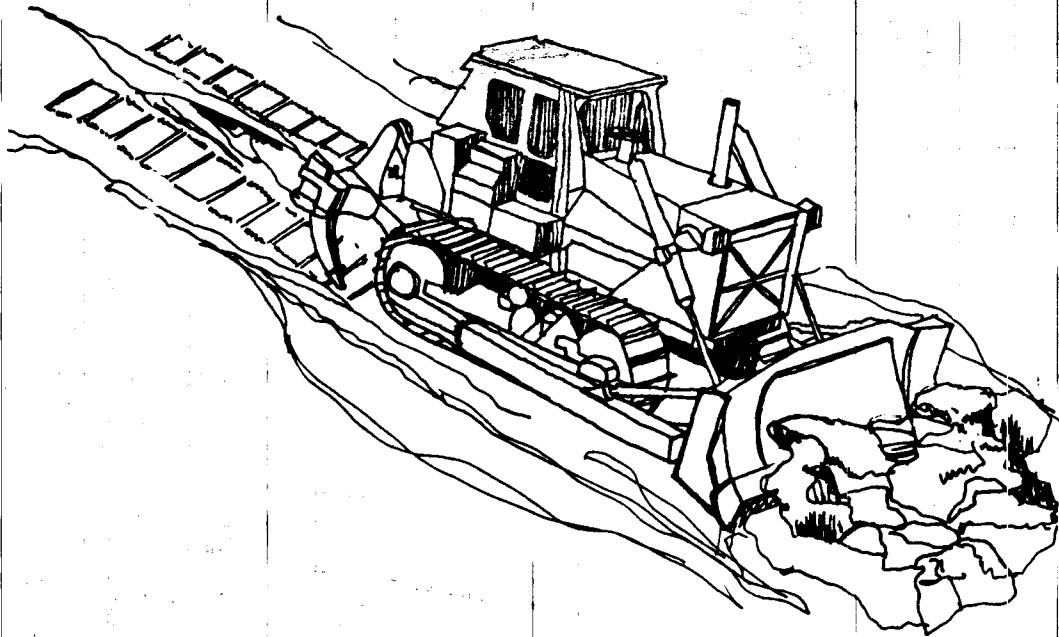
# **CAPITULO II**

## **PRINCIPALES EQUIPOS DE CONSTRUCCION**



## II.1 TRACTORES EMPUJADORES

En Dentro de la Industria de la Construcción la máquina que goza de mayor popularidad indudablemente es el Tractor, ésto se debe a su gran versatilidad que se demuestra, ya sea cortando o bien excavando terracerías o desgarrando material, y en muchas otras actividades secundarias.



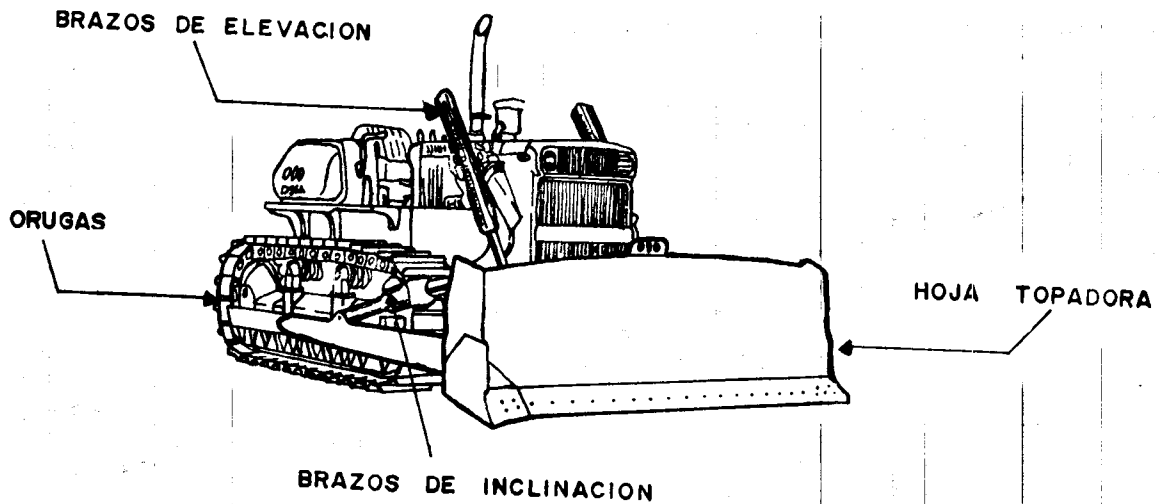
Los empujadores son tractores equipados con una hoja delantera que se puede levantar o bajar por medio de un control hidráulico, ésta hoja valiendose del empuje que le proporciona el tren de fuerza de la máquina realiza diversos tipos de trabajo generalmente con un alto grado de eficiencia.

El peso y la potencia disponible de la máquina, determina su capacidad de empuje. Ningún tractor puede aplicar más empuje que el peso de la máquina más la fuerza máxima que suministre el tren de fuerza.

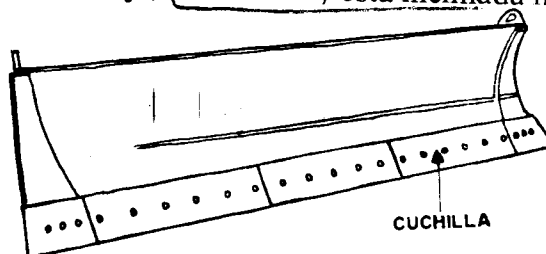
A continuación se hará una descripción de los principales elementos que conforman estas máquinas.

## TIPO DE MONTAJE

Los tractores empujadores pueden ser montados sobre orugas o sobre neumáticos; en ambos casos la máquina consta de un chasis muy resistente sobre el que se monta un motor diesel con turbocargador acoplado a un convertidor de par-torsión que se une a una transmisión de tipo planetario y posteriormente a un sistema de ejes que constituyen los mandos finales. Por ser de uso más común, al tractor de orugas se le dará especial énfasis en lo sucesivo.



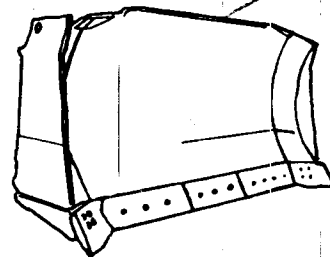
✓ La hoja.- Es una estructura maciza que tiene una base y un respaldo rectangulares. La arista delantera de la base es una cuchilla de acero duro y tenza que sobresale adelante y abajo del resto de la hoja, es cóncava y esta inclinada hacia atrás.



✓ El proceso de excavación se realiza encajando la cuchilla a una determinada profundidad en el terreno, la cuchilla corta y rompe el material que sube por la curva de la hoja hasta que cae adelante, se mantiene así en movimiento más o menos giratorio, que tiende a emparejar la carga y ofrece la mínima resistencia.

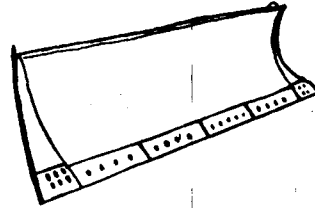
✓ Dependiendo del trabajo que va a realizar, el empujador puede usar diferentes tipos de hojas, las principales son:

✓ Hoja recta.- Es la más adaptable de todas. Generalmente más corta, más alta y más ligera que la angular, es más fácil de ma-

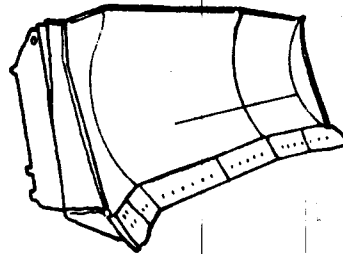


manejar y está construída para trabajos duros ya que puede empujar una gran variedad de materiales.

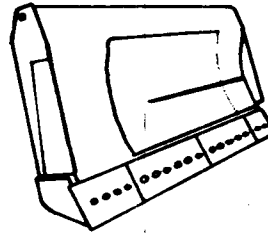
✓ **Hoja angular.** Diseñada para empuje lateral, corte inicial de caminos, rellenos, abertura de zanjas y otras labores similares. En estos trabajos reduce las maniobras usuales aunque es de menor capacidad que las hojas rectas y las universales.



✓ **Hoja universal o en "U".** Su nombre se deriva de la forma de su diseño en "U" y facilitan el empuje de grandes cargas por larga distancia. Como no tiene muy buena penetración, su uso es más adecuado con material liviano o más facil de empujar.



✓ **Hoja "C".** Se utiliza para el empuje de motoescrepas en la marcha. Los amortiguadores de caucho amenguan los impactos al hacer contacto con el bloque de empuje de las motoescrepas, también es conocida como hoja topadora.

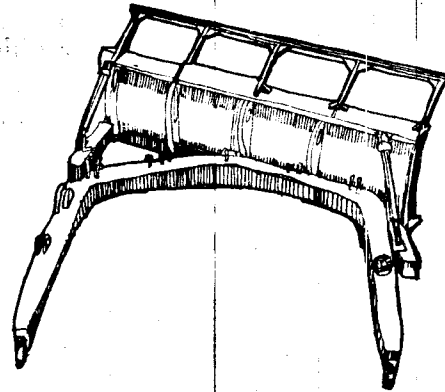


✗ **Los brazos de empuje.** Son vigas gruesas que van de una conexión articulada con el tractor a la parte inferior de la hoja. Su función es la de transmitir las cargas de la hoja.

✗ **Los brazos de inclinación.** Son contravientos diagonales entre el brazo de empuje y la parte superior de la hoja. Apoyan la hoja para resistir cargas situadas arriba de la línea de los brazos de empuje y proporcionar medios para regular la inclinación longitudinal y transversal de la hoja.

El tractor empujador se conoce como Bulldozer cuando la hoja se encuentra fija formando un ángulo recto con el eje longitudinal del mismo teniendo solo movi-

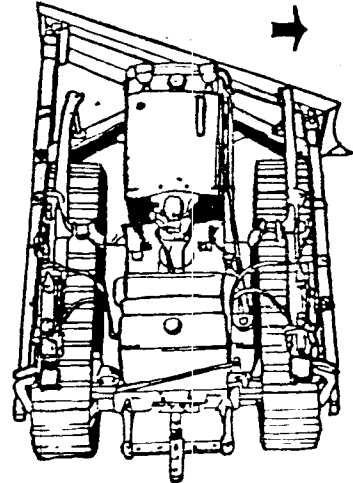
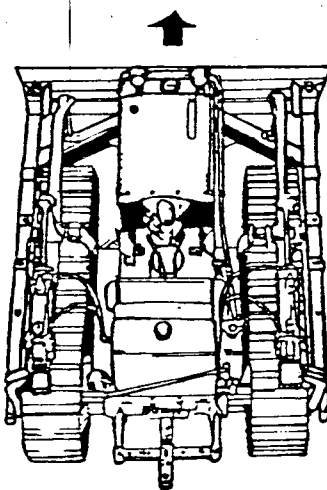
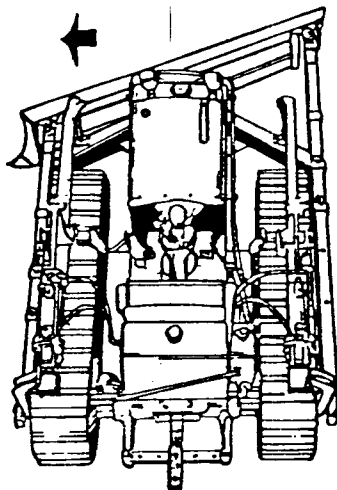
miento vertical. Se llama Angledozer al empujador equipado con una hoja que se puede hacer girar a la derecha o a la izquierda, además de poderse colocar en una posición transversal normal al eje longitudinal. Los angledozer tienen un bastidor en C que consiste de brazos de empuje y de una conexión delantera en forma de V, o de U entre ellos, la hoja está sujeta a estos por medio de una articulación de pivote, y los extremos exteriores de la hoja están articulados a brazos ajustables que pueden conectarse en tres puntos del brazo de empuje.



Hoja inclinada a la izquierda

Recta

Hoja inclinada a la derecha



### USOS PRINCIPALES

El diseño del tractor tiene por objeto fundamentalmente convertir su potencia en fuerza tractiva de utilización práctica en muy diversas operaciones, pero debe considerarse siempre que estos trabajos no rebasen la capacidad de la máquina, es decir no hay que abusar en su uso, para así tener un mejor aprovechamiento.

**A CONTINUACION SE ENUNCIARAN LAS ACTIVIDADES MAS IMPORTANTES DEL TRACTOR DENTRO DE LA CONSTRUCCION.**

✓ **DESMONTE.-** Los terrenos en los que se van a efectuar excavaciones, hacer rellenos o a nivelarse, deben desmontarse primero. [En el desmonte se incluye la remoción de la vegetación que pueden ser hierbas, malezas, matorrales o tocones.] El tractor es la máquina más adecuada para realizar este trabajo. [Los matorrales árboles pequeños pueden ser removidos con un tractor caminando con la cuchilla en contacto superficial con el terreno.] Actualmente se han desarrollado una gran variedad de aditamentos para tractores que lo habilitan para realizar hasta los trabajos más severos de desmonte tales como cuchillas de filo cortante, taladores en V, cuchillas tipo rastrillo, empujadores de árboles, arados cortadores de raíces, etc.

X **EQUIPO DE MOTOESCREPAS.-** Los tractores empujadores se necesitan casi siempre para llenar bien con eficiencia las motoescrepas de un solo motor, y aún; en algunos casos, las de dos motores, y con las escrepas de arrastre que son de tamaño excesivo para el tractor que las remolca o cuando el terreno es duro.

Para realizar esta actividad es recomendable equipar al tractor con una hoja topadora.

✓ **EXCAVACIONES.-** El tractor se opera levantando o bajando la hoja, inclinándola hacia adelante o hacia atrás según sea el tipo de material a cortar y el tipo de excavación que se vaya a realizar. Conforme va moviéndose hacia adelante el material se va excavando y apilando al frente y avanza junto con el tractor. La inclinación correcta de la hoja es un factor muy importante para la eficiencia del trabajo sobre todo en terrenos duros.

✓ **TENDIDO DE MATERIAL.-** El tractor empujador puede extender montones de material caminando sobre los mismos con la cuchilla elevada a la rasante deseada.

✓ **ARRASTRE DE OTROS EQUIPOS.-** El tractor está habilitado para jalar tanto como para empujar por lo que su aplicación como auxiliar de otros equipos es grande. Se utiliza para jalar compactadores, motoescrepas de arrastre, arados, etc.

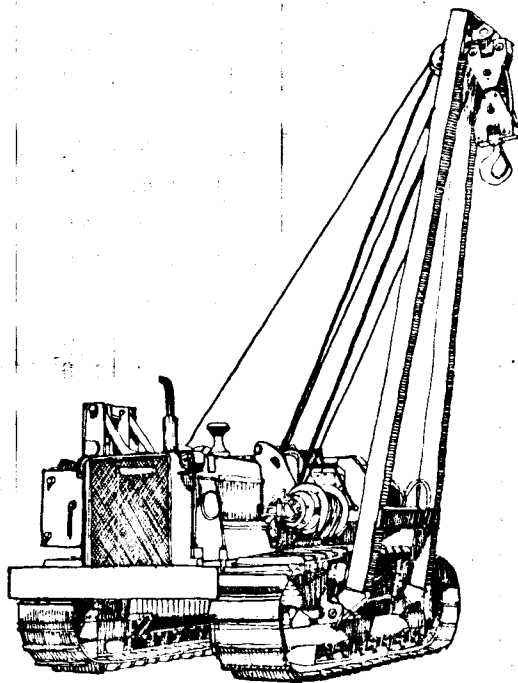
**DESGARRAMIENTO.-** Cuando el tractor se utiliza para el desgarrar de suelos se le conoce como desgarrador y dada la importancia de este aprovechamiento se tratará en otra sección, de una manera más amplia.

## USOS ESPECIALES

La gran versatilidad del tractor ha permitido utilizarlo en trabajos más específicos.

En la construcción de líneas de tuberías se utilizan los tractores con pluma lateral también conocidos como tiende-tubos, para realizar justamente la labor de tender la tubería en su posición final.

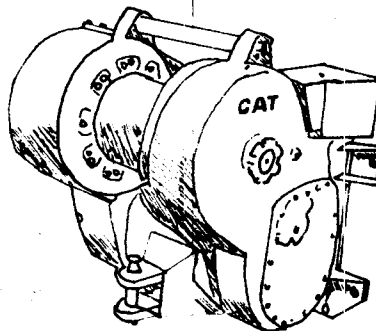
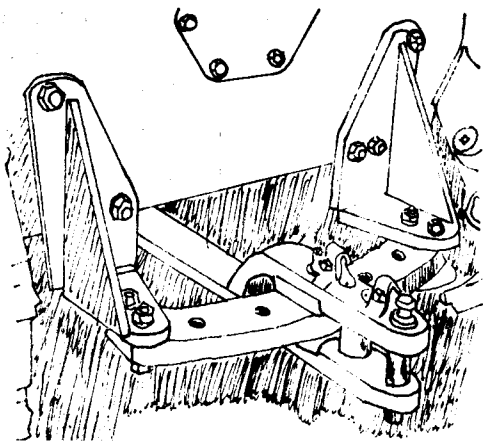
Una conocida marca ha fabricado un tractor submarino el cual, inclusive, puede ser operado a control remoto y tiene muchas aplicaciones en obras marítimas y portuarias.



## ADITAMENTOS.

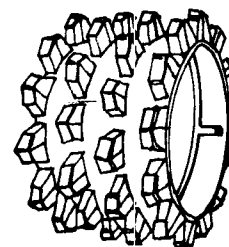
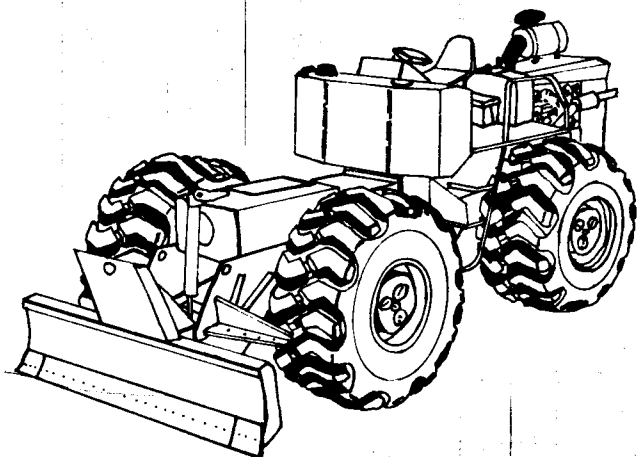
Aprovechando la fuerza trasera del tractor pueden instalarse malacates para usos múltiples como arrastre de troncos, trabajos en pendientes, etc. Con una barra de tiro oscilante se pueden remolcar diversos equipos como arados, y compactadores. Un gancho delantero es ideal para cables de remolque, para tiros ocasionales como en rescate de equipos atascados.

Además el tractor puede llevar una serie de aditamentos para su protección y para protección del operador como son las guardaprotectoras de los rodillos del tránsito, protecciones para el motor y el radiador, cabinas protectoras para el operador, etc.



### *CONSIDERACIONES SOBRE LOS EMPUJADORES DE RUEDAS*

Los tractores de orugas son lentos. Eso constituye una desventaja en ciertos trabajos en donde las condiciones de la superficie de desplazamiento es más adecuada para el uso de maquinaria montada sobre neumáticos, como terrenos duros o carreteras por ejemplo.



En estos casos el uso de empujadores montados sobre grandes ruedas es conveniente ya que, a pesar de ser menos potentes, son más rápidos. Las velocidades de viaje son aproximadamente tres veces mayores que los de oruga. Además de tener mejor movilidad y maniobrabilidad que los hacen el equipo ideal en trabajos en patios y en movimiento de materiales; en trabajos en pilas de carbón cuando existan largas distancias de empuje y se desee alto grado de compactación; para el empuje de carga de motoescrepas si el corte de la escrepa es delgado y se requiere alta velocidad de empuje; algunos fabricantes tienen modelos que pueden adaptarse a compactadores montando ruedas metálicas con vástagos tipo pata de cabra sobre los neumáticos.

La selección adecuada de los neumáticos a usar, es un factor importante en los empujadores de ruedas y dependerá de las condiciones específicas de cada trabajo en particular. Su uso correcto en cuanto a presión de inflado, tipo de banda de rodadura, ancho y diámetro permitirán el óptimo aprovechamiento del equipo.

### *PRODUCCION DE LOS TRACTORES EMPUJADORES CON CUCHILLA*

Para estimar la producción de los empujadores según reglas y fórmulas se aplica la siguiente fórmula.

$$P = \frac{E \times C}{t_c}$$

donde:

P = Es la producción en m<sup>3</sup> hora

E = Es la eficiencia del trabajo en minutos/hora

t<sub>c</sub> = Tiempo del ciclo en minutos

C = Es la capacidad de la hoja topadora en m<sup>3</sup>

Para obtener el volumen compacto habría que dividir el resultado entre el coeficiente de abundamiento, después de aplicar los factores de corrección correspondientes al tipo de trabajo que realiza.

Para calcular el tiempo del ciclo de la máquina se debe tomar en cuenta que:



La fuerza tractiva en la barra de un tractor está expresada por:

$$F.T. = \frac{375 \times H.P. \times 0.80}{V}$$

donde:

F.T. = fuerza tractiva en libras

H.P. = potencia nominal de la máquina en h.p.

V = velocidad en millas por hora

A la fuerza tractiva desarrollada por el tractor se le opondrán dos tipos de resistencias principalmente: la resistencia al rodamiento y la resistencia a la pendiente.

La resistencia al rodamiento es la fuerza que se opone al movimiento de una máquina sobre un camino a velocidad uniforme. Se calcula en función del peso del vehículo multiplicado por el coeficiente de resistencia al rodamiento.

R.R = Peso de la máquina x coeficiente de R.R.

La resistencia a la pendiente es la componente del peso de la máquina paralela al plano inclinado. Su valor está en función del peso del vehículo y de la pendiente.

R.P = Peso del vehículo x % de pendiente/100

La fuerza tractiva disponible determina la velocidad de marcha que a su vez nos permite calcular el tiempo del ciclo. Este se integra con tiempos fijos y tiempos variables. Los tiempos fijos son del orden de 0.15 a 0.25 min.

La capacidad de la hoja topadora se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{LH^2}{2TgX}$$

donde:

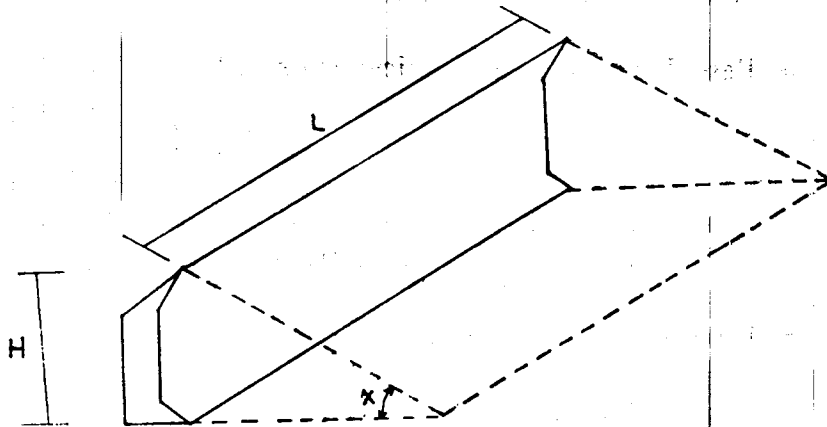
C = Capacidad de la hoja en m<sup>3</sup>

L = Longitud de la hoja

H = Altura de la hoja

X = ángulo de reposo del material

Esta fórmula se deduce de tomar en cuenta que la cuchilla de la hoja corta el material y lo va empujando delante de la máquina formando una cuña aproximadamente prismática como se muestra en la siguiente figura.



Los tractores empujadores tienen ciertas limitaciones en cuanto a la distancia de acarreo y al nivel del piso de excavación. La distancia máxima de acarreo aconsejable es de 100 metros, al excederse resultaría antieconómico el uso de esta máquina. De cualquier manera debe considerarse que en distancias mayores de 30 metros el rendimiento disminuye 5% por cada 30 metros adicionales. Asimismo cuando se trabaja cuesta arriba el volumen disminuye 4% por cada 1% de pendiente.

Otro factor que afecta el rendimiento de estas máquinas es la altitud a la que se encuentran trabajando. Se considera que arriba de los 1000 metros sobre el nivel del mar, la producción se afecta del orden del 1% por cada 100 metros de altura. El uso de turbocargadores y enfriadores de aire de admisión en los motores de los tractores tiende a compensar esta disminución en el rendimiento.

La producción de los tractores empujadores también pueden estimarse utilizando las curvas que se muestran más adelante y aplicando los factores necesarios; la fórmula sería:

$$\text{Producción real} = (\text{producción máxima}) * \text{factores de corrección}$$

Estas curvas de producción dan la capacidad máxima teórica para cuchillas rectas (R) y universal (U); están basadas en las siguientes condiciones:

- 1.- 100% de eficiencia (60 minutos por hora)
- 2.- Máquinas de transmisión automática
- 3.- La máquina corta el material a lo largo de 15 mts. de ahí sigue con la cuchilla llena acarreándolo.
- 4.- El peso específico del material es de  $1,300\text{Kg/m}^3$  suelto o bien  $1,790\text{ Kg/m}^3$  de material en banco.

El tractor empujador especialmente montado sobre orugas, es la máquina, cuya producción requiere de mayor cuidado al ser determinada ya que la gran variedad de trabajos que ejecuta lo hace particularmente difícil. La producción será constante cuando la máquina se utilice para trabajar en una pila de material pétreo, homogéneo y de partículas pequeñas y se irá complicando si se utiliza con cuchilla angulable, extrayendo material con los gavilanes y lo será más si se encuentra en un banco de roca mal tronada, haciendo la rezaga.

\*Producción teórica marcada en las curvas proporcionadas por el fabricante.

## FACTORES DE CORRECCION

<i>OPERADOR</i>	<i>TRACTOR DE ORUGAS</i>	<i>TRACTOR DE LLANTAS</i>
Experimentado	1.00	1.00
Normal	0.75	0.60
 <b>MATERIAL</b>		
Suelto y apilado	1.20	1.20
Difícil de extraer; cortado con gavilán	0.30	0.75
Sin usar gavilán	0.70	- 0 -
Difícil de empujar (seco, material no cohesivo)	0.30	0.30
Roca desgarrada	0.70	- 0 -
Roca mal tronada	0.60	- 0 -

### MATERIAL PESADO

Si se trata de mover material mayor de  $1,790 \text{ kg/m}^3$  en banco ó  $1,370 \text{ kg/m}^3$  suelto, obtener el coeficiente dividiendo éstos pesos entre el real (la producción debe decrecer).

### EFICIENCIA DE TRABAJO

50 min./hora	0.30	0.84
40 min./hora	0.67	0.67

### TRANSMISION DIRECTA NO AUTOMATICA

(0.1 min. tiempo fijo)	0.30	- 0 -
------------------------	------	-------

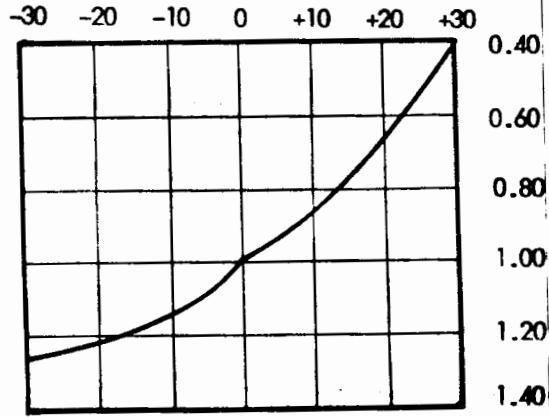
### CUCHILLA EMPUJADORA

Cuchilla angulable en (A)	0.60	- 0 -
Cuchilla amortiguadora (C)	0.50	0.50

### PENDIENTE

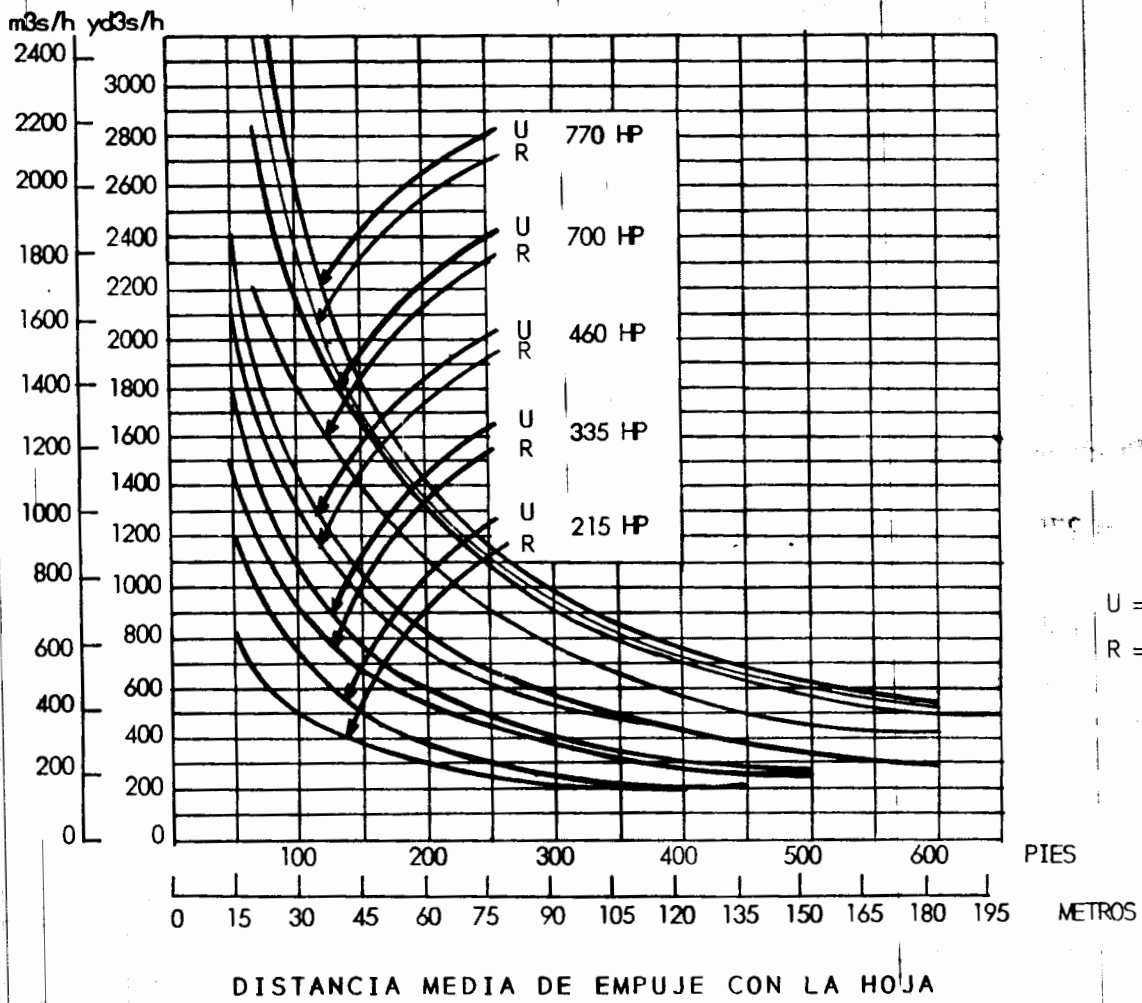
La pendiente afecta la producción y el factor de corrección se obtiene del siguiente cuadro, haciendo la anotación de que siempre que sea posible debe aprovecharse la pendiente a favor de la producción.

% PENDIENTE



NOTA ⊖ FAVORABLE  
 ⊕ DESFAVORABLE

PRODUCCION ESTIMADA



## EJEMPLO

Un D8L con una hoja recta 8S excava un material arcilloso muy compactado y acarrea a una distancia de 90 mts., en una pendiente positiva del 4% y a 2500 m.s.n.m. El peso volumétrico suelto es del  $1650 \text{ kg/m}^3$  y se trabajan horas de 50 minutos con un operador normal.

Calcular la producción horaria.

De la gráfica la producción ideal es de  $275 \text{ m}^3$  sueltos/hora.

### Factores de Corrección

Operación	0.75
Material difícil de cortar	0.80
Peso volumétrico $\frac{1370}{1650}$	0.83
Eficiencia horaria $\frac{50}{60}$	0.84
Pendiente	0.92

### Producción real

$$P = 275 \times 0.75 \times 0.80 \times 0.83 \times 0.84 \times 0.92 = 105.83 \frac{\text{m}^3 \text{ sueltos}}{\text{hora}}$$

Cuando sea posible, debe procurarse siempre que las máquinas no trabajen cargadas cuesta arriba.

Se puede verificar el problema anterior mediante la fórmula general

$$P = \frac{C \times E}{T_c}$$

Capacidad de la hoja; tomados del catálogo del fabricante.

$$\text{Longitud} = 4.17 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 1.73 \text{ m.}$$

$$\text{Capacidad} = Lh^2 = 4.17 \times (1.73)^2 = 12.92 \text{ m}^3 \text{ sueltos, ésto}$$

considerando un talud de reposo del material de 2:1.

### Cálculo del ciclo

Considerando un coeficiente de resistencia al rodamiento de 0.04

**Peso del material excavado:**

$$12.92 \text{ m}^3 \times 1650 \text{ kg/m}^3 = 21,318 \text{ kg.}$$

**Resistencia total del tractor y la carga:**

$$R_t \text{ del tractor } 37,417 (0.04 + 0.04) = 2,293 \text{ kg.}$$

$$R_t \text{ de la carga } 21,318 \text{ kg} + 21,318 \times 0.04 = 12,680$$

$$\text{Resistencia total} = 24,464 \text{ kg}$$

**Para calcular la velocidad de ida:**

$$V = \frac{375 \times 335 \text{ H.P.} \times 0.8}{24,464 \text{ kg} \times 2.2 \text{ lb/kg}} = 1.87 \text{ millas/hr}$$

$$V = 1.87 \text{ millas/hr} \times 1.6 \text{ km/millas} = 2.39 \text{ km/hr}$$

Puede regresar a la velocidad máxima al bajar sin carga a razón de 13 kph. Los fabricantes recomiendan que en reversa el tractor opere en segunda velocidad a 8.4 kph para no dañar el tránsito, por lo que se considera ésta como velocidad media.

**Tiempo del ciclo**

$$\text{de ida} = \frac{90 \text{ m}}{2390 \text{ m}} \times 60 \text{ min.} = 2.26 \text{ min.}$$

$$\text{de regreso} = \frac{90 \text{ m}}{8,400 \text{ m}} \times 60 \text{ min.} = 0.64 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempos fijos} \quad \quad \quad 0.09 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo del ciclo} \quad \quad \quad \underline{2.99 \text{ min.}}$$

$$\text{Producción teórica} = \frac{7,39 \text{ m}^3 \times 50 \text{ min/hr}}{2.99 \text{ min.}} = 216 \text{ m}^3 \text{ sueltos/hr}$$

**Factores de corrección**

$$\text{Distancia de acarreo} \quad 0.90$$

$$\text{Pendiente} \quad 0.84$$

$$\text{Altitud} \quad 0.85$$

$$\text{Operación} \quad 0.75$$

**Producción final**

$$P = 216 \times 0.90 \times 0.85 \times 0.84 \times 0.75 = 104.10 \text{ m}^3 \text{ sueltos/hr}$$

**Resultado similar al anterior.**

Debe verificarse la máxima fuerza tractiva usando el coeficiente de tracción de la tabla.

$$\text{Max. F. T.} = 38,000 \text{ kg} \times 0.9 = 34,200 \text{ Kg}$$

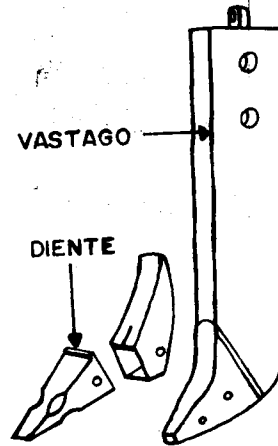
Valor superior a la resistencia total de 15,720 kg.



## II.2 DESGARRADORES

Como se mencionó anteriormente el uso de desgarradores cobra especial importancia. Su uso ha venido a revolucionar las técnicas de excavación en roca donde antiguamente era imprescindible el uso de explosivos para aflojar el material con su consecuente elevado costo.

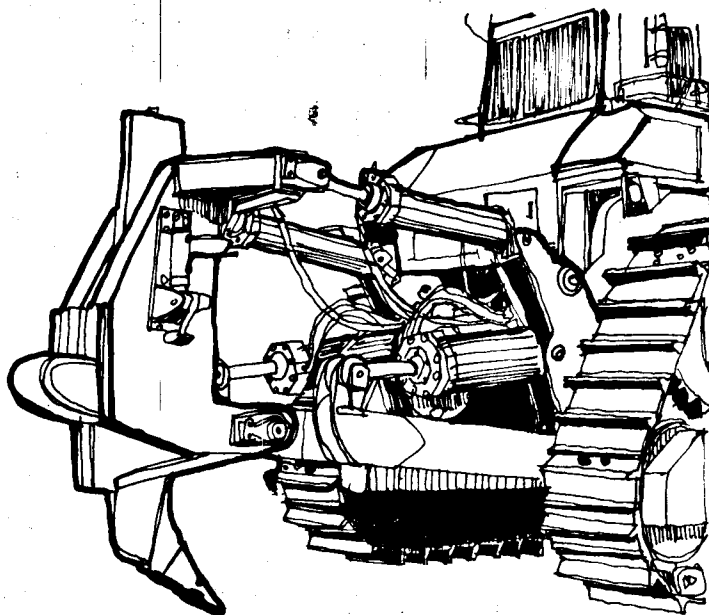
El desgarrador consiste en una barra horizontal acoplada en la parte posterior del tractor, donde se encuentran adaptados de una a tres dientes que pueden ser rectos o curvos, generalmente de acero y de puntas intercambiables, manejados con controles hidráulicos.



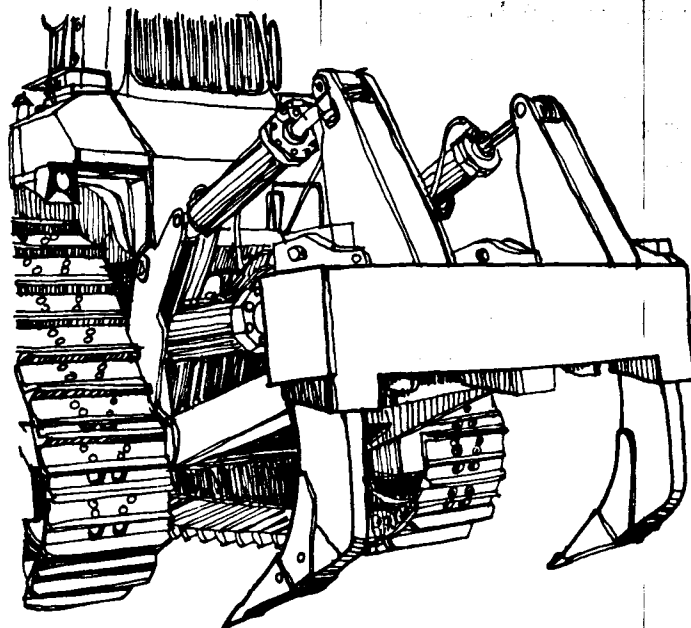
Su funcionamiento consiste en hacer penetrar el vástago con su casquillo en el terreno y ser jalados por la fuerza tractiva de la máquina y con ello ir rompiendo la estructura del material logrando el afloje requerido para la posterior excavación.

Entre los principales tipos de desgarradores tenemos:

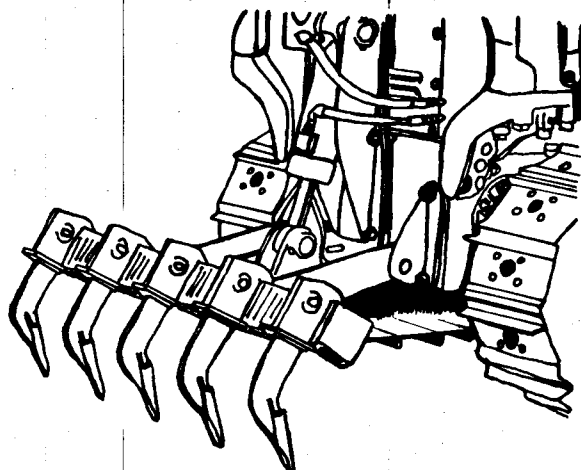
**DESGARRADOR AJUSTABLE DE UN DIENTE.**- Puede ajustarse la longitud de penetración manualmente. Adecuando el trabajo de empuje. El control hidráulico permite ajustar el ángulo de desgarramiento mientras el tractor se mueve.



**DESGARRADOR AJUSTABLE MULTIDIEN- TES.-** Rompen suelo duro y apisonado y aflojan piedras enterradas facilitando el trabajo de empuje. El control hidráulico permite ajustar el ángulo de desgarramiento mientras el tractor se mueve.



**DESGARRADOR ESCARIFICADOR.-** Utiliza hasta cinco dientes para excavar en suelos con piedras enterradas, arcilla endurecida y caminos de acarreo apisonados.



La condición de las rocas determina su facilidad de desgarramiento. Entre las características físicas que facilitan el desgarramiento están:

Fracturas.- Fallas y planos que reducen la resistencia.

El clima extremoso.- Temperatura y humedad.

Fragilidad, alto grado de estratificación, poca resistencia.

El grado de dureza es un factor muy importante. Con ayuda del sismógrafo de refracción es posible medir la desgarrabilidad de diversas materias en base al grado de consolidación, dureza de las rocas, su estratificación, fragmentación y descomposición.

En la actualidad se han desarrollado diversos métodos técnicos para desgarrar y aprovechar óptimamente el uso de desgarradores. Se toman en cuenta factores tales como la profundidad de desgarramiento, la velocidad, el número de dientes a utilizar, el espacio entre las pasadas, la dirección de desgarramiento en relación a las formaciones de los estratos y la pendiente, la posibilidad de utilizar desgarramiento en Tándem, etc.

## **PRODUCCION DE LOS DESGARRADORES**

Existen varios sistemas para calcular la producción de los desgarradores.

El primero y mejor de ellos, particularmente en grandes obras, consiste en seccionar un área determinada y registrar el tiempo que ocupe un tractor equipado en efectuar el desgarramiento, seccionar el área después de removido el material, lo cual nos permite conocer la producción horaria medida en banco.

Otro sistema consiste en suponer que el tractor empujador trabaja en primera velocidad obteniéndola de la tabla de especificaciones de la máquina.

Deberán incluirse los tiempos para giros y la sacada o hundida del desgarrador.

Considerar la distancia entre dientes y la profundidad de desgarre.

Este procedimiento arroja el volumen medido en banco, calculado, y la experiencia ha demostrado que los resultados que se obtienen son entre un 10 y un 20% más altos que el obtenido en la realidad utilizando el primer método de medición directa.

Existe también el método gráfico que se explica más adelante.

## EJEMPLO

Cálculo del volumen que puede desgarrar un tractor CAT D9H equipado con desgarrador de un diente.

Penetración.- 60 cms.

Distancia entre pasadas 90 cms.

Velocidad (1a) = 1.6 km/hora = 26.7 m/min.

Longitud = 150 m.

Tiempo muerto en cada cabecera = 0.25 minutos.

Eficiencia 75% (45 min. efectivos por hora)

## SOLUCION

Tiempo de cada ciclo 1.6 km/hora = 26.7 m/min.

$$T = \frac{150 \text{ m}}{26.7 \text{ m/min.}} + 0.25 \text{ m} = 5.86 \text{ min/ciclo}$$

Número de ciclos ó pasadas por hora:

$$N = \frac{45 \text{ min/hr}}{5.86 \text{ min/ciclo}} = 7.68 \text{ pasadas/hora}$$

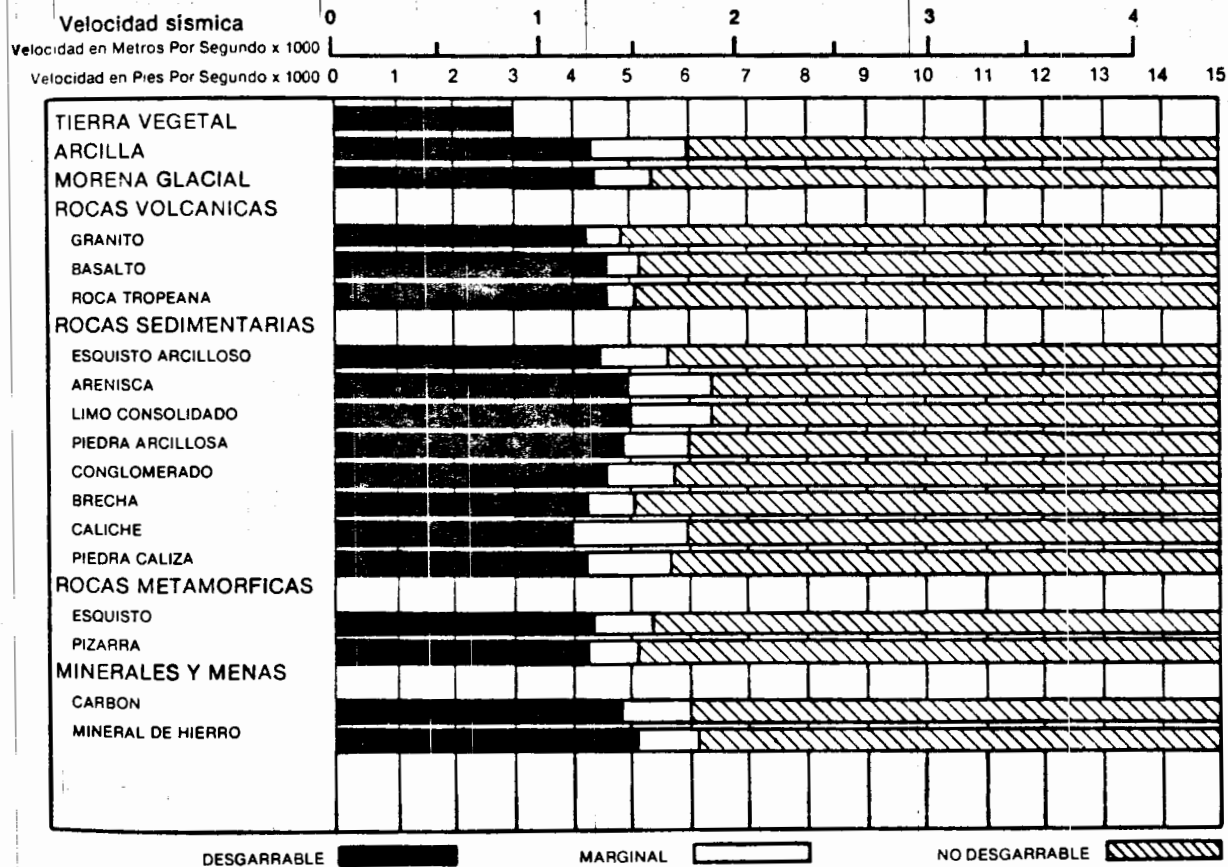
Volumen desgarrado por pasada = 1.50 m. x 0.9 m x 0.6 m. = 81 m<sup>3</sup>

Producción calculada = 81 m<sup>3</sup>/pasada x 7.68 pasadas/hora = 6.22 m<sup>3</sup>/h.

## METODO GRAFICO

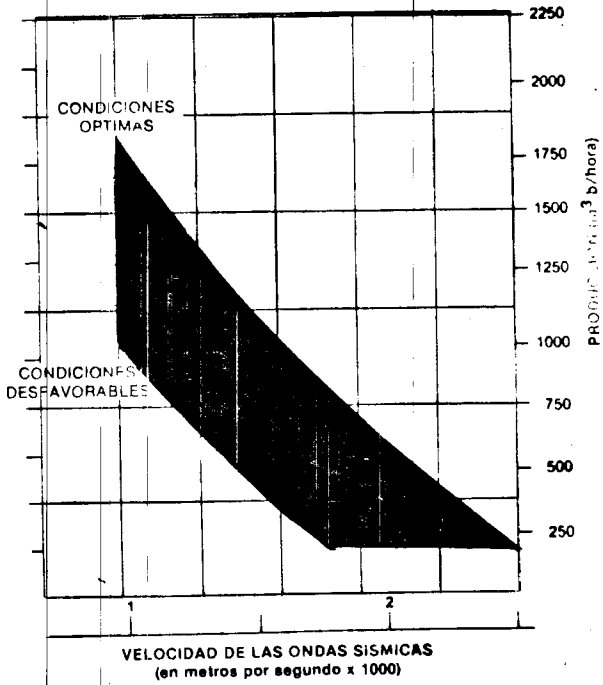
Este procedimiento de cálculo de la producción se basa en el uso de las tablas de velocidad sísmicas, para ello y para cada modelo de máquina, se han elaborado unas gráficas para diferentes tipos de materiales con sus correspondientes velocidades sísmicas en kilómetros por segundo y en ellas se marca cuales materiales pueden

ser susceptibles de desgarramiento. A continuación se muestran unas de ellas, éstas gráficas nos indican la posibilidad de desgarramiento del material, más adelante se muestran las gráficas de producción.

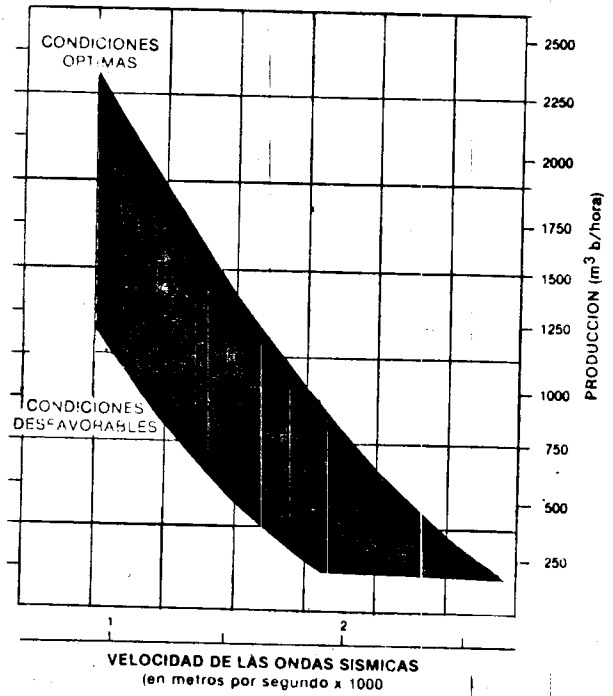


# DESGARRADORES

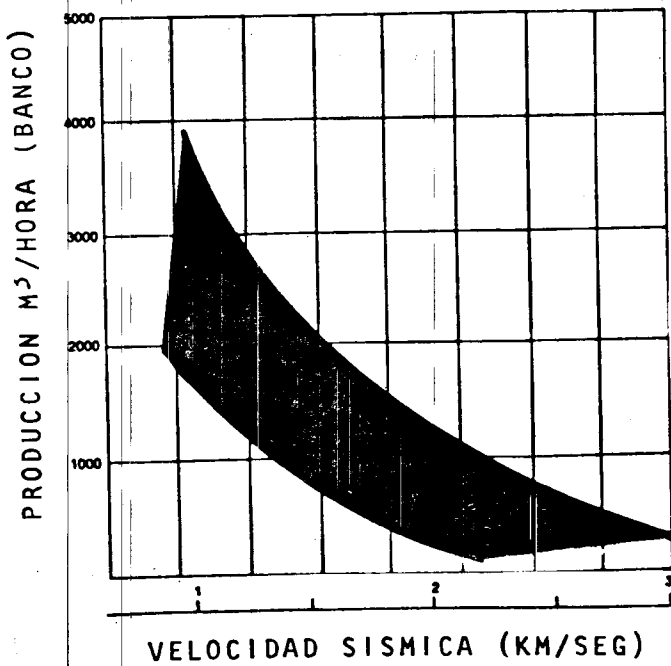
**D8L CON UN VASTAGO**



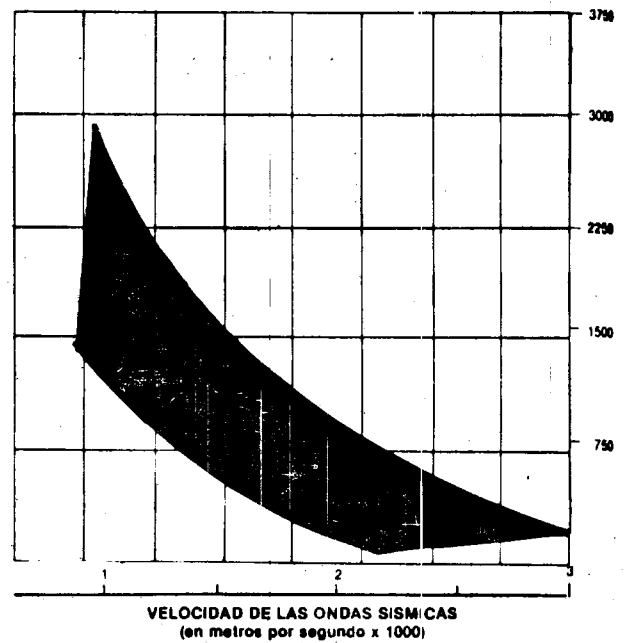
**D9L CON UN VASTAGO**



**D10 CON UN SOLO DIENTE**

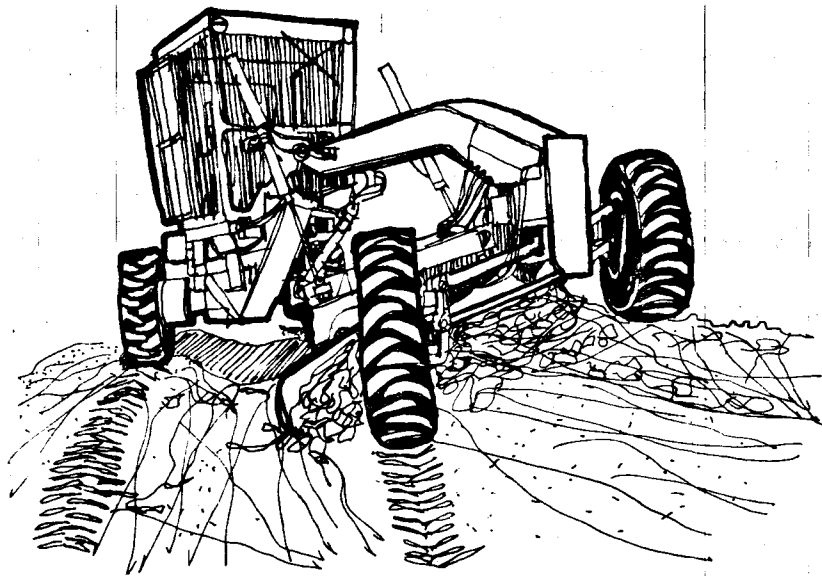


**D11N CON UN VASTAGO**

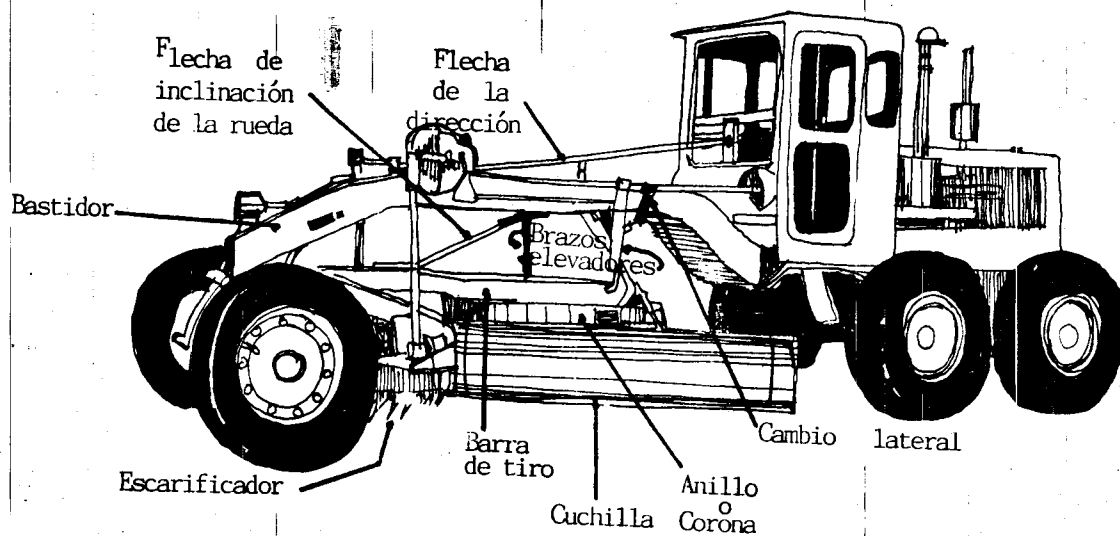


## II.3 MOTOCONFORMADORAS

Son máquinas de aplicaciones múltiples, destinadas a mover, nivelar y afinar suelos; utilizadas en la construcción y en la conservación de caminos.



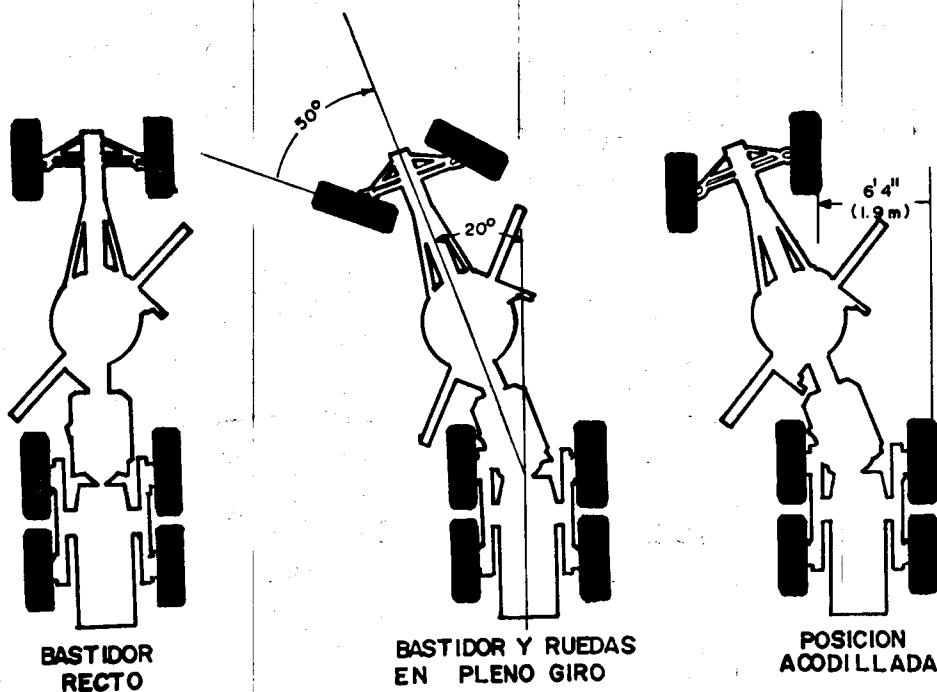
Están formadas por un chasis montado sobre ruedas que lleva un brazo alargado que descansa en otro eje de ruedas que son las de dirección. Debajo del brazo se



encuentra montada una cuchilla larga y de perfil curvo conocida como hoja niveladora que es su principal elemento.

La importancia de estas máquinas se debe tanto a su gran potencia, como al dispositivo para mover la cuchilla que le permite moverse y girar en todos sentidos, es decir:

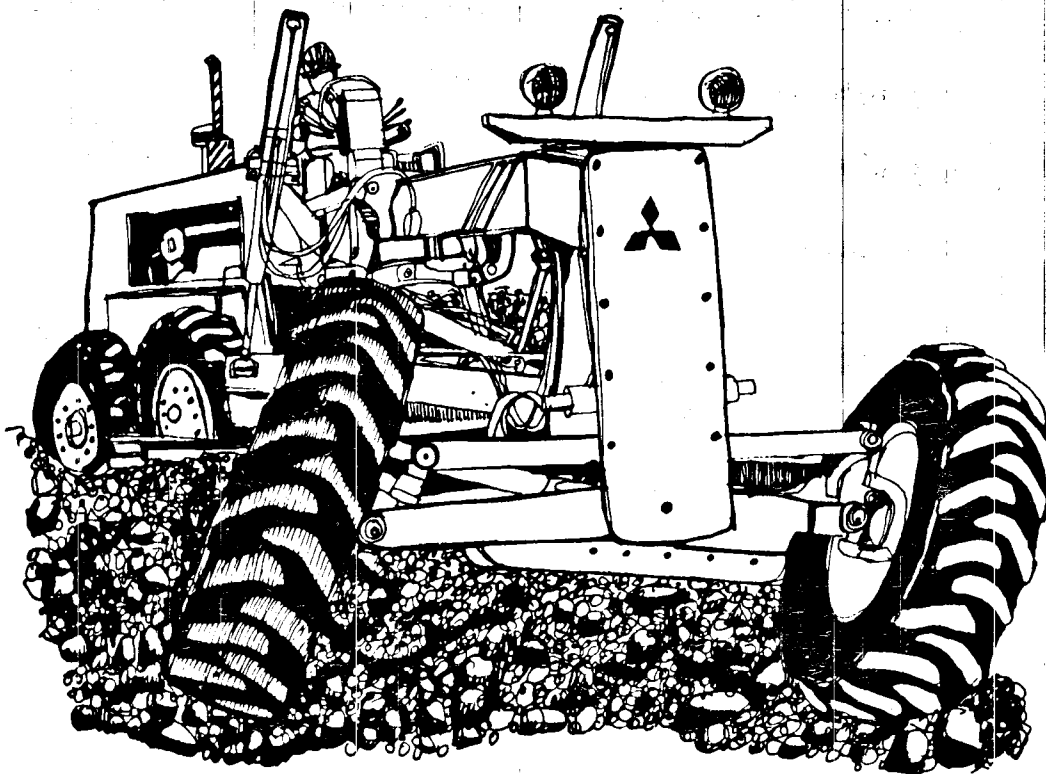
- Puede regular su altura con relación al plano horizontal.
- En el plano horizontal puede quedar fija formando un ángulo cualquiera con el eje vertical de la máquina.
- Puede inclinarse también con relación al plano horizontal, llegando incluso a quedar en posición vertical fuera del chasis.



Una particularidad de esta máquina está en que las ruedas delanteras pueden inclinar su plano de rodadura para evadir los materiales que van siendo movidos por la cuchilla y oponerse a la fuerza lateral que tiende a desviar la parte delantera de la máquina hacia un lado.



Es común que se logren inclinaciones hasta de  $22^{\circ}$  hacia ambos lados.

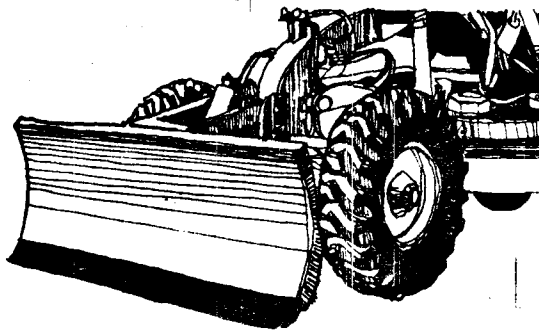
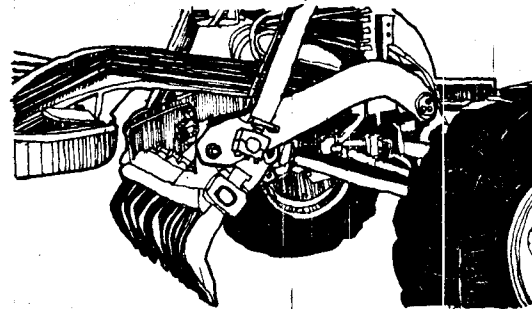


Las motoconformadoras pueden mover materiales poco compactos y sin cohesividad como arena y grava y que no tengan mucho contenido de raíces, troncos o piedras.

- a) Desyerbar y remover vegetación ligera.
- b) Limpiar bancos
- c) Construir canales o formar terraplenes.
- d) Extender materiales.
- e) Mezclar y revolver materiales con objeto de uniformarlos
- f) Terminar y afinar taludes.
- g) Mantener y conservar caminos.

Sin embargo, se le adaptan otros dispositivos auxiliares para trabajos diversos. Por ejemplo:

- a) Escarificadores para arar o remover el terreno, y así facilitar el trabajo de la cuchilla.
- b) Hoja frontal de empuje para ejercer la acción de "Bulldozer" o empujar.



### **PRODUCCION DE MOTOCONFORMADORAS**

El modelo y potencia de estas máquinas está determinada por las dimensiones de la hoja y las hay hasta de 5.00 metros de longitud y 0.80 metros de altura con potencia de 500 H.P.

Cualquiera que sea el trabajo ejecutado por una motoconformadora, su rendimiento dependerá fundamentalmente de las velocidades a que transite durante las diversas fases de la operación, así como del número de pasadas que deberá ejecutar para terminar el trabajo.

La fórmula más usual para calcular el rendimiento de estas máquinas, es la siguiente:

$$R = \frac{V \times A \times e \times E}{N}$$

en donde:

V = Velocidad de la máquina en metros por hora

A = Ancho de la faja por nivelar en metros.

e = Espesor de la capa por nivelar en metros.

E = Factor de eficiencia.

N = Número de pasadas que requiere la máquina para revolver, tender y nivelar la faja de trabajo.

#### EJEMPLO

Calcular la producción de una motoconformadora que transita a una velocidad de 10,000 m/hora necesita dar N pasadas para tender y nivelar un terraplén con un ancho de 8 metros y en capas de 0.20 m. compactos.

El factor de eficiencia es de 75%

$$R = \frac{10,000 \text{ m/hora} \times 8 \text{ m.} \times 0.20 \text{ m} \times 0.75}{N} = \frac{2,000}{N}$$

Para calcular el número de pasadas depende del tipo de trabajo que se va a efectuar pero vamos a ejemplificar uno de la siguiente forma:

Primero analizamos el número de veces que cabe la máquina en el ancho del tramo.

Supongamos que la cuchilla mide 3.50 y se traslapa un 20% en cada pasada; esto quiere decir que el ancho efectivo será de  $3.50 \times 0.8 = 2.80 \text{ m.}$

Si el tramo mide 8 metros de ancho:  $\frac{8}{2.8} = 2.86$

3 pasadas

El trabajo requiere de las siguientes operaciones:

a).- Tendido del material acamellonado para

incorporarle agua

(3 pasadas)

b).- Revoltura del material para impregnarlo de agua

(3 pasadas)

c).- Tendido del material para extenderlo

(3 Pasadas)

d).- Nivelación del material para compactarlo.

(3 pasadas)

**Total**

**(12 Pasadas)**

así  $R = \frac{2,000}{12} = 175 \text{ m}^3/\text{hr.}$

## II.4 CARGADORES

La transformación o adaptación más avanzada del empujador es el cargador frontal con cucharón en el extremo, que puede mover una amplia variedad de materiales, en mayores cantidades y a menor costo; gracias a la velocidad, potencia y movilidad, operando eficazmente.

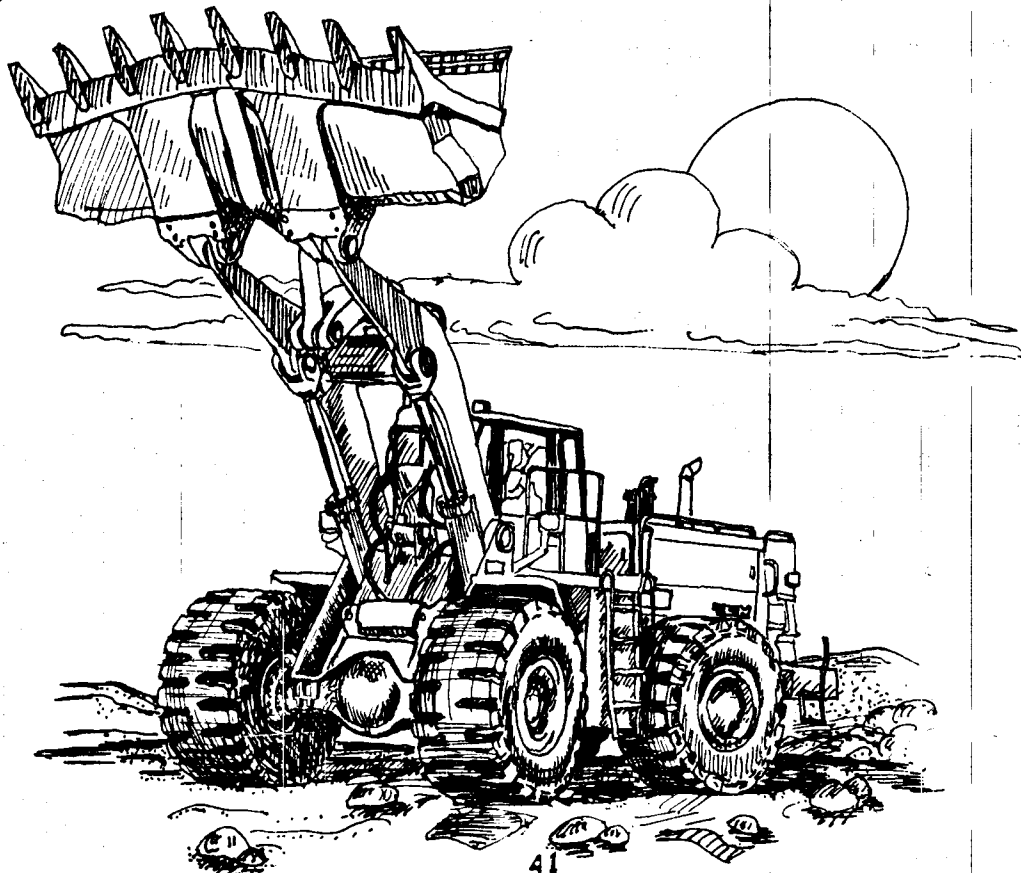
Los cargadores son equipos de carga y algunas veces se les usa para pequeños acarreos, los cuales no deben exceder de 60 m. para que se recomiende esta utilización.

Esta máquina ha sustituido con ventajas a las pesadas palas mecánicas.

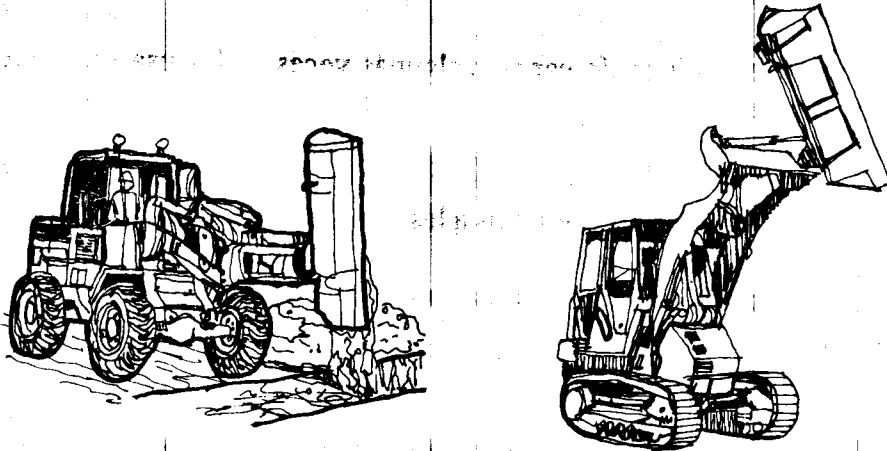
Los cargadores se clasifican, en cuanto a su forma de descarga y en cuanto al tipo de rodamiento.

### *A) Por la forma de efectuar la descarga se clasifican en:*

a) Descarga frontal.- Son las más usuales de todos. Voltean el cucharón o bote hacia la parte delantera del tractor. Se utiliza principalmente en excavaciones en sótanos a cielo abierto, manipulación de materiales suaves, bancos de arena, grava, arcilla, etc.. En rellenos de zanjas, alimentación de plantas de trituración, dosificadoras, etc.

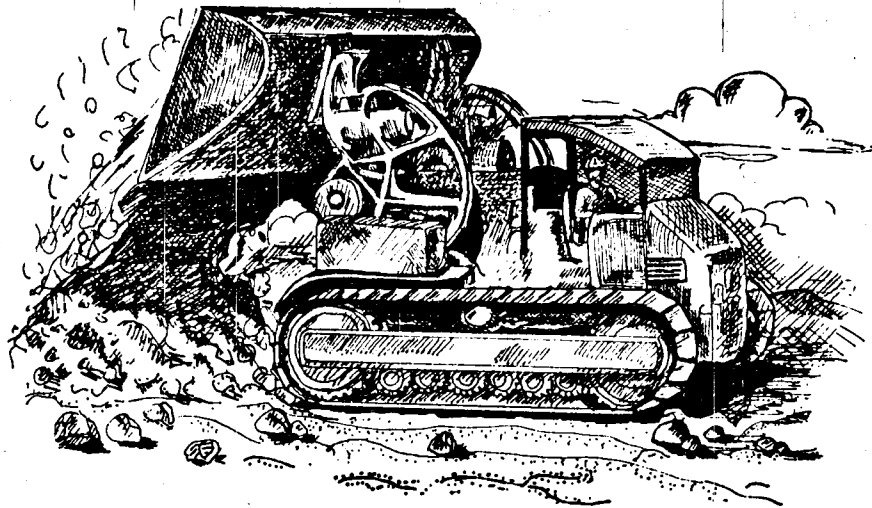


b) Descarga lateral.- Estos tienen como ventaja que el cargador no necesita hacer tantos movimientos, para colocarse en posición de cargar el equipo de acarreo, ya que se coloca paralelo al vehículo y un gato acciona el bote volteándolo hacia el costado del cargador vertiendo la carga en la caja del vehículo de acarreo.



Se utiliza en donde las condiciones del sitio de trabajo impidan suficiente espacio para maniobras.

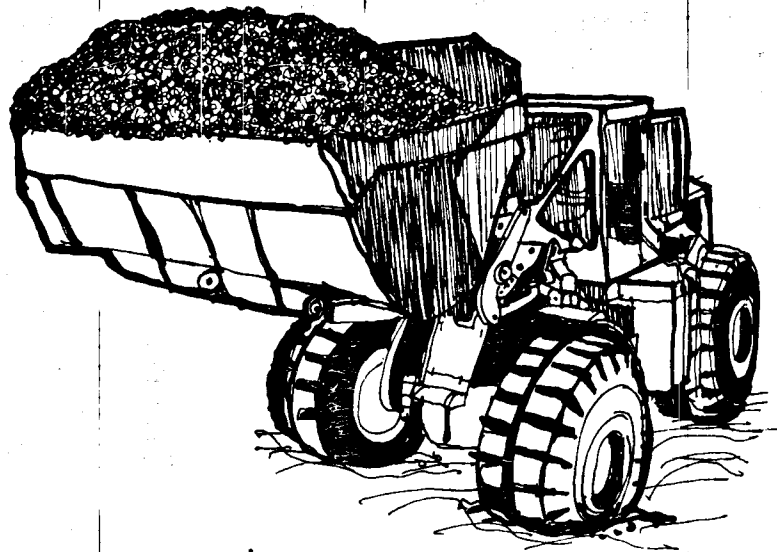
c) Descarga trasera.- En éstos el cucharón ya cargado pasa sobre la cabeza del operador y descarga hacia atrás directamente al equipo de acarreo. Aunque se diseñan con una cabina especial de protección, resulta muy riesgosa su utilización en cuanto a la seguridad del operador. Solamente se usan en la rezaga de túneles cuya sección es pequeña y no permite el uso de otro tipo de cargador, de ahí que también se le conozca a este equipo como rezagadora.



*B) Por la forma de rodamiento, se clasifican en:*

- a) De carriles (orugas)
- b) De llantas (neumáticos)

Los cargadores frontales sobre neumáticos son más adecuados que las de oruga cuando la distancia de acarreo sea considerable; cuando los materiales de la superficie de rodamiento sean abrasivos y provoquen desgaste excesivo de las orugas y mejor aún si es suelo duro y seco. Cuando los materiales están sueltos y puedan atorarse fácilmente con el cucharón, cuando se cuente con suficiente espacio para maniobrar, etc.



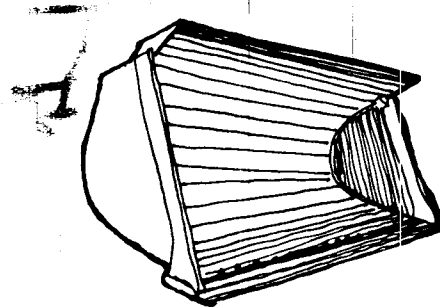
Los cargadores montados sobre orugas son más convenientes de utilizar en terrenos sueltos y en aquellos trabajos que requieran buena tracción de la máquina; cuando no se requieran muchas maniobras por parte de la máquina; cuando se trate de material duro y difícil de excavar y, por lo regular, se manejan volúmenes pequeños. En resumen mientras que los cargadores frontales sobre neumáticos son más veloces y maniobrables que los de orugas en detrimento de la tracción, estos últimos tienen como característica principal su buena tracción y baja velocidad.



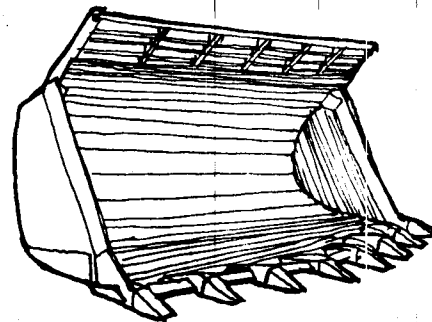
## CUCHARONES

El elemento básico de carga de estas máquinas es el cucharón o bote. Existen en el mercado gran variedad de cucharones con diferentes capacidades y características que los hacen adecuados para trabajos específicos. Entre los principales tipos de cucharones tenemos:

**BOTE LIGERO:** Adecuado para cargar materiales sueltos y poco abrasivos. La parte inferior de este cucharón está provista de una cuchilla cortadora.



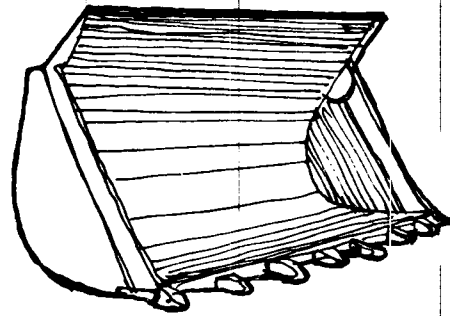
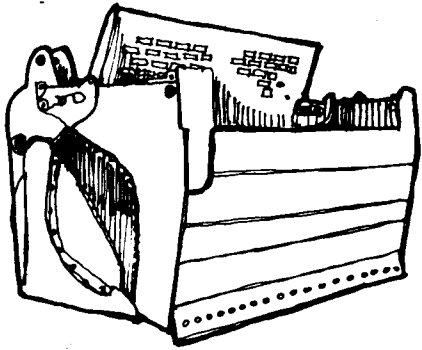
**BOTE REFORZADO:** Este bote es más fuerte que el anterior y en su parte inferior está provisto de dientes que lo hacen el equipo adecuado para trabajos en que además de cargar se quiera excavar el material.



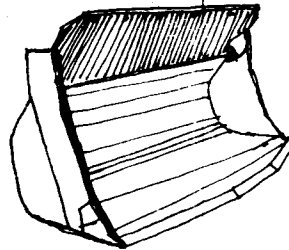


**BOTE SUPERREFORZADO:** Es igual al cucharón reforzado pero aún más fuerte y se utiliza para trabajos con roca fragmentada o lajas.

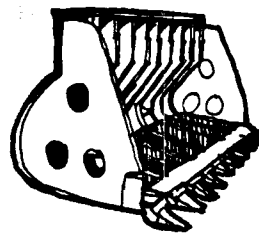
**BOTE PARA DEMOLICIONES:** Se utiliza en la carria de desechos de forma irregular, por lo que en su diseño cuenta con una mandíbula de bordes dentados de accionamiento hidráulico.



**BOTE EYECTOR DE ROCAS:** Tiene una placa eyectora para la descarga del material con la cual se puede regular ésta y lograr con ello minimizar los impactos con la caja del vehículo de acarreo.

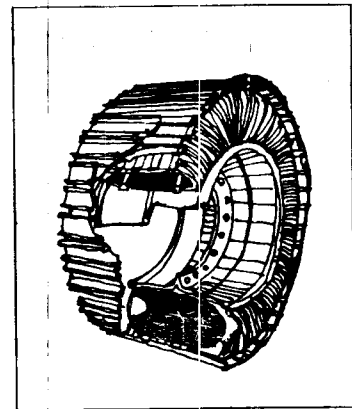
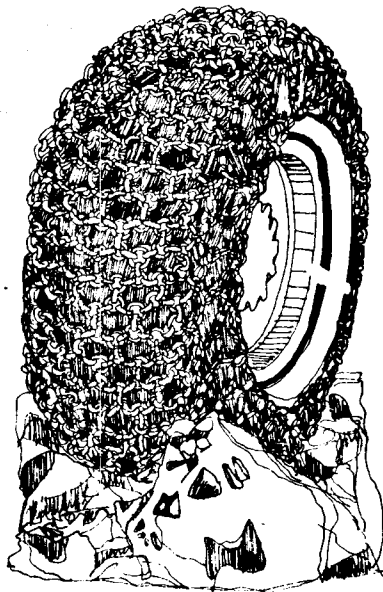


**BOTE DE REJILLA:** Formado por una estructura de rejillas que permiten que el material indeseable no permanezca en el bote. Se utiliza para el manejo de roca suelta.



## ADITAMENTOS

En suelos duros de consistencia rocosa, los neumáticos de los cargadores están expuestos a desgaste prematuro y a sufrir cortes y fisuras, que los destruyan parcial o totalmente. Por ello se han diseñado cadenas de protección que restan estos efectos y además son de fácil reparación. Existen también refuerzos para los neumáticos formados de bandas metálicas que además proporcionan mayor tracción a la máquina.



## PRODUCCION DE LOS CARGADORES FRONTALES SOBRE ORUGAS

La producción en estas máquinas es igual a la cantidad de material que cargan y descargan en su cucharón por ciclo, por el número de ciclos que puede realizar en un tiempo determinado.

La cantidad que puede caber en el cucharón de un cargador, se estima en la forma de material que se encuentra suelto, es decir ya aflojado del banco.

La capacidad real del cucharón se determina multiplicando la capacidad nominal, ó de fábrica por un "Factor de llenado de cucharón".

Este factor de llenado se estima de acuerdo a los siguientes valores:

**TAMAÑO Y TIPO DE MATERIAL SUELTO****FACTOR DE****LLENADO**

Materiales pequeños bien mezclados y húmedos	95 - 100 %
Agregados pétreos uniformes arriba de 1/8"	95 - 100 %
De 1/8" - 3/8"	90 - 95 %
De 3/8" - 3/4"	85 - 90 %
De 3/4" hacia arriba	85 - 90 %
<b>MATERIAL TRONADO</b>	
Bien tronado	80 - 90 %
Regular	75 - 90 %
Mal tronado	60 - 75 %
<b>OTROS</b>	
Mezclas de tierra y piedra	100 - 120 %
Marga húmeda	90 - 110 %
Tierra vegetal, piedras, raíces	80 - 100 %
Materiales cementados	85 - 95 %

Cuando el material se encuentra en el banco de préstamo, la producción puede ser considerada en m<sup>3</sup>., medidos en el banco y ésto se calcula aplicando los factores de abundamiento o expansión (Factor volumétrico de conversión) y aplicando el factor de llenado del cucharón. En esas condiciones la cantidad de material cargado, medido en banco se aplica con la siguiente fórmula:

*Cantidad de material en el banco = (Capacidad del cucharón) X (Factor de llenado) X (Factor volumétrico de conversión).*

**CALCULO DEL CICLO DE OPERACION**

El ciclo de operación en cargadores frontales se calcula a partir de la siguiente fórmula:

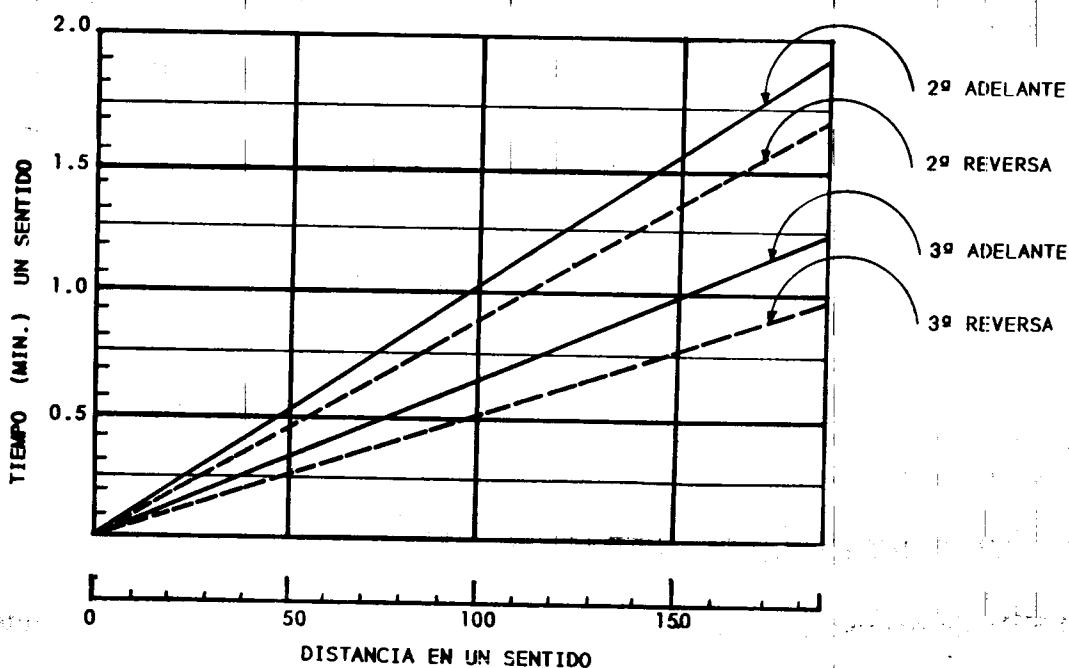
*Tiempo total del ciclo = Tiempo de carga + Tiempo de maniobras + Tiempo de tránsito + Tiempo de descarga.*

**TIEMPO DE CARGA.** Se cálcula tomando en cuenta los siguientes factores.

MATERIAL	MINUTOS
Tamaño uniforme de partículas	0.04
Diversos tamaños de partículas	0.05
Arcilla mojada	0.06
Suelos, cantos, rodados, raíces	0.10
Materiales cementados	0.15

**TIEMPO DE MANIOBRAS.** Incluye el tránsito básico, cuatro cambios de dirección y el tiempo de giro y puede considerarse que es de 0.22 minutos a plena potencia y con un buen operador.

**TIEMPO DE TRANSITO.** Aunque no es una máquina de acarreo, su operación puede requerirse en este trabajo, por lo que deberán considerarse los tiempos de ida y vuelta que pueden determinarse por las gráficas de tránsito como la que se muestra.



**TIEMPO DE DESCARGA.** Depende del tamaño y robustez del objetivo donde se descarga y varía de 0.01 a 0.10 minutos. Para camiones de volteo normales, puede considerarse entre 0.06 minutos.

### EJEMPLO

Calcular la producción horaria de un cargador CAT 931 B equipado con bote de  $1/\text{yd}^3$  ( $0.80 \text{ m}^3$ ) que va a cargar camiones de volteo con una mezcla de arcilla y grava húmedas extraídas de banco de préstamo. Tiene que realizar un acarreo total adicional de 150 mts. en 2a. velocidad. (Distancia de tiro = 75 mts.). Suponer una eficiencia del 80%

#### SOLUCION

Cálculo del ciclo.	0.06
Tiempo de carga (arcilla mojada)	0.22
Tiempo de maniobra	0.22
Tiempo de tránsito (gráfica)	1.60
Tiempo de descarga (Volteos)	0.06
	<hr/>
	1.94 min.

$$\text{No. de ciclos por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{1.94} \times 0.80 = 24.7 \text{ ciclos}$$

Capacidad del Cucharón:

Factor de llenado 100% (Materiales mezclados y húmedos)

Abundamiento 40% (Arcilla y grava mojada)

Capacidad real del cucharón:

$$C = 0.80 \text{ m}^3 \times 1.00 = 0.80 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidad medida en banco} = 0.80 \text{ m}^3 / 1.40 = 0.57 \text{ m}^3$$

Producción =  $24.7 \text{ ciclos} \times 0.57 \text{ m}^3/\text{ciclo} = 14.08 \text{ m}^3$  medidos en banco;  $24.7 \text{ ciclos} \times 0.80 \text{ m}^3/\text{ciclo} = 19.76 \text{ m}^3$  medidos sueltos.

## PRODUCCION DE CARGADORES FRONTALES SOBRE RUEDAS

El ciclo básico (carga, maniobras de giro y descarga) de un cargador frontal articulado sobre ruedas puede considerarse en 0.40 minutos, excepto para aquellos superiores a  $4 \text{ yd}^3$  ( $3.06 \text{ m}^3$ ) de capacidad en que este tiempo aumenta ligeramente a 0.50 minutos.

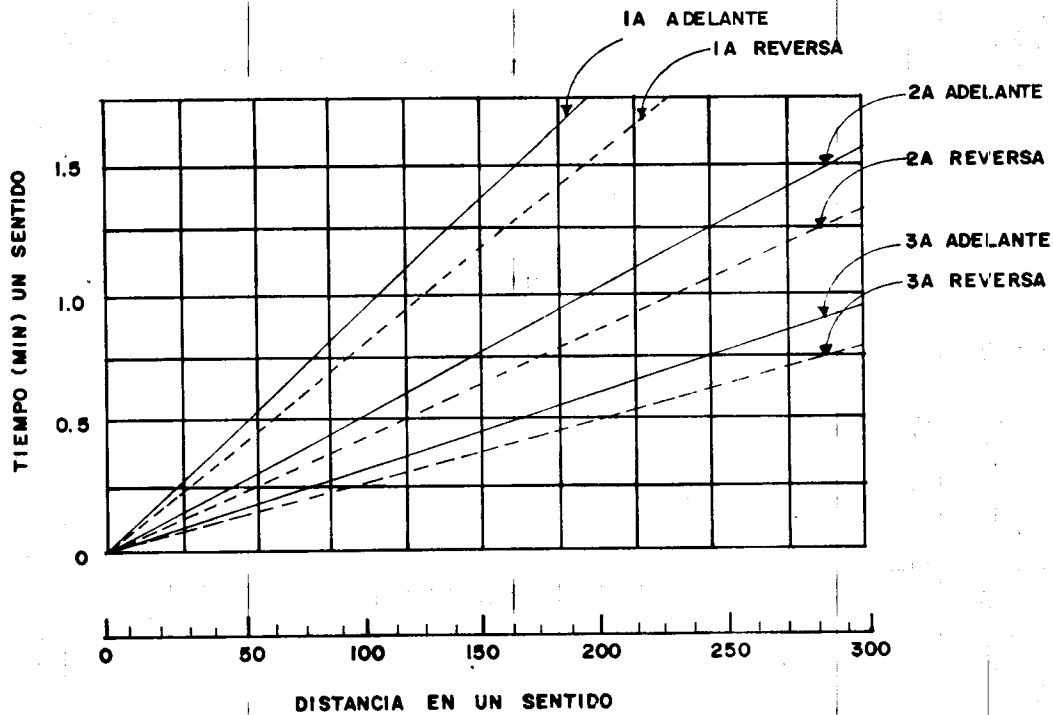
Para calcular con mayor precisión el ciclo deben considerarse las variables que se enlistan enseguida de las cuales deberán aumentarse o disminuirse al tiempo del ciclo básico.

MATERIALES	MINUTOS
Material mezclado	+ 0.02
Mayor de 1/8"	+ 0.02
De 1/8" a 3/4"	- 0.02
De 3/4" a 6"	0.00
Mayor de 6"	+ 0.03
Material de banco o muy irregular	+ 0.04
<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Hecho con empujador o banda transportadora	
Hasta 3.00 mts o mayor	0.00
Hasta 3.00 mts. o menos	+ 0.01
Hecho con camión de volteo	+ 0.02
<b>VARIOS</b>	
Los camiones y el cargador son propiedad de una misma empresa	- 0.04
Los camiones son de diversos propietarios	+ 0.04
La operación es constante	- 0.04

La operación es inconstante	+ 0.04
La descarga es a un objetivo reducido	+ 0.04
La descarga es a un objetivo frágil	+ 0.05

### ACARREO

Si adicionalmente el cargador debe hacer acarreo diferentes a los supuestos en el ciclo básico, se deberá recurrir a las gráficas que para cada modelo suministrarán los fabricantes y que son como las que aparecen a continuación.



En estas condiciones el ciclo total será igual:

Ciclo Total = Ciclo básico (0.40 minutos ó 0.50 minutos)

+ Variables + tiempo de acarreo.

Y el número de ciclos por hora:

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{\text{Ciclo total}} \quad (100\% \text{ eficiencia})$$

Para calcular la producción se deberán usar los mismos criterios anotados en la parte correspondiente a cargadores sobre oruga por lo que se refiere a "Coeficiente de abundamiento o expansión" y al "Factor de llenado del cucharón".

### EJEMPLO

Determinar el volumen de material que puede ser manejado por un cargador de 155 HP con bote de 2.5 yd<sup>3</sup>. (191 m<sup>3</sup>) medido en banco con los siguientes datos:

Material; Roca bien tronada en tamaño medio de 6"

Factor de abundamiento: 40%

Almacenamiento con tractor a una altura de 2.00 mts.

Todo equipo es propiedad de la misma empresa.

La operación es constante

La descarga es a una planta de trituración (objetivo reducido) y debe acarrear a 100 metros en 2a. velocidad de la máquina Factor de eficiencia 80% (Distancia de tiro = 50 mts.)

Tiempo básico	0.40 min.
Material de 6"	+ 0.03
Almacenamiento a 2 mts.	+ 0.01
Equipo propio	- 0.04
Operación constante	- 0.04
Objetivo reducido	+ 0.04
Acarreo (Gráfica)	0.45
	=====
	0.85 minutos

$$\text{Ciclos por hora: } \frac{60}{.85} \times 0.80 = 56.5 \text{ ciclos}$$



Capacidad real del cucharón = Capacidad nominal X Factor de llenado Según la tabla para roca bien tronada, éste factor es 0.80

$$\text{Capacidad real} = 1.91 \text{ m}^3 \times 0.80 = 1.53 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidad real medida en banco} = \frac{1.53}{1.40} = 1.1 \text{ m}^3$$

Rendimiento = No. de ciclos por hora X Capacidad real del cucharón

$$\text{Rendimiento} = 56.5 \times 1.1 = 62.15 \text{ m}^3/\text{hora medido en banco}$$

$$\text{Rendimiento medido suelto} = 62.15 \times 1.40 = 87 \text{ m}^3/\text{hora sueltos.}$$

### *PRODUCCION DEL CARGADOR DE RUEDAS Y ELECCION DE LA MAQUINA*

Un método alternativo.

Otro método para elegir el cargador de ruedas y el cucharón adecuados que tengan los requisitos de producciones mediante los nomogramas siguientes.

### EJEMPLO

Un cargador de ruedas debe producir  $230 \text{ m}^3$  ( $300 \text{ yd}^3$ ) por hora en la carga de camiones. El tiempo de ciclo estimado es de 0.6 minutos, trabajando a razón de 45 minutos por hora. El factor de acarreo del cucharón es 95%, y la densidad del material corresponde a  $1780 \text{ kg/m}^3$  ( $3000 \text{ Lb/yd}^3$ ).

Halle el tamaño del cucharón y el modelo de la máquina.

### SOLUCION

A plena eficiencia, el cargador de ruedas hará 100 ciclos por hora, puesto que la eficiencia es de 45 minutos por hora, sólo ejecutará 75 ciclos.

Para hallar la solución emplee el método detallado en los puntos 1 al 10.

1. Marque en la escala B el punto correspondiente a la producción requerida de  $230 \text{ m}^3/\text{hr}$  ( $300 \text{ yd}^3/\text{hr}$ ).

2. Marque en la escala A el número de ciclos/hr. requeridos  $(60/0.6) = 100 \times 0.75 = 75$  ciclos/hr.

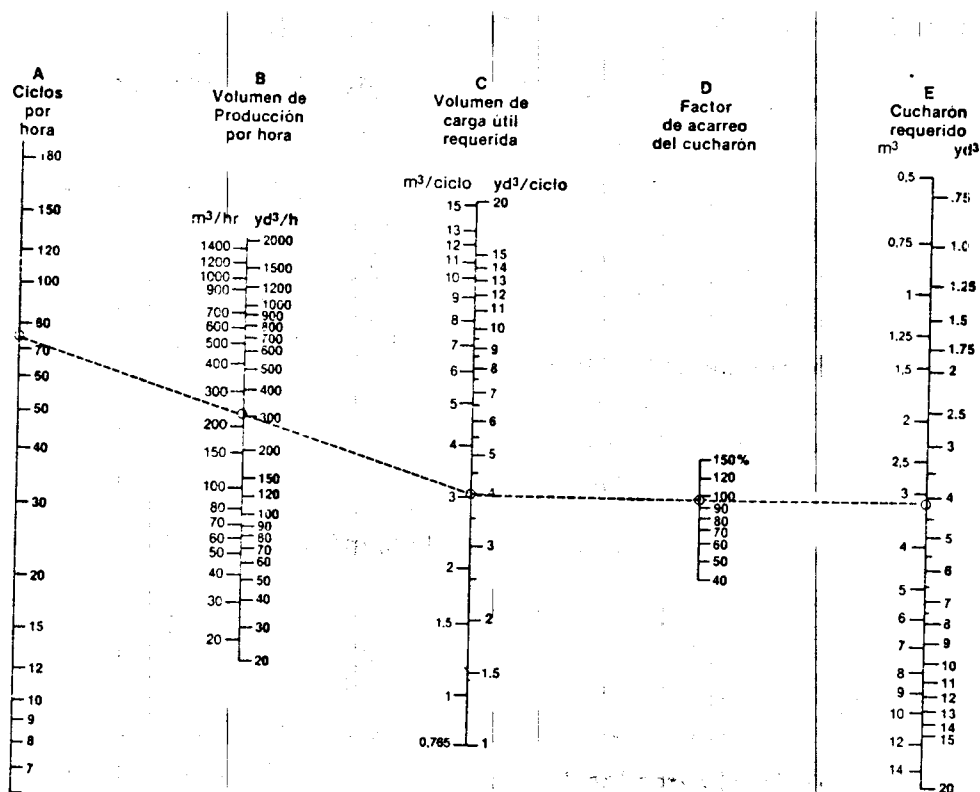
3. Desde A, trace una línea recta que pase por B y toque C. Verá que la carga útil requerida es  $3 \text{ m}^3/\text{ciclo}$  ( $4 \text{ yd}^3/\text{ciclo}$ ).

4. Marque en la escala D, 0.95, que es el factor de llenado del cucharón.

5. Desde C, trace una línea que cruce la escala D y toque E. Verá que  $3 \text{ m}^3$  ( $4 \text{ yd}^3$ ) es la capacidad requerida del cucharón.

6. Transfiera a la gráfica siguiente los ciclos/hr de la escala A y la carga útil de la escala C.

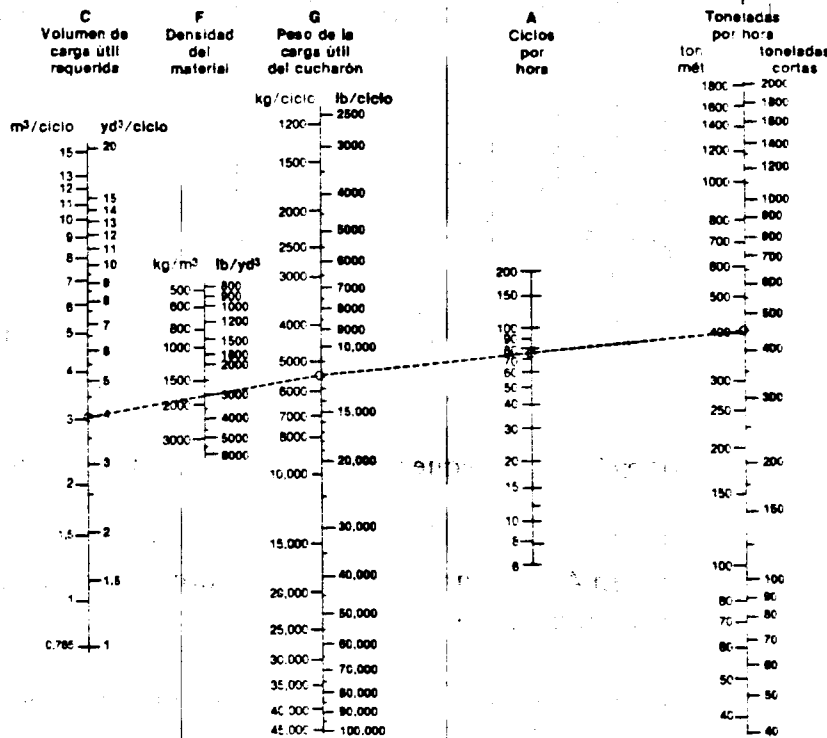
7. Marque la densidad del material ( $1780 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) en el punto correspondiente.



8. De la escala C, trace una línea que pase por F y toque G para hallar la carga útil por ciclo 5300 kg.)

9. Compare la cantidad de 5300 kg. en la escala G, con la carga de operación a pleno giro en la sección de elección de cucharones. Con el 966D provisto de cucharón de 3.1 m<sup>3</sup>(4yd<sup>3</sup>), la capacidad de operación depende de la densidad del material y de la capacidad del cucharón (vea las paginas de selección de cucharones que siguen).

10. Para hallar el tonelaje por hora, trace desde G una línea recta que cruce la escala A, y se prolonge hasta I, que es el punto correspondiente a 400 Toneladas métricas (450 ton. U.S.A.).



## **PRODUCCION DE LOS CARGADORES DE CADENAS, Y ELECCION DE MAQUINAS.**

### **Método adicional para estimar la producción.**

Otro método para elegir el cargador de cadenas y cucharón adecuados, que satisfagan los requisitos de producción, es mediante el uso de los nomogramas siguientes.

### **EJEMPLO**

Un cargador de cadenas debe producir  $115\text{m}^3/\text{hr}$  ( $150\text{yd}^3/\text{hr}$ ). El tiempo estimado de un ciclo es de 0.5 minutos, trabajando a razón de 50 min/hora. El factor de llenado del cucharón es 75%, y la densidad de la carga es de  $1958\text{kg}/\text{m}^3$  ( $3300\text{Lb}/\text{yds}^3$ ).

### **SOLUCION**

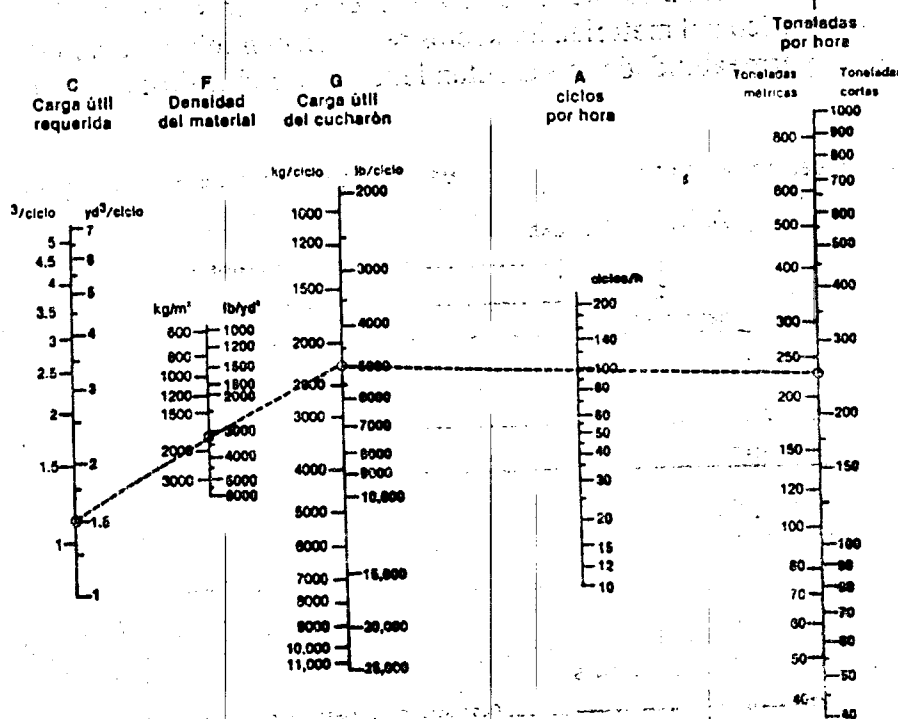
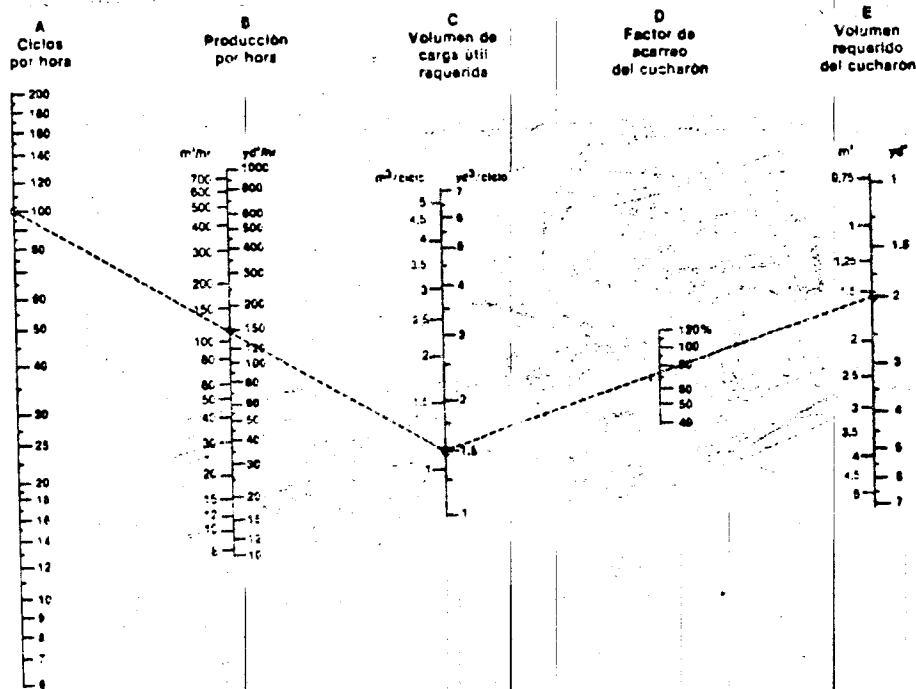
A óptima eficiencia, conseguirá 120 ciclos/hr, pero como sólo se trabaja a razón de unos 50 min/hr sólo resultan 100 ciclos/hr.

Desde 100 ciclos/hr, en la escala A, trace una línea recta que cruce por  $1.15\text{m}^3$  ( $1.50\text{yd}^3$ ) es la carga útil requerida del cucharón.

- 1) Marque en la escala A los ciclos/hora requeridos (100): y en la B, la producción de  $115\text{m}^3/\text{hr}$  ( $150\text{yd}^3/\text{h}$ ).
- 2) A partir de 100 ciclos/hora, en A, trace una línea que pase por  $115\text{m}^3/\text{hr}$  en B, y continúe hasta C. Verá que la carga útil requerida es  $1.2\text{m}^3/\text{ciclo}$ .
- 3) Del punto hallado en C, y pasado por 0.75, en D, trace una línea que toque E. Hallará que  $1.5\text{m}^3$  es la capacidad requerida del cucharón.
- 4) Traslade al nomograma siguiente los datos obtenidos en las escalas A y C.
- 5) Desde el punto  $1.2\text{m}^3/\text{ciclo}$ , trace una línea recta que pase por  $1960\text{kg}/\text{m}^3$ , en F, y toque g. Hallará que el peso de la carga útil es 2250 kg (5000 lb).
- 6) Compare 2250 Kg/ciclo de carga útil en el cucharón, escala G, con la gráfica de la página anterior, que muestra las cargas máximas de operación recomendadas para ver si el cucharón de  $1.5\text{m}^3$  puede trabajar con la carga útil deseada. La gráfica

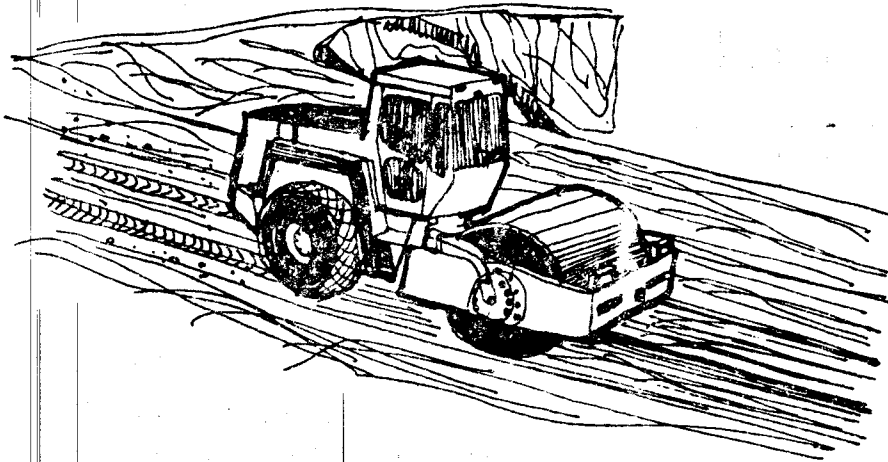
indica que el 953 con el cucharón 1.5 m<sup>3</sup> tiene una capacidad de operación recomendada de 2720 kg/ciclo (6000 lb).

7) Desde 2250 kg/ciclo, en la escala G, trace una línea que cruce la escala a por el punto 100, y toque I. (Verá que es el punto correspondiente a 225 t/hr).



## II.5 EQUIPO DE COMPACTACION.

Lo constituye el conjunto de máquinas que, en la construcción de terraplenes, sub-bases y bases sirven para consolidar los suelos, de acuerdo al grado de compactación especificada.



Se entiende por compactación de los suelos el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos. Por medio de la compactación aumenta el peso volumétrico del material, los suelos retienen el mínimo de humedad, presentan menor permeabilidad y sus asentamientos son reducidos; es decir,

ZONAS DE APLICACION DEL COMPACTADOR		METODO DE COMPACTACION		
100% de ARCILLA	LIMO	100% de ARENA	ROCAS	
PATAS DE CABRA		DE REJILLA		Peso estático, amasamiento
		VIBRATORIO		Peso estático, amasamiento
		DE TAMBORES DE ACERO LISO		Peso estático, vibración
		DE NEUMATICOS DE CUBIERTA MULTIPLE		Peso estático
		DE NEUMATICO PESADO		Peso estático, amasamiento
		DE PATAS DE CABRA, VIBRATORIO		Peso estático, amasamiento
		DE PISONES, REMOLCADO		Peso estático, amasamiento
		DE PISONES, DE ALTA VELOCIDAD		Peso estático, amasamiento, percusión, vibración
		DE PISONES	DE PISONES	Peso estático, amasamiento, percusión, vibración

que la compactación se traduce en un mayor valor de soporte, mayor resistencia al corte y mínima variación volumétrica por cambios de humedad.

Los métodos usados para la compactación de los suelos dependen del tipo de los materiales con los que trabaje en cada caso.

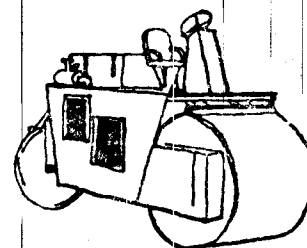
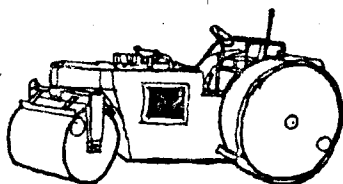
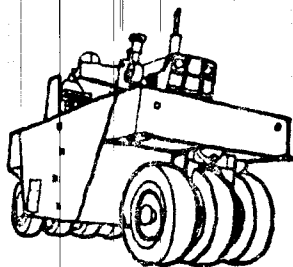
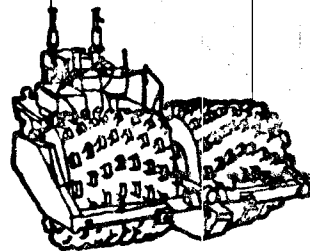
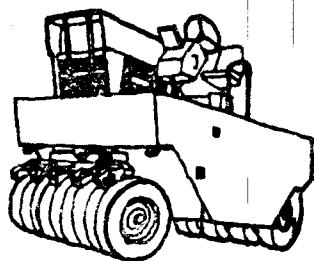
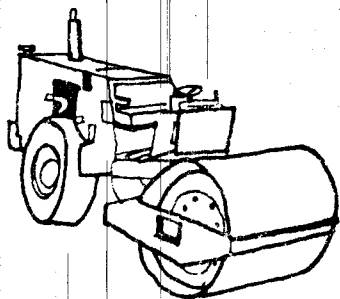
El esfuerzo de compactación o sea la energía que se transmite al suelo, según la máquina y el método empleado en el proceso de compactación, puede lograrse mediante:

- Peso estático o presión
- Amasado o manipuleo
- Impacto a golpes violentos
- Vibración o sacudimiento
- Con ayuda de enzimas

Factores que influyen en la compactación.

- a) Contenido de humedad del material
- b) Granulometría del material
- c) Número de pasadas del equipo
- d) Peso del compactador
- e) Presión de contacto
- f) Velocidad del equipo de contacto
- g) Espesor de la capa

Para el equipo de compactación se han introducido mejoras, tales como: Poderosos sistemas hidráulicos, sensores electrónicos confiables, diseños más funcionales, mayor versatilidad en su uso, transmisiones rápidas, potentes motores, etc., las cuales se han traducido en una mayor producción de los equipos.



El equipo para compactar se clasifica en:

- a) De tambores de acero liso.
- b) De neumáticos.
- c) Pata de cabra.
- d) Rejilla o malla.
- e) De pisones remolcados.
- f) Vibratorios.
- g) Combinaciones tales como: Tambor vibratorio de acero liso; neumáticos y tambor de acero liso; etc.



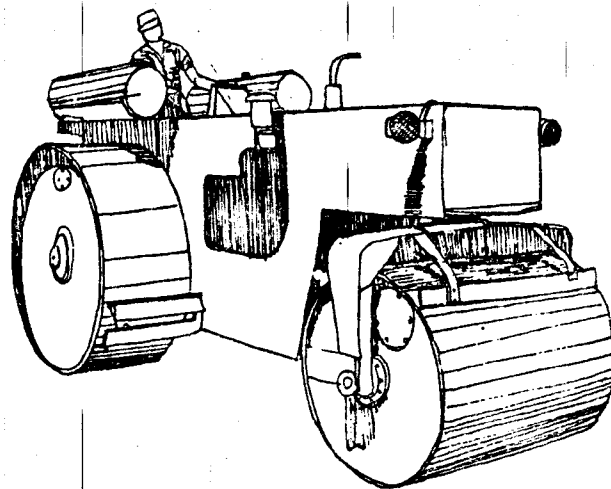
**a) De tambores de acero liso.**

Dentro de este equipo, que son la evolución de los rodillos de piedra utilizados por los romanos y otros pueblos antiguos, existen diversas modalidades. Puede tratarse de planchas tandem es decir con los rodillos colocados paralelos o con tres rodillos donde el delantero es más ancho que los dos traseros.

Los rodillos de estas máquinas son generalmente huecos y se pueden lastrar con agua, arena u otro material para darle mayor efectividad a la compactación.

Generalmente, estas máquinas son autopropulsadas y de gran peso. Pueden venir equipadas con aditamentos tales como limpiadores para evitar que el material se pegue a los rodillos y sistemas de riego para humedecer los rodillos que para ciertas operaciones es necesario.

Estos equipos se utilizan en la compactación de bases, sub-bases, caminos, etc, y en general para el acabado de carpetas asfálticas.



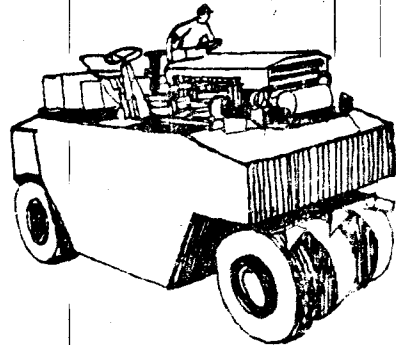
**b) De neumáticos.**

Estan formados principalmente por un chasis que soporta una caja para lastre y dos ejes de ruedas. el número de neumáticos es variable y son de rodadura lisa. Se colocan de tal manera que las huellas de las ruedas delanteras no se crucen con las traseras y tienen un sistema de amortiguamiento independiente para cada uno de ellos. Algunos de estos equipos tienen montadas sus ruedas con ejes excéntricos para hacer que oscilen al rodar y aumentar así su efecto de amasamiento.

Con los compactadores de neumáticos se logra una presión de contacto semejante a la de equipos de mayor peso además de tener mayor maniobrabilidad, poca profundidad de acción y poca flotación en materiales sueltos.

Son del tipo autopropulsados los más pequeños mientras que los grandes generalmente son jalados por un tractor.

Se les utiliza en la compactación final de terracerías, bases, sub-bases, etc.



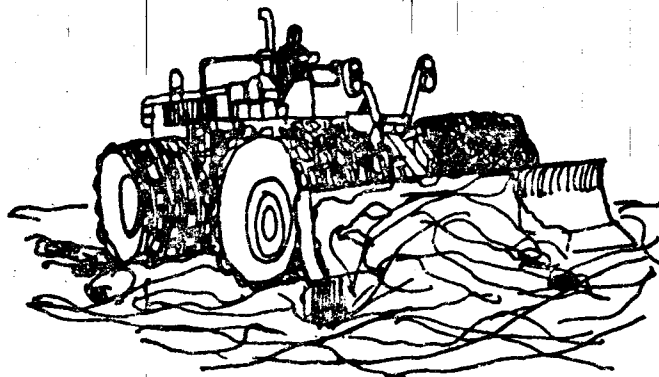
### c) Rodillo pata de cabra

Con estos equipos se logra una compactación por amasamiento y penetración.

El diseño de estas máquinas consta de un bastidor que sostiene tanto a los rodillos pata de cabra como a unas cajas para recibir el lastre ya sea agua, arena, bloques de concreto, etc. También se le adicionan a esta máquina limpiadora para retirar la tierra atorada entre las patas.

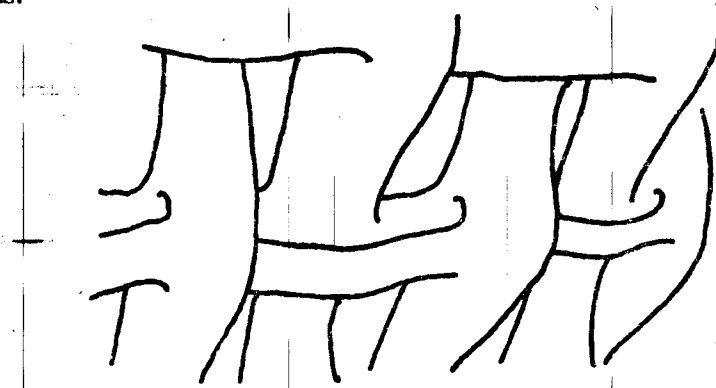
Los rodillos pata de cabra están diseñados e inspirados en las extremidades del animal que lleva su nombre. Estos rodillos concentran todo el peso de la máquina en los puntos en que sus patas penetran en el suelo logrando con esto bulbos de presión intensos y poco profundos.

Son lentos por naturaleza y usados generalmente en terraplenes con gran contenido de arcillas, gravas y limos.



#### **d) Rodillo de reja.**

Al igual que los otros equipos descritos está formado por un bastidor que sostiene a los rodillos y a las cajas de lastre (y unidad motora si se trata de equipo autopulsado) solamente que en este caso el rodillo está formado por una malla de barras entre lazadas.

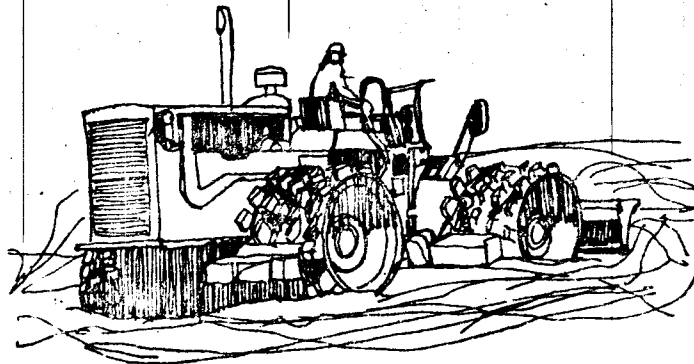


Originalmente fué diseñado para la disgregación y compactación de rocas poco resistentes a la compresión. Sin embargo se le han encontrado otras aplicaciones en gran variedad de suelos debido al efecto de impacto y vibración que producen al transitar a baja y alta velocidad respectivamente. En materiales plásticos desafortunadamente su eficiencia disminuye debido a que estos materiales se pegan a la máquina atascándola.

Se utiliza principalmente en caminos para la compactación de terraplenes revestidos de roca suelta.

#### **e) Rodillo de impacto.**

Este rodillo está basado en una compactación por impacto usando los mismos principios que el rodillo de reja. En este caso el rodillo tiene unas salientes de forma de pirámide truncada. Estas salientes son de distintos tamaños siguiendo con el

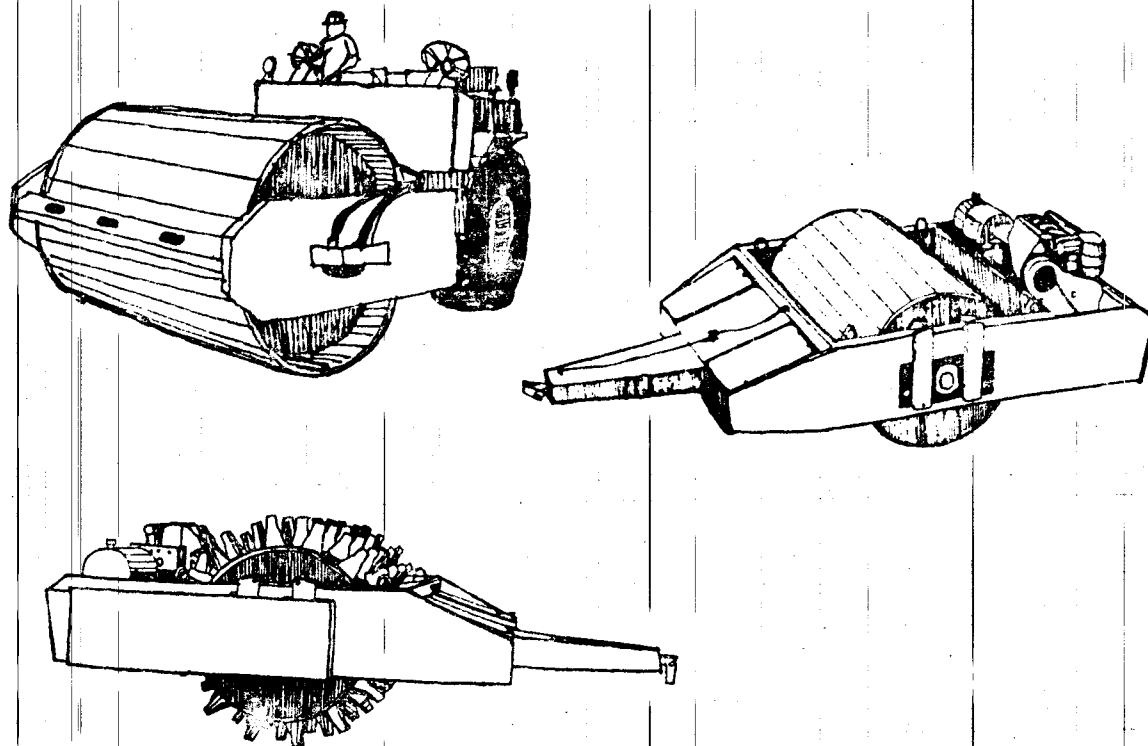


modelo del rodillo de reja con la ventaja de que estas son fácilmente limpiables por medio de un marco con dientes cosa que no es posible en el rodillo de reja. Por sus características, el rodillo de impacto es el eficiente compactador de terracerías en una gran variedad de suelos.

#### f) Rodillos vibratorios.

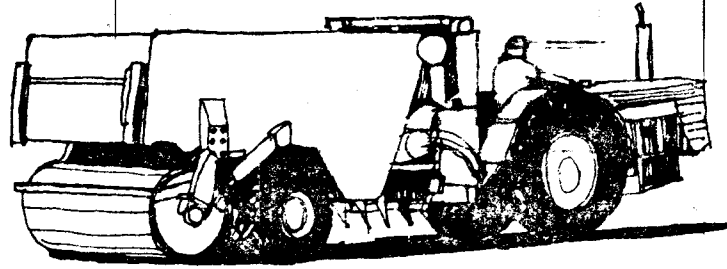
Puede tratarse de rodillos lisos o rodillos pata de cabra. Añaden un efecto más de compactación al equipo; al transmitir al suelo una sucesión de impactos que ocasionan ondas de presión y hacen que las partículas se reacomoden hasta alcanzar menor volumen posible.

En estos equipos el bastidor tiene un diseño especial que impide que las vibraciones de los rodillos se transmitan al mismo y al motor, dañándolos.



#### g) Compactadores duo-pactor.

Es una combinación usual de los efectos de dos tipos de compactación. Combina la compactación del rodillo metálico con la del rodillo neumático. Con esto se logra una mayor adaptabilidad de la máquina a diferentes tipos de suelos. Se fabrican autopropulsados y con un mecanismo que permite levantar o bajar ya sea el tambor de acero o los neumáticos indistintamente según lo requiera la operación que este realizando.



### **PRODUCCION DE COMPACTADORES**

La producción de los compactadores se calcula o se expresa en metros cúbicos por hora de material compacto, ( $m^3$  MC).

Coefficiente de contracción:

$$CC = \frac{m^3 \text{ material compacto (} m^3 \text{ MC)}}{m^3, \text{ material en banco (} m^3 \text{ MB)}}$$

La siguiente fórmula se utiliza para calcular los volúmenes compactados de producción.

$$m^3 \text{ MC} = \frac{A \times V \times E}{N}$$

en donde:

A = Ancho de compactación por pasada en metros (los fabricantes de compactadores recomiendan tomar el valor de A igual a 0.8 el ancho de la rueda del compactador por efectos de traslape).

V = Velocidad de trabajo del compactador en metros/hora

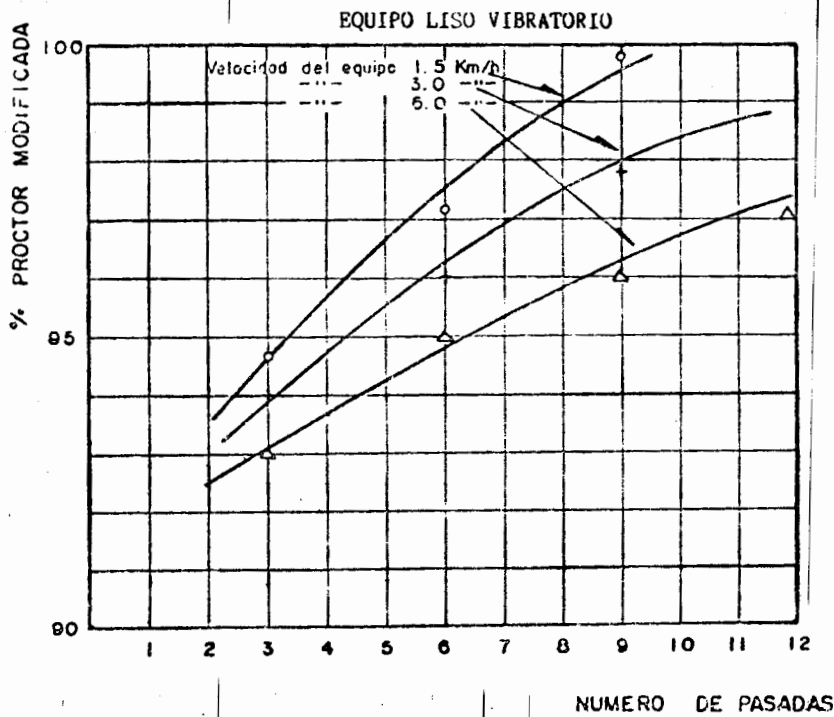
E = Espesor de la capa compactada.

N = Número de pasadas del compactador.

EL NUMERO DE PASADAS.- depende de la energía que el equipo puede proporcionar al suelo

EJEMPLOS TÍPICOS:

EQUIPO	PROFUNDIDAD DE LA CAPA (CM.)	Nº DE PASADAS	
		PARA 90%*	PARA 95%*
RODILLO METALICO	10 A 20	7 A 9	10 A 12
NEUMATICO LIGERO	15 A 20	5 A 6	8 A 9
NEUMATICO PESADO	HASTA 70	4 A 5	6 A 8
RODILLO DE IMPACTO	20 A 30	5 A 6	6 A 8
RODILLO DE REJA	20 A 25	6 A 7	7 A 9
PATA DE CABRA VIBRATORIA	20 A 30	3 A 5	6 A 7



\* Porcentaje de compactación de la prueba proctor.

## **VELOCIDAD DE OPERACION.**

De la velocidad de traslación del compactador y del número de pasadas dependerá principalmente la producción. La velocidad estará entre los siguientes valores:

### **1).- Rodillos metálicos y patas de cabra:**

Son lentos por naturaleza, entre más rápido mejor, limitado sólo por la seguridad, 2 a 3 Km por hora es un buen máximo.

### **2).- Rodillo de reja y de Impacto:**

Entre más rápido mejor, limitado sólo por la seguridad, normalmente de 10 a 20 km/hr.

### **3).- Rodillos neumáticos.**

Entre más rápido mejor, excepto que haya rebotes, lo que puede ocasionar ondulación de la capa, compactación dispareja y desgaste acelerado del equipo. Normal de 4 a 8 km/hr.

### **4).- Rodillos vibratorios.**

La máxima eficiencia se obtiene entre 4 y 6 km/hr. a velocidades mayores la eficiencia baja rápidamente y se puede llegar a no obtener la compactación.

Con esta fórmula los fabricantes han desarrollado algunas tablas de producción como las que se muestran a continuación, suponen una eficiencia del 100%.

PRODUCCION EN M<sup>3</sup>./HR. DE COMPACTADORES AUTOPROPULSADOS.

170 HP.

No. DE PASADAS	VELOCIDAD KM/H.	ESPESOR DE LA CAPA COMPACTA		
		100 mm.	150 mm.	200 mm.
3	13	837	1256	1675
	10	628	942	1256
	6	419	628	837
4	13	628	942	1256
	10	471	706	942
	6	314	471	628
5	13	502	754	1005
	10	377	565	754
	6	251	377	502
6	13	419	628	837
	10	314	471	628
	6	286	314	419

PRODUCCION EN M<sup>3</sup>./HR. DE COMPACTADORES AUTOPROPULSADOS.

310 HP.

No. DE PASADAS	VELOCIDAD KM/H.	ESPESOR DE LA CAPA COMPACTA			
		100 mm.	150 mm.	200 mm.	250 mm.
3	13	984	1470	1967	2460
	10	738	1106	1476	1844
	6	492	738	984	1229
4	13	728	1106	1476	1844
	10	553	830	1106	1383
	6	368	553	738	922
5	13	590	885	1180	1475
	10	443	664	885	1106
	6	295	443	590	738
6	13	492	738	984	1229
	10	368	553	738	922
	6	246	368	492	615



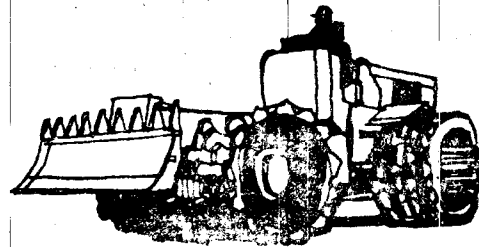
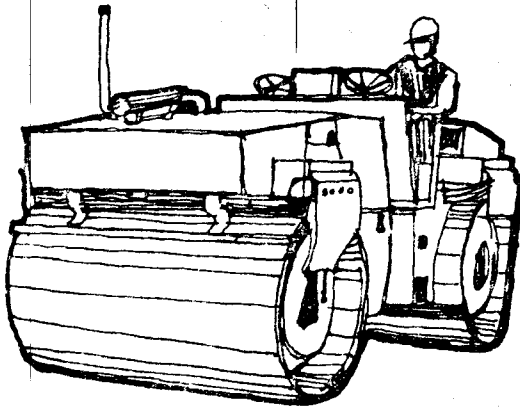
## EJEMPLO

Determinar la producción teórica de un compactador vibratorio rodillo liso de 2.50 mts. de ancho trabajando a una velocidad de 10 km/hora con capas de un espesor de 15 cms. dando 4 pasadas para lograr la compactación. Determinar la producción real con una eficiencia del 70%.

$$m^3 MC = \frac{2.50 \times 0.8 \text{ (ancho efectivo)} \times 10.000 \text{ m/h} \times 0.15}{4}$$

$m^3 MC = 750 \text{ m}^3/\text{hora}$ . (Ver la coincidencia con las tablas anteriores).

Producción real =  $750 \times 0.7 = 525 \text{ m}^3 MC/\text{hr}$ .



## **II.6 EQUIPO DE EXCAVACION**

El equipo de excavación incluye a todos aquellos equipos que tienen como característica estar diseñados para trabajar en estación, esto es que su ciclo de trabajo no incluye acarreo y su chasis portante tiene como única función situar a la máxima en el sitio de trabajo, a diferencia de los cargadores por ejemplo.

Existen varios equipos destinados a desarrollar este tipo de operación en trabajos muy diversos en cada uno de los cuales se requiere la utilización de herramientas básicas diferentes. Algunos diseños de excavadoras permiten intercambiar en la misma máquina diferentes tipos de herramientas de trabajo. A estos equipos se les conoce como excavadoras convertibles. Otros diseños, por el contrario, no tienen esta cualidad, sin embargo esto no les resta aplicabilidad en gran variedad de trabajos aunque algunos de estos equipos si están diseñados para ciertos trabajos en específico.

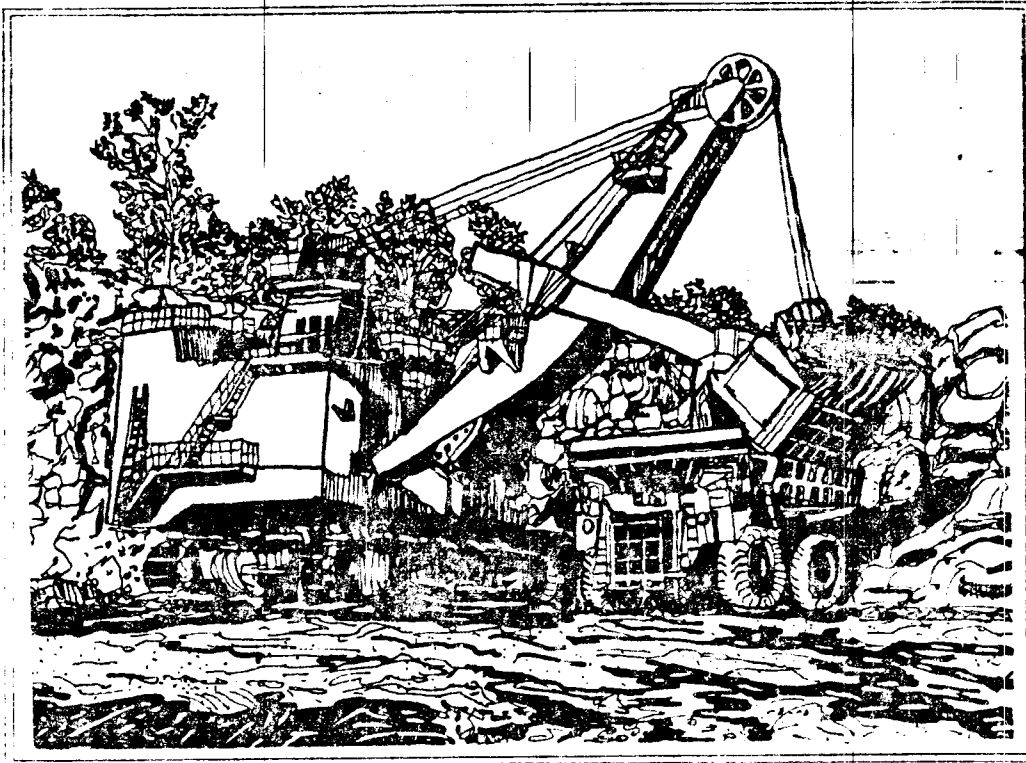
Tanto las excavadoras convertibles como las no convertibles están formadas de tres elementos principales:

- La super estructura.-Sobre la cual van montados los motores y mecanismos principales de operación. Generalmente giratoria e instalada sobre el montaje de tránsito de la máquina.
- El montaje de tránsito.- Puede ser de orugas o neumáticos, sobre plataformas de camión y en casos muy contados con algún montaje especial como plataformas de ferrocarril o montaje fijo.
- El equipo frontal o herramienta de trabajo.- Generalmente consiste de una pluma a la que se le adapta la o las herramientas de trabajo correspondientes en cada caso.

A continuación se tratarán por separado los principales tipos de excavadoras.

### **II.6.1 PALAS MECANICAS**

La excavadora convertible equipada como Pala Mecánica, está diseñada fundamentalmente para excavar materiales sueltos y pétreos, cargándolos a bordo de vehículos transportadores. Este tipo de máquina es capaz de excavar cualquier tipo de material, excepto roca fija, que deberá ser previamente fragmentada con el empleo de explosivos.

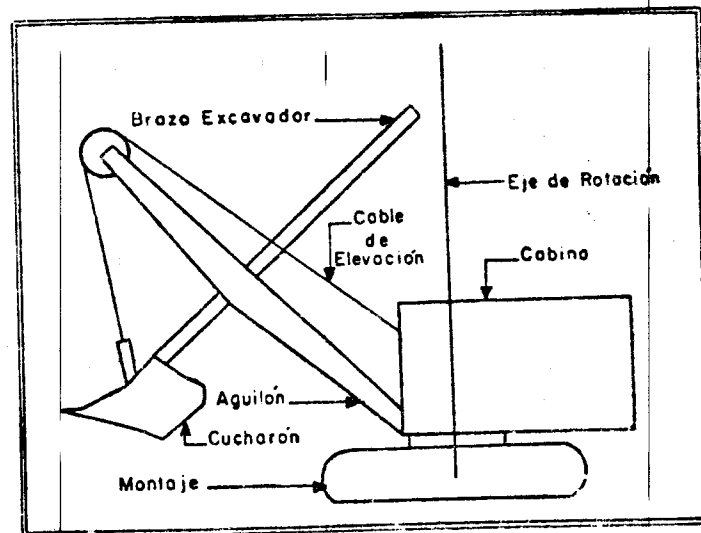


### ***EQUIPO DE LA PALA MECANICA***

Es el de mayor aplicación y consta de: Brazo de ataque, Cucharón y Mecanismo de apertura y de cierre del cucharón.

**BRAZO DE ATAQUE.**- Se encuentra articulado con el aguilón de la excavadora y es accionado por medio de cables. Es el elemento que proporciona la fuerza necesaria para introducir el cucharón en el material a excavar.

**CUCHARON.**- Es una caja de acero, abierta en su parte superior y cerrada en el fondo por una puerta articulada. En su parte inferior está provista de dientes con puntas intercambiables para el ataque.



**PALA MECANICA**

Los movimientos que efectúa son:

- a) Elevación del cucharón dentro del material por excavar.
- b) Excavación, operación mediante la cual el cucharón se introduce, avanzando en el material.
- c) Retirada, una vez cargado el cucharón.
- d) Giro y descarga.

Usos más comunes de la Pala Mecánica:

- a) Excavación de bancos de préstamo.
- b) Excavación de cortes.
- c) Carga de unidades o vehículos de acarreo.
- d) Descarga en tolvas, cribas o bandejas.

### *PRODUCCION DE LAS PALAS MECANICAS.*

En la actualidad la pala mecánica ha sido prácticamente desplazada por la pala hidráulica aunque aún es común encontrar algunos modelos operando normalmente.

Aunque la pala mecánica es capaz de realizar excavaciones a niveles ligeramente inferiores al del terreno de sustentación de sus propias orugas, en general la aplicación más práctica, común y eficiente de la misma es, en excavaciones por encima del nivel natural del terreno.

Por observaciones conducidas estadísticamente, se ha determinado que, para cada capacidad de pala y para cada clase de materiales, existe una altura óptima de corte, la cual puede definirse como aquella altura que produce el máximo rendimiento en volumen, y para la cual el cucharón se levanta completamente lleno, sin esfuerzo excesivo, para desprender el material excavado y sin movimientos falsos o innecesarios.

Los factores principales que afectan la producción de las palas mecánicas movidas por cables son:

- Clase de material.
- Factor de llenado del bote.
- Altura óptima del corte.
- Angulo de giro de la máquina.
- Eficiencia en el trabajo.
- Abastecimiento oportuno de camiones.

Los fabricantes de estas máquinas han elaborado unos cuadros de Producción teórica como el que aquí se muestra para diferentes capacidades del equipo combinado con diferentes materiales por cargar.

**PRODUCCION TEORICA POR HORA DE PALAS MECANICAS EN m<sup>3</sup>/hora.**

CLASE DE MATERIAL	CAPACIDAD DEL BOTE M <sup>3</sup> .												
	3/4 0.57	1 0.75	1 1/4 0.94	1 1/2 1.13	1 3/4 1.32	2 1.53	2 1/2 1.87	3 2.29	3 1/2 2.62	4 3.06	4 1/2 3.37	5 3.82	6 4.59
Marga húmeda ó arcilla arenosa	126	157	191	218	245	271	310	356	401	443	485	524	608
Grava y arena	119	153	176	206	229	252	298	344	386	424	459	493	566
Tierra común	103	134	161	183	206	229	271	310	348	390	428	463	524
Arcilla dura	84	111	138	161	180	203	237	275	310	344	375	405	463
Roca bien tronada	73	96	119	138	157	176	210	245	279	313	348	382	440
Excavación común con piedras y raíces	61	80	99	119	138	153	187	222	256	291	321	352	413
Arcilla húmeda y pegajosa	54	73	92	111	126	141	176	206	237	264	294	321	375
Roca mal tronada	38	57	73	88	107	122	149	180	206	233	260	287	336

El llamado "factor de llenado de bote", depende del tipo de material que se va a cargar, ya que si éste es homogéneo el bote se llenará completamente a su capaci-

dad, como en el caso de arena y grava, y si no lo es como podría ser el caso extremo de roca mal tronada, se tendrá un volumen fuerte de huecos en el bote y su capacidad real disminuirá.

### TABLA DE FACTOR DE LLENADO DEL BOTE

MATERIAL	FACTOR DE LLENADO
Arena y grava	1.00
Tierra común	0.90
Arcilla dura	0.75
Arcilla húmeda	0.75
Roca bien tronada	0.75
Roca mal tronada	0.50

En la tabla siguiente se dan los valores óptimos de las alturas para que el llenado del cucharón de la pala se realice sin esfuerzo excesivo de empuje. La altura óptima de corte no es igual en todos los casos, ya que depende tanto de la máquina como del tipo de material a cargar.

Observese por ejemplo, para una máquina de 1 1/2 yd<sup>3</sup> la variación de dicha altura con los diferentes materiales.

### TABLA DE ALTURAS OPTIMAS DE CORTE (METROS).

#### DATOS DEL FABRICANTE

CLASE DE MATERIAL	CAPACIDAD DEL BOTE (yd <sup>3</sup> )						
	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2
Marga húmeda o arcilla arenosa.	1.60	1.80	1.95	2.10	2.20	2.35	2.50
Grava y Arena	1.60	1.80	1.95	2.10	2.20	2.35	2.50
Tierra común	2.05	2.35	2.55	2.75	2.90	3.05	3.35
Arcilla dura y roca bien tronada	2.40	2.70	2.95	3.20	3.45	3.65	4.00
Arcilla húmeda pegajosa y roca mal tronada.	2.40	2.70	2.95	3.20	3.45	3.65	4.00

Mediante la combinación del porcentaje de la altura óptima de corte (que puede ser igual, ~~mayor~~ o menor al 100%), la que se vaya a trabajar, la máquina y el ángulo de giro necesario para su descarga, con uso de la tabla siguiente se puede encontrar el ~~factor de corrección~~ aplicable a la producción teórica.

**TABLA DE FACTORES DE CORRECCION A LA PRODUCCION EN FUNCION DE LA ALTURA OPTIMA DE CORTE Y EL ANGULO DE GIRO DE LA MAQUINA.**

PORCIENTO DEL CORTE OPTIMO	ANGULO DE GIRO						
	45°	60°	75°	90°	120°	150°	180°
40	0.93	0.89	0.85	0.80	0.72	0.65	0.59
60	1.10	1.03	0.96	0.91	0.81	0.73	0.66
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

La manera de calcular la producción real es, aplicando la siguiente fórmula:

$$Pr = Pt (E) (F) (C)$$

en donde:

Pr = Producción real

Pt = Producción teórica obtenida del cuadro de producción

E = Eficiencia

F = Factor de llenado de cucharón

C = Factor de corrección por altura y giro

## EJEMPLO

Calcular la producción en banco por hora de una pala mecánica que se encuentra cargando roca bien tronada. La capacidad del bote es de  $2 \frac{1}{2} \text{ yd}^3$ . La altura del corte es de 3 metros y el ángulo de giro de  $120^\circ$ . El abundamiento de la roca es de 45%.

La eficiencia es del

Producción teórica (de la tabla)

Eficiencia

Factor de llenado

% de corte óptimo

Factor de corrección ( $0.75$  y  $120^\circ$ ) =  $0.85$

Producción real =  $210 \times 0.75 \times 0.75 \times 0.85 = 100.40 \text{ m}^3/\text{hora}$

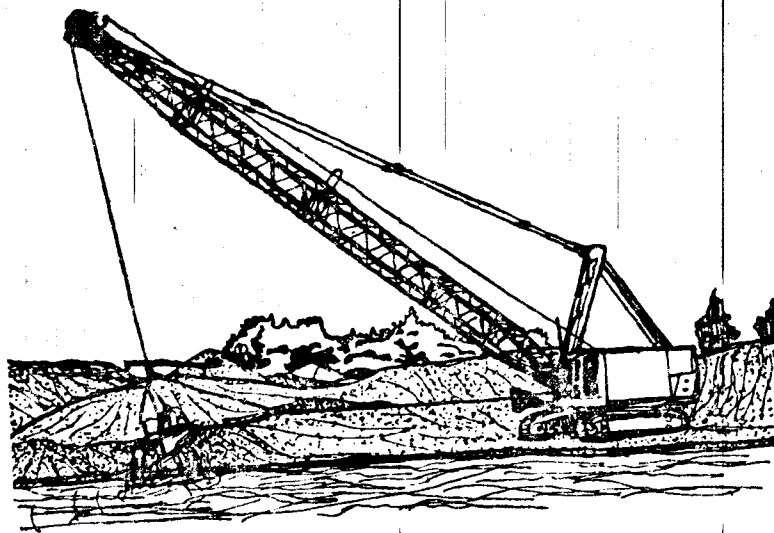
Producción real medida en banco =  $\frac{100.40}{1.45} = 69.25 \text{ m}^3/\text{hora}$

NOTA: Si la altura de corte fuera de 5 mts., el porcentaje del corte óptimo sería  $\frac{5}{4} = 1.25$  (125%)



## II.6.2 DRAGAS DE ARRASTRE

La draga de arrastre es una excavadora convertible equipada con pluma de grúa, un balde de arrastre que funciona como cucharón excavador, un cable adicional que es el que ejerce la fuerza tractora sobre el balde y un dispositivo de guiado del cable de arrastre, adicionalmente a los tambores o cabrestantes necesarios para todos los movimientos del equipo frontal de la máquina. La draga está diseñada especialmente para excavación de materiales relativamente suaves o de materiales sueltos como grava, e incluso roca muy bien fragmentada.

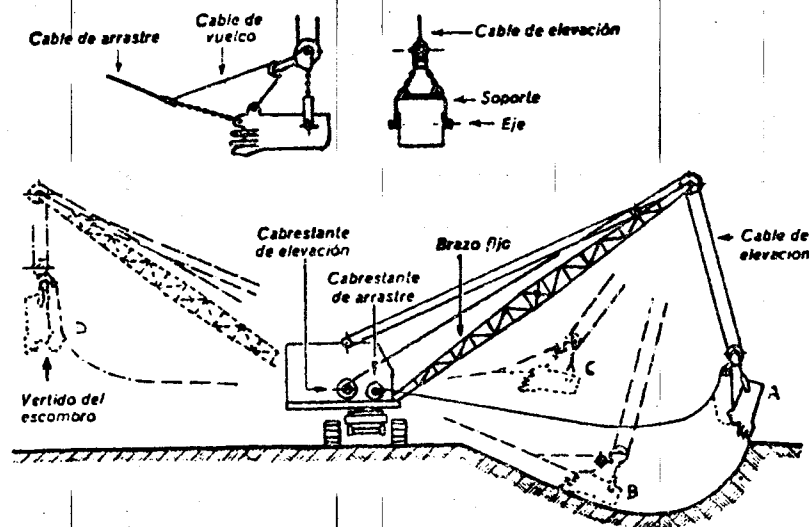


La draga puede realizar excavaciones muy profundas por debajo del nivel de su sustentación sin que tenga que penetrar en ellas; por lo que su uso se concreta a excavaciones en materiales blandos o desintegrados ubicados abajo del nivel de sustento de la propia máquina, tales como:

- Dragado de ríos, para extraer grava o arena.
- Excavación y limpieza de canales y zanjas.
- Para despegar la capa vegetal.
- Alimentación de bandas transportadoras, de tolvas y ocasionalmente cribas.

- Carga de depósitos de arcilla o materiales sueltos.
- Ocasionalmente para cargar camiones, siempre que la capacidad de éstos sea de cinco a seis veces la capacidad del cucharón.

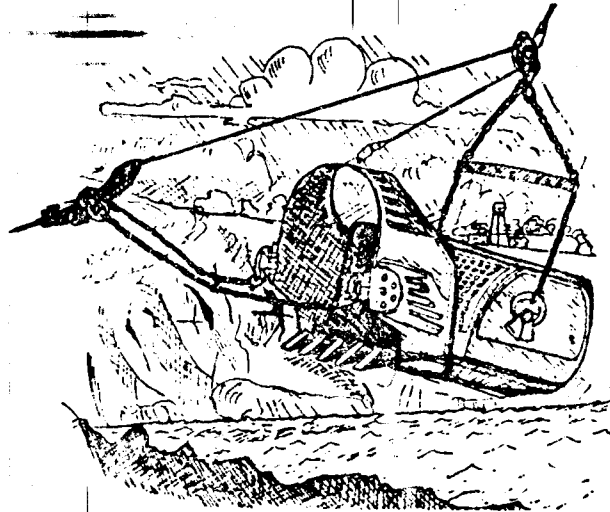
La draga opera de una manera muy sencilla. El cucharón es lanzado sobre el borde de la excavación, por medio del giro de la pluma. Seguidamente es arrastrado hacia el punto donde está la base de la máquina, por el esfuerzo de un cabrestante y un cable de arrastre. Durante su recorrido y por la acción del propio peso, el borde dentado del cucharón va excavando el terreno y los materiales quedan depositados en el interior. La pluma efectúa la rotación precisa para situar el cucharón ya cargado encima del punto de descarga, la cual se produce en el momento de soltar el cable de arrastre, lo que provoca que el cucharón adopte la posición vertical y que deje caer su contenido.



Las dragas de arrastre se pueden encontrar montadas sobre orugas, sobre neumáticos, sobre camión o bien en dispositivos especiales.

El cucharón de las dragas de arrastre está formado por una plancha de acero, reforzado en la parte delantera por un arco en acero moldeado. El borde interior del cucharón está provisto de dientes para el ataque del material y las caras laterales de cuchillas. Según las condiciones de los materiales a atacar tienen diversas

características adicionales. Por ejemplo, en el dragado de terrenos encharcados y operando debajo del nivel del agua, los cucharones están provistos de ranuras o perforaciones que sirven para evacuar el agua y reducir el peso de los materiales arrastrados.



FACULTAD DE INGENIERIA

**PRODUCCION DE LAS DRAGAS DE ARRASTRE**

Se calcula igual a la producción de las palas mecánicas solo varía el concepto de CORTE de la máquina que en este caso es profundidad de corte en lugar de altura.

En la tabla siguiente se dan los valores óptimos de las profundidades para que el llenado del cucharón de la draga se realice sin esfuerzo excesivo de arrastre. La profundidad óptima de corte no es igual al de la máquina como del tipo de material a cargar.

**TABLA DE PROFUNDIDADES OPTIMAS DE CORTE (METROS)**

CLASE DE MATERIAL	CAPACIDAD DEL BOTE DE ARRASTRE (YD3)						
	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2
Marga húmeda ó arcilla arenosa.	1.80	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40	2.55
Graba y arena	1.80	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40	2.55
Tierra común	2.20	2.40	2.55	2.70	2.85	3.00	3.15
Arcilla dura	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.55	3.70
Arcilla húmeda pegajosa	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.55	3.70

Obsérvese por ejemplo para una máquina de 1 1/2 yd<sup>3</sup> la variación de dicha profundidad con diferentes materiales.

**LOS FABRICANTES DE DRAGAS PROPORCIONAN CUADROS DE PRODUCCION TEORICA COMO EL QUE SE MUESTRA.**

MATERIAL	PRODUCCION HORARIA DE DRAGAS EN M3. CAPACIDAD DE BOTE Yd3 M3.												
	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/4	4	4 1/2	5	6
	0.57	0.75	0.94	1.13	1.32	1.53	1.87	2.29	2.44	3.06	3.37	3.82	4.59
Marga húmeda ó arcilla arenosa	99	122	149	168	187	203	233	268	298	356	386	413	466
Grava y arena	96	119	141	161	180	195	226	260	291	348	378	405	450
Tierra común	80	103	126	145	161	176	203	233	260	287	313	340	390
Arcilla dura	69	84	103	122	138	149	176	206	233	260	287	313	363
Arcilla húmeda pegajosa.	42	57	73	84	99	111	134	161	183	206	229	252	295

Análogamente el cálculo de la producción de las palas mecánicas mediante la combinación del porcentaje de la profundidad óptima de corte (que puede ser igual, mayor o menor al 100%), la que se vaya a trabajar, la máquina y el ángulo de giro necesario para su descarga, con el uso de una tabla como la siguiente se puede encontrar el factor de corrección aplicable a la producción teórica.

**TABLA DE FACTORES DE CORRECCION A LA PRODUCCION EN FUNCION DE LA PROFUNDIDAD OPTIMA DE CORTE Y EL ANGULO DE GIRO.**

PORCIENTO DEL CORTE OPTIMO	ANGULO DE GIRO							
	30°	45°	60°	75°	90°	120°	150°	180°
20	1.06	0.99	0.94	0.90	0.98	0.81	0.75	0.70
40	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.85	0.78	0.72
60	1.24	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	0.985	0.90	0.92	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

La manera de calcular la producción real es, aplicando la siguiente fórmula.

$$Pr = Pt \times E \times F \times C$$

en donde:

Pr = Producción real

Pt = Producción teórica obtenida del cuadro de producción.

E = Factor de llenado del cucharón

C = Factor de corrección por profundidad y giro.

### EJEMPLO

Calcular la producción horaria de una draga de arrastre de  $1\ 1/2\ yd^3$  trabajando en una arcilla dura con una profundidad de corte de 4 metros y un ángulo de giro de  $120^\circ$ . La eficiencia es del 75%.

$$\text{Eficiencia} = 0.75$$

$$\text{Producción de la tabla} = 122\ m^3/\text{hora}$$

$$\text{Factor de llenado del bote} = 0.75$$

$$\text{Profundidad óptima} = 3.20$$

$$\% \text{ de profundidad óptima } 4.00/3.20 = 1.25 = 125\%$$

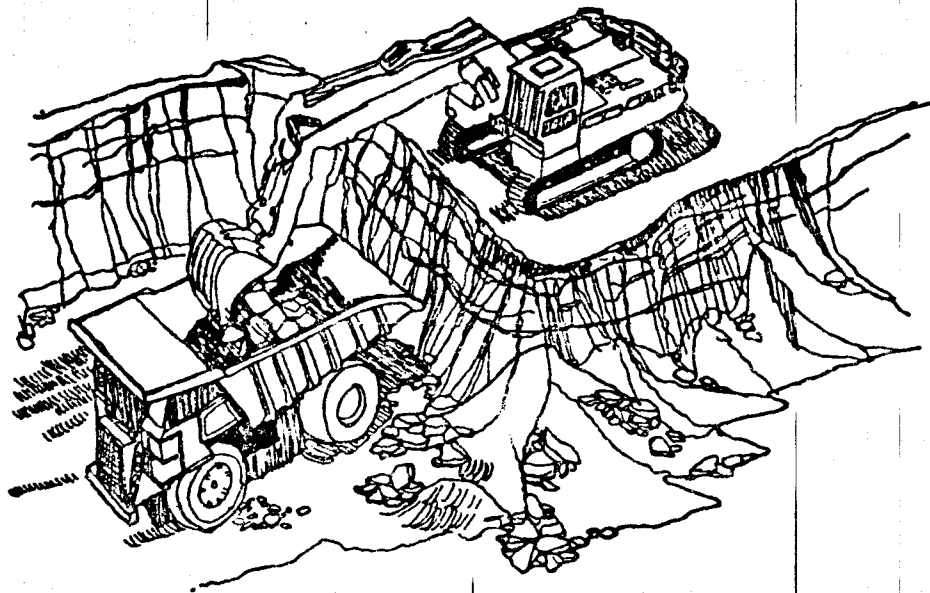
$$\text{Factor de corrección (} = 125 \text{ giro} = 120^\circ) = 0.89$$

$$Pr = 122\ m^3/\text{hora} \times 0.75 \times 0.75 \times 0.89 = 61.07\ m^3/\text{hora}$$

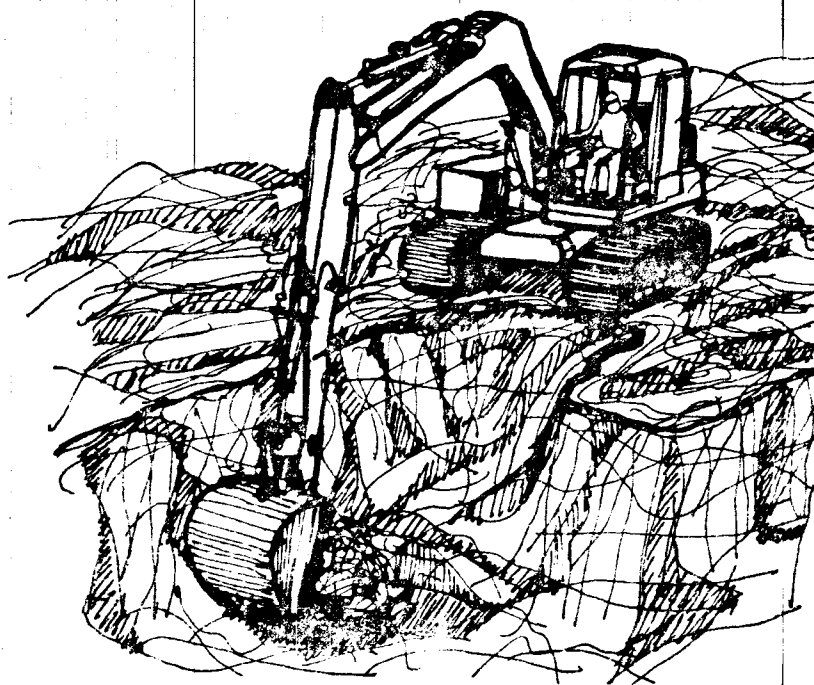
### II.6.3 RETROEXCAVADORAS

Originalmente las retroexcavadoras nacen como un equipo más de excavadora convertible el cual consistía en brazo de ataque con cucharón operando en el sentido contrario al de la pala mecánica. Actualmente se fabrican de operación hidráulica y su diseño no tiene gran semejanza al tipo de excavadora convertible,

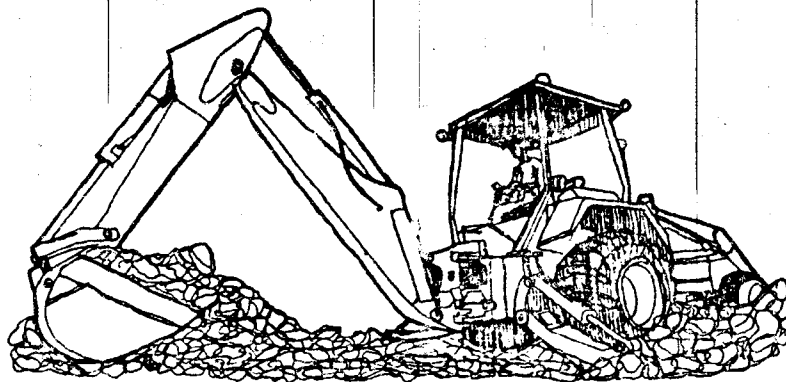
aunque poseen gran variedad de aditamentos que las hacen útiles en diversos trabajos.



Fundamentalmente las retroexcavadoras son equipos diseñados para realizar trabajos abajo del nivel del terreno en que se sustentan. Se les encuentra montadas sobre neumáticos o sobre orugas.

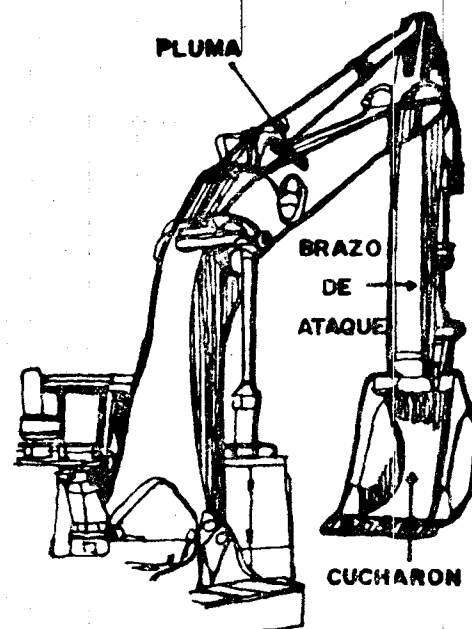


Las retroexcavadoras montadas sobre neumáticos son más veloces y generalmente tienen estabilizadores. Se fabrican en tamaños pequeños y de pequeña capacidad de cucharón. Las retroexcavadoras montadas sobre orugas se utilizan para trabajos sobre superficies de material suelto en donde se requiere un buen apoyo. Aunque tienen menor movilidad. Su montaje tiene la ventaja de distribuir mejor el peso de la máquina ya que generalmente se construyen de capacidades mucho mayores que las de neumáticos.



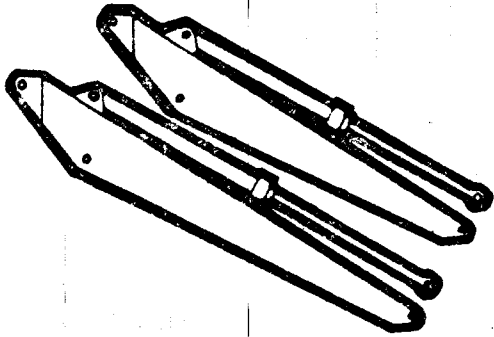
El aditamento o dispositivo retroexcavador consiste en un pórtico auxiliar, una pluma, brazos y refuerzos para el cucharón.

El mecanismo excavador de la retroexcavadora está sostenido al extremo exterior de la pluma y se encuentra articulado con respecto a este punto en el plano vertical. De igual manera el cucharón se encuentra al extremo del brazo de ataque, articulado con este para excavar. De esta manera y gracias a la superestructura giratoria la retroexcavadora tiene gran alcance vertical y horizontalmente, de hecho, el alcance de excavación en profundidad solo está limitado por la longitud de la pluma y del brazo excavador.

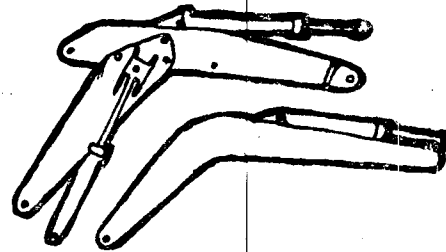


Para realizar la excavación se extiende la pluma, el brazo excavador y el cucharón. Entonces se tira el cucharón para que penetre en el material, hasta que se carga.

La pluma está formada de una o dos piezas. La primera es usual para trabajos donde se requiera máxima profundidad y alcance. La pluma de dos piezas es más adaptable a diferentes alcances y profundidades.



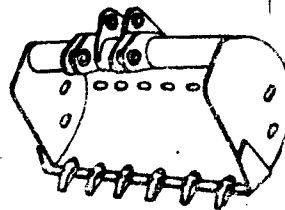
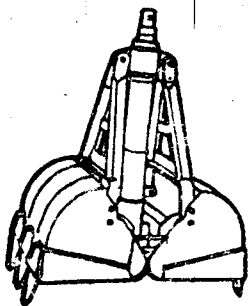
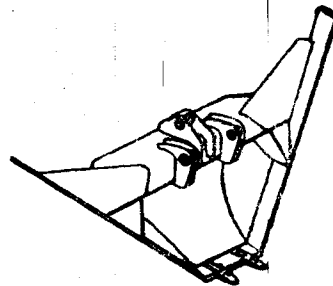
DIFERENTES TIPOS DE BRAZO DE ATAQUE



DIFERENTES TIPOS DE PLUMAS

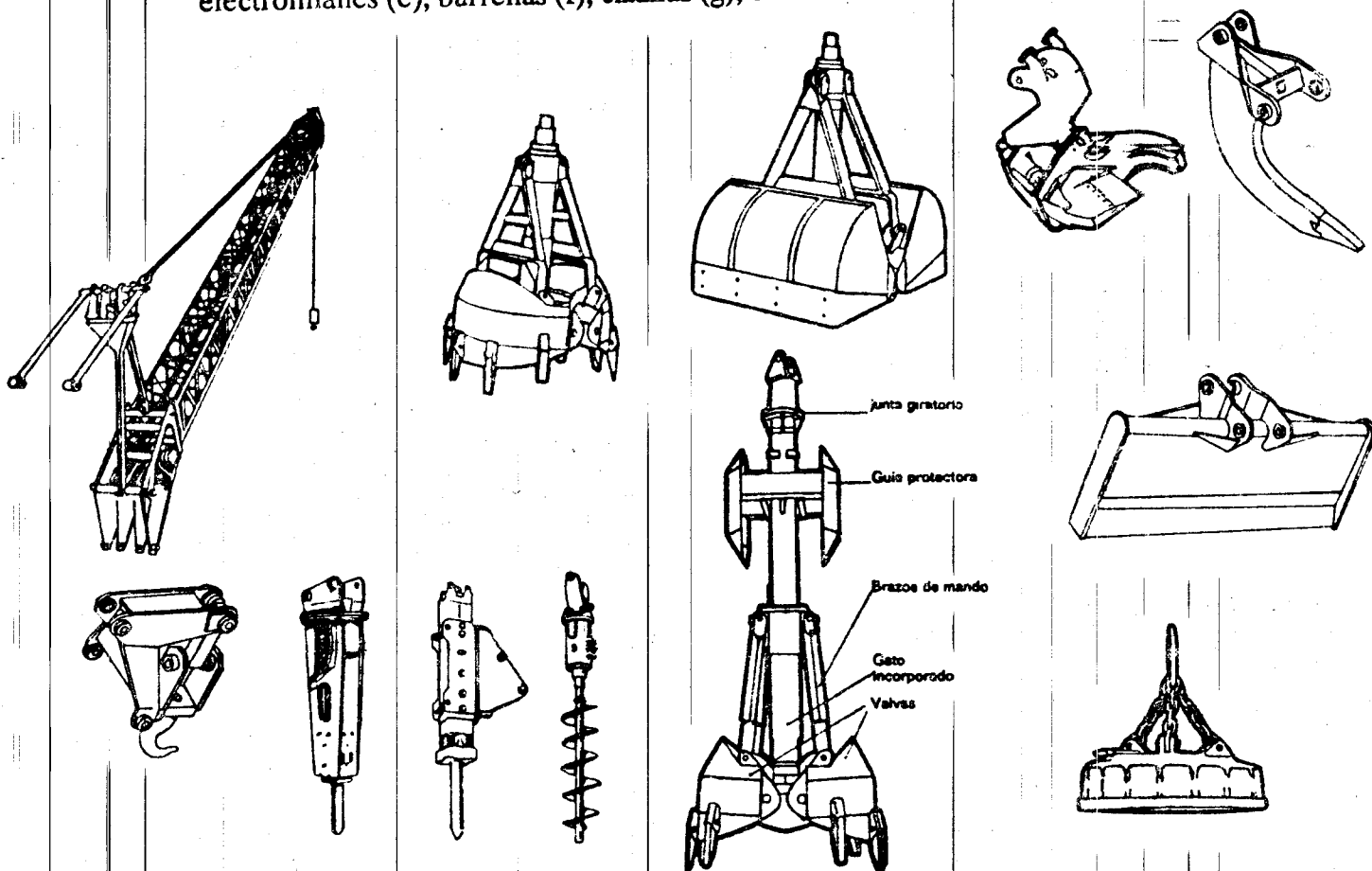
Para cada modelo existen diferentes longitudes de brazos, la elección adecuada depende de factores tales como la fuerza de empuje necesaria, la capacidad de levantamiento, el tamaño del cucharón y del tipo de material por excavar.

En cuanto al cucharón, también los hay de diversos tipos y capacidades por ejemplo se tiene el cucharón estándar para todo uso, el trapecoidal para canales, limpiadores de zanjas, con eyector, etc.





Como se mencionó anteriormente existe una gran variedad de aditamentos para la retroexcavadora. Entre estos tenemos: bivalvas o almejas para excavaciones verticales (a), el batilón (b), diferentes tipos de pinzas (c), ganchos-grúa (d), electroimanes (e), barrenas (f), cizallas (g), etc.



La pala retroexcavadora, con su equipo convencional es en especial apta para realizar excavaciones por debajo del nivel del terreno de su propia sustentación, como en el caso de zanjas para tender tuberías, trincheras, cunetas de caminos, y en general excavaciones de cimentaciones; alimentación de equipos de trituración, carga a vehículos de acarreo, colocación de tubos, desmontes y demoliciones, trabajos de cantera y excavaciones bajo el agua y dragados.

La selección de una máquina excavadora en cuanto a su capacidad, debe basarse en:

#### 1.- Tipo de materiales

- Duros
- Suaves

- 2.- Profundidad del banco
  - A profundidades grandes
  - Cortes poco profundos
- 3.- Movilidad
  - Sobre orugas
  - Sobre neumáticos
- 4.- Otras consideraciones
  - Colocación de la máquina
  - Altura máxima de descarga

### ***PRODUCCION DE RETROEXCAVADORAS***

El ciclo de excavación de una retroexcavadora está compuesto de cuatro fases:

- 1.- Carga del bote o excavación propiamente.
- 2.- Giro de la máquina cargada.
- 3.- Vaciado del bote.
- 4.- Giro de la máquina vacía.

El tiempo total del ciclo, depende del tamaño de la máquina (las pequeñas pueden hacerlo en menor tiempo que las mayores) y de las condiciones generales del trabajo. En excelentes condiciones de trabajo, las retroexcavadoras pueden trabajar rápidamente y a medida que las condiciones empiezan a deteriorarse (material duro, mayor profundidad de excavación, mayor giro, mayores obstáculos, etc.) el rendimiento empieza a bajar.

El cuadro que se presenta adelante, muestra los tiempos del ciclo total que puede esperarse en relación con las condiciones del trabajo. En virtud de que existen muchas variables que afectan el tiempo del ciclo, no es fácil determinarlo. Sin embargo, el cuadro intenta definir los rangos de tiempo en el ciclo que aparecen

más frecuentemente en estas máquinas y al mismo tiempo maneja una idea de lo que podría diferenciar un trabajo en condiciones adversas y otro en condiciones excelentes y sus rangos intermedios. Siempre será importante ajustar en el campo, los tiempos observados y los obtenidos del cuadro para tener una buena idea de correlación.

**TIEMPO DE CICLO VS. CONDICIONES DE TRABAJO:**

1.- Excavación fácil (tierra suelta, arena, grava, limpieza de zanjas). Excavación no mayor que el 40% de la profundidad posible por especificación. Angulos de giro menores de 30°. Descarga libre sin obstrucciones.

2.- Excavación entre media y dura (Suelos bien empacados con contenido mayor del 50% de roca suelta). Corte al 70% de la profundidad de especificación. Angulo de giro de 90° carga a camiones de volteo.

3.- Excavación muy dura (Piedra, arenisca, caliche, esquistos arcillosos, ciertas calizas). Profundidad de corte total igual a la especificada. Angulo de giro mayor

||||||| EXCELENTE      ++++++ PROMEDIO      ===== ADVERSO

TIEMPO ESTIMADO DE CICLO TOTAL					
TIEMPO DE CICLO	TIPO DE MAQUINA				TIEMPO DE CICLO
10 Seg.	85 HP	135 HP	195 HP	325 HP	10 Seg.
15 Seg.					15 Seg.
20 Seg.	+++++++	+++++++			20 Seg.
25 Seg.		+++++++	+++++++		25 Seg.
30 Seg.			+++++++	+++++++	30 Seg.
35 Seg.				+++++++	35 Seg.
40 Seg.					40 Seg.
45 Seg.					45 Seg.
50 Seg.					50 Seg.
55 Seg.					55 Seg.
60 Seg.					60 Seg.

de 120°. Descarga a un objetivo reducido utilizando todo el alcance de la pluma.  
Gente y obstrucciones en el área de trabajo.

MODELO DE MAQUINA	85 HP	135 HP	195 HP	325 HP
Tamaño del bote	1.00 yd <sup>3</sup> (0.76 m <sup>3</sup> )	1.38 yd <sup>3</sup> (1.13 m <sup>3</sup> )	2.12 yd <sup>3</sup> (1.63 m <sup>3</sup> )	3.25 yd <sup>3</sup> (2.5 m <sup>3</sup> )
Tipo de material	Arcilla dura	Arcilla dura	Arcilla dura	Arcilla dura
Profundidad de excavación	2 m	3 m	4 m	5 m
Angulo de giro	60° - 90°	60° - 90°	60° - 90°	60° - 90°
A) Carga del bote	5.5 seg.	6.0 seg.	6.5 seg.	7.0 seg.
B) Giro cargada	4.5 seg.	5.0 seg.	7.0 seg.	7.0 seg.
C) Descarga	1.5 seg.	2.0 seg.	2.5 seg.	3.0 seg.
D) Giro descarga	3.5 seg.	4.0 seg.	5.0 seg.	6.0 seg.
Tiempo Total	15.0 seg.	17.0 seg.	21.0 seg.	23.0 seg.

La siguiente tabla, muestra lo que la experiencia de los fabricantes de retroexcavadoras han logrado como promedios en el ciclo total de sus máquinas en condiciones de trabajo normales y con un buen operador.

#### CAPACIDAD DE LAS MAQUINAS:

Las retroexcavadoras vienen equipadas con botes, cuya capacidad nominal está definida en sus especificaciones. Sin embargo, la capacidad real se ve afectada como en los cargadores frontales por el concepto "Factor de llenado del cucharón". Este depende del tipo de material que se excave y es como sigue:

Material	Factor de llenado del cucharón (% de la capacidad colmada).
Arcilla húmeda o material arcillo-arenoso	100
Arena y grava	95
Arcilla dura y empacada	80
Roca bien tronada	60

La producción real horaria de una retroexcavadora se calculará entonces:

$$P = (\text{Producción Teórica}) \times (\text{Factor de llenado}) \times (\text{Factor de Eficiencia}).$$

Existen tablas que proporcionan los datos de producción como la que se muestra, en la que a partir de un tiempo por ciclo y la capacidad del cucharón que ya debe tomarse afectada por el "Factor de llenado", se obtiene el número de ciclos por minuto y por hora así como la producción en m<sup>3</sup> por hora. Solamente habría que aplicarle a criterio del responsable del cálculo el "Factor de Eficiencia".

### EJEMPLO

Calcular la producción de una retroexcavadora de 325 HP con bote de 3.25 yd<sup>3</sup> (2.5 m<sup>3</sup>), extrayendo roca bien tronada a 3 mts. de profundidad con un ángulo de giro de 90° y con una eficiencia de 75% (45 minutos reales por hora).

Tiempo del ciclo de la gráfica correspondiente (condición tipo 2) = 30 seg.

De la tabla de producción: para 30 segundos y 2.5 m<sup>3</sup>, se obtienen 300 m<sup>3</sup>/hora,

Producción real = 300 m<sup>3</sup>/hora x 0.60 (factor de llenado) x 0.75 = 135 m<sup>3</sup>/hora

Si está roca sufre un abundamiento del 40% ésto quiere decir que la producción en banco o en sitio sería igual a:

$$\text{Producción} = \frac{135}{1.4} = 96 \text{ m}^3/\text{hora}$$

### PRODUCCION DE ZANIAS CON EXCAVADORA

R E T R O E X C A V A D O R A S  
 PRODUCCION EN M3./HORA DE 60 MINUTOS EFECTIVOS

CAPACIDAD DEL BOTE M3 SUELTOS

TIEMPO DEL CICLO		CAPACIDAD DEL BOTE M3 SUELTOS																		CICLO POR MIN.	CICLO POR	
SEG.	MIN.	.200	.300	.500	.700	.900	1.100	1.300	1.500	1.700	1.900	2.100	2.300	2.500	2.700	2.900	3.100	3.300	3.500			
10.0	.17																				6.0	360
11.0	.18																				5.5	330
12.0	.20	60	90	150	210	270														5.0	300	
13.3	.22	54	81	135	189	248	297	361	405											4.5	270	
15.0	.25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552							4.0	240	
17.1	.29	42	63	105	147	183	231	273	316	357	389	441	483	525	567	609	661	693	735	3.5	210	
20.0	.33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	3.0	180	
24.0	.40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	316	345	375	405	435	465	495	525	2.5	150	
30.0	.50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	386	420	2.0	120	
35.0	.58	20	31	61	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	367	1.7	102	
40.0	.67					81	99	117	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	1.5	90	
45.0	.75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	1.3	78	
50.0	.83																		1.2	72		

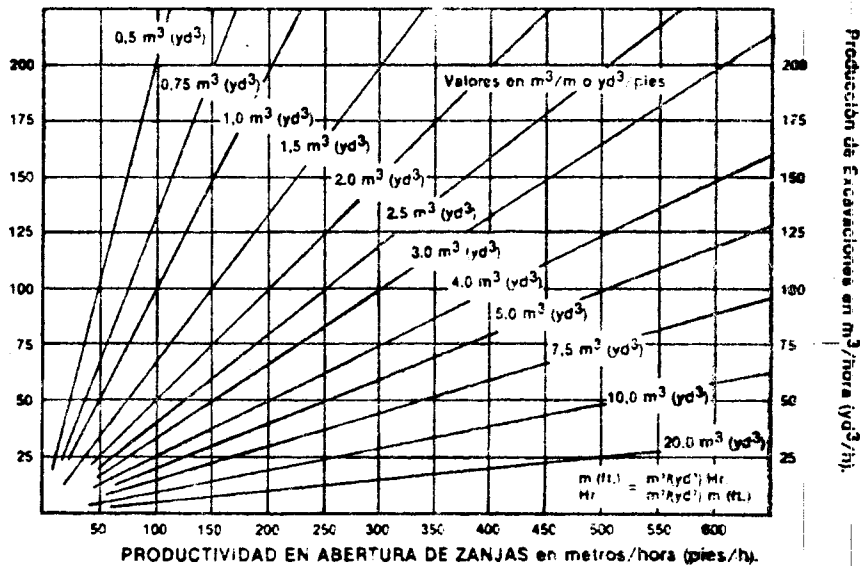
Cuando se habren zanjas con excavadora, una forma lógica de indicar la producción es con la tasa de excavación expresada en metros lineales por hora o por día. La producción al abrir zanjas depende del rendimiento en movimiento de tierra con la excavadora que se use y de las dimensiones de la zanja. La producción en movimiento de tierra se convierte del modo siguiente en producción de zanjas.

$$\text{Metros lineales de zanja por hora} = \frac{\text{m}^3 \text{ excavados por hora}}{\text{m}^3 \text{ por metro lineal de zanja}}$$

$$\text{Metros lineales de zanja por día} = (\text{metros lineales/hr}) \times (\text{horas abriendo zanjas})$$

Para máquinas utilizadas sólo en abertura de zanjas, la gráfica de conversión en abertura de zanjas proporciona un modo fácil de convertir  $\text{m}^3/\text{hr}$  a m. lineal cuando

GRAFICA DE CONVERSION en abertura de zanjas —  $\text{m}^3 (\text{yd}^3)/\text{h}$  a metros (pies) lineales/h.



Si la tasa de excavación se calcula en  $\text{m}^3/\text{hr}$ , utilice  $\text{m}^3/\text{m}$  para hallar la capacidad (m lineal) de zanja  
 $\text{m}^3/\text{hr}$  utilice  $\text{m}^3/\text{m}$  para hallar la capacidad (m lineal) de zanja  
 $\text{yd}^3/\text{hr}$  utilice  $\text{yd}^3/\text{pie}$  para hallar la capacidad (pie lineal) de zanja  
 $\text{yd}^3/\text{hr}$  utilice  $\text{yd}^3/\text{pie}$  para hallar la capacidad (pie lineal) de zanja

se conocen el rendimiento de excavación en  $\text{m}^3/\text{hr}$  y la capacidad de la zanja en  $\text{m}^3/\text{m}$ . Los ejemplos que siguen muestran la forma de usar dicha tabla de conversión.

**EJEMPLO:**

El contratista estima que la 225B producirá 200 m<sup>3</sup>/hr. Mediciones efectuadas prueban que la capacidad de la zanja es de 2.5 m<sup>3</sup>/metro lineal. ¿Cuál es el rendimiento de excavación de la 225B?

#### SOLUCION:

A partir de 200 m<sup>3</sup>/h, en la escala horizontal de la gráfica de conversión, ascienda hasta la línea diagonal de 2.5 m<sup>3</sup>/m. Luego avance a la izquierda hasta la escala vertical, y verá que la tasa es 80 m<sup>3</sup>/hora

#### EJEMPLO

Un contratista debe producir 1000m<sup>3</sup> de zanjas por jornada de 10 horas las mediciones muestran que la zanja contiene 1.5 m<sup>3</sup> en b por metro lineal y el factor de expansión se estima en un 30%. ¿Cuál debe ser la producción a fin de terminar el trabajo a tiempo si trabaja a razón de 50 min/hr.?

¿Qué modelo tiene el rendimiento necesario a 6 m. de profundidad máxima en marga arenosa?

#### SOLUCION

Convierta en m/hr la producción requerida en la zanja: 1000 m<sup>3</sup> en 10 horas es 100 m<sup>3</sup>/hr como la excavadora mueve m<sup>3</sup> sueltos (s), convierta m<sup>3</sup> b en m<sup>3</sup> s, o sea  $1.5 \text{ m}^3 \text{ b/m} \times 1.30 = 2.0 \text{ m}^3 \text{ s/m}$ . A partir de 100 m<sup>3</sup>/hr, en la escala vertical de la gráfica, avance horizontalmente hasta la diagonal de 2.0 m<sup>3</sup>/m. Luego descienda a la escala horizontal y el punto de intersección es 200 m<sup>3</sup> s/hr de 50 min. Convierta 200 m<sup>3</sup> s/hr de 50 min. a m<sup>3</sup> s/hr de 60 min. corresponde a una retroexcavadora de 145 HP. Sin embargo, compruebe su alcance y levantamiento para cerciorarse que también es adecuada para estas fases del trabajo.

#### *PRODUCCION DE ZANJAS*

##### **Cálculo del tamaño del cucharón.**

Además de los cálculos para los trabajos en zanjas, otro método para calcular la producción de zanjas es mediante los nomogramas. Se puede utilizar para calcular el tamaño del cucharón según las dimensiones de la zanja y la tasa de producción lineal.



El método de nomograma, es más rápido y más fácil porque no requiere tantos cálculos. Sin embargo, la precisión de los cálculos está dentro de los límites normales. Algunas escalas aumentan de abajo hacia arriba y otras a la inversa. El factor de llenado del cucharón, la densidad de los materiales y el tiempo de ciclo son solamente estimaciones, esto es por la precisión del trazo de la línea.

## EJEMPLO

Un contratista de trabajos de alcantarillado tiene una excavadora con pluma de dos piezas y brazo corto. Quiere cotizar para un trabajo de una zanja de 3.1 m. de profundidad, que mide 1.8 m en la parte superior y 1.2 m en el fondo. Para terminar el trabajo a tiempo excavando y la otra mitad tendiendo los tubos. El tiempo de ciclo estimado es de 23 segundos incluyendo un giro de 90°.

- 1) Registre la profundidad de la zanja de 3.1 m (10') en la escala A y el promedio del ancho de la zanja de 1.5 m (5') en la escala B.
- 2) Conecte A y B extienda a la escala C para el volumen de bancada por m (pie)
- 3) Registre el factor de carga estimado (0.9) en la escala D.
- 4) Conecte C y D y extienda a la escala E para volumen suelto por m (pie)

(Obtenga el volumen suelto de la escala E y regístrelo en la escala E).

- 5) Registre la producción lineal requerida de 9 m/hr (30 pies/hr) en la escala G.
- 6) Conecte E y G, Transfiera la producción por hora de la escala F a la escala K.
- 7) Calcule el tiempo de ciclo (23 segundos) sobre la base de las

condiciones anteriores y regístrelo en la Escala H.

8) Calcule el tiempo de excavación (27 minutos) y regístrelo en la escala I.

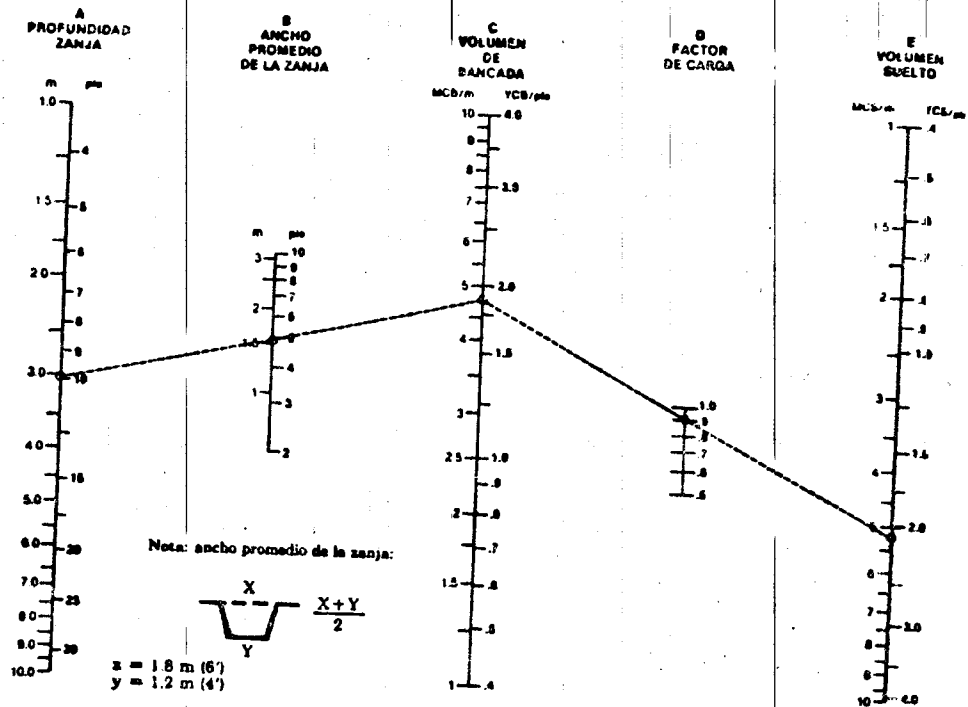
9) Conecte H a través de I a la escala J para los ciclos por hora.

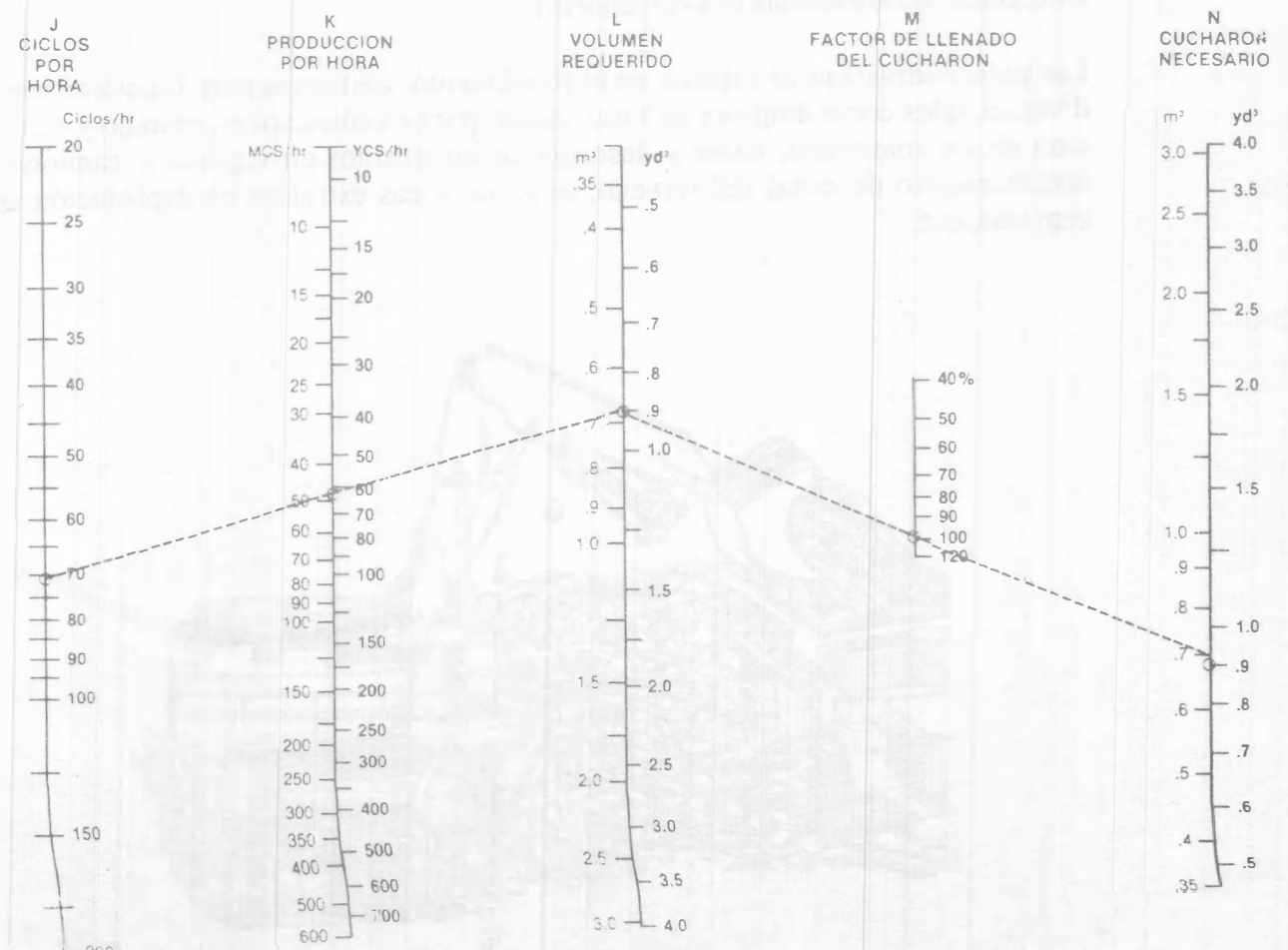
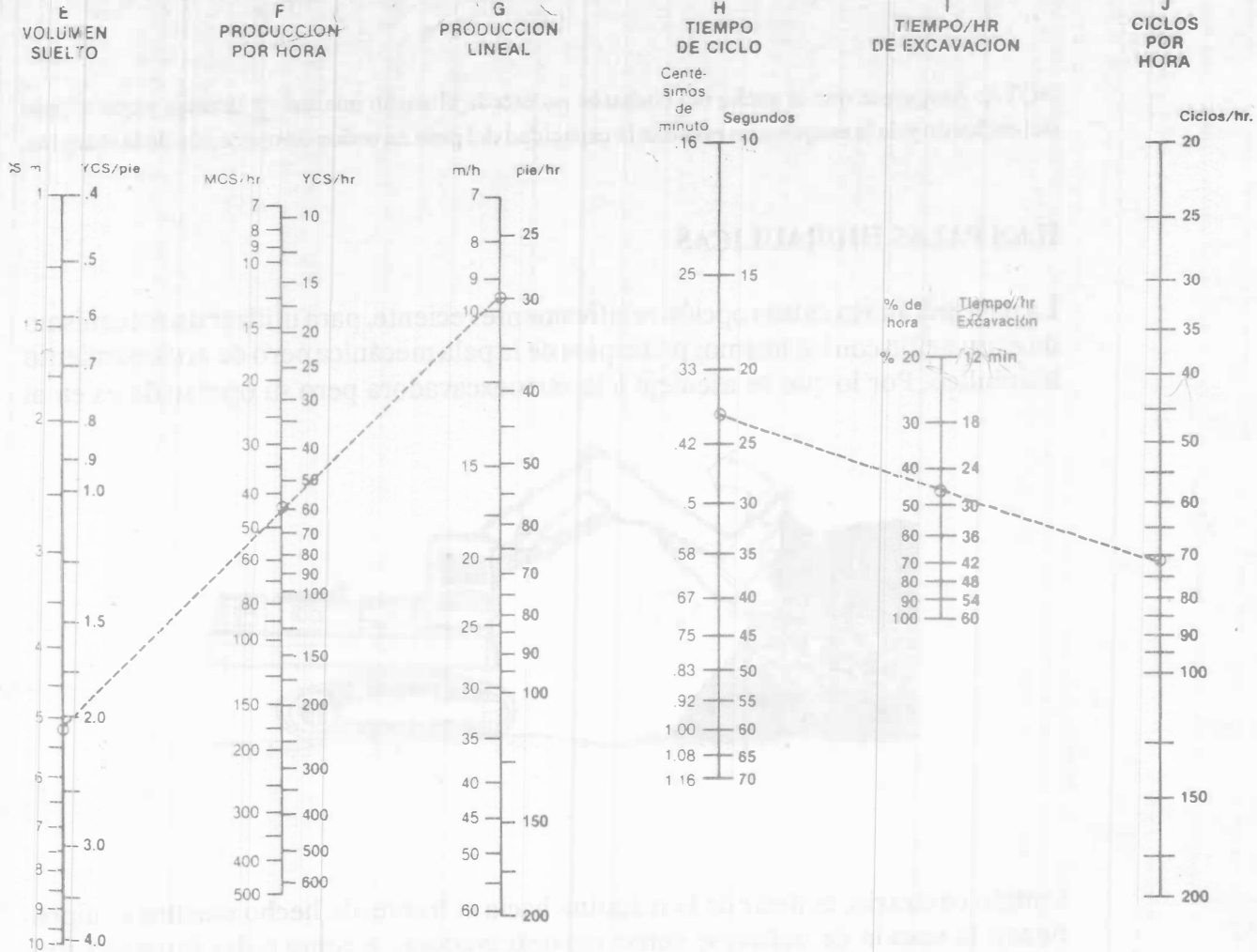
(Obtenga los ciclos por hora de la escala J y regístrelos en la escala J).

10) Conecte J a través de K con la escala L para el volumen requerido por ciclo.

11) Registre el factor de llenado estimado del cucharón (100%) en la escala M.

12) Conecte L a través de M a la escala N para el tamaño necesario del cucharón.

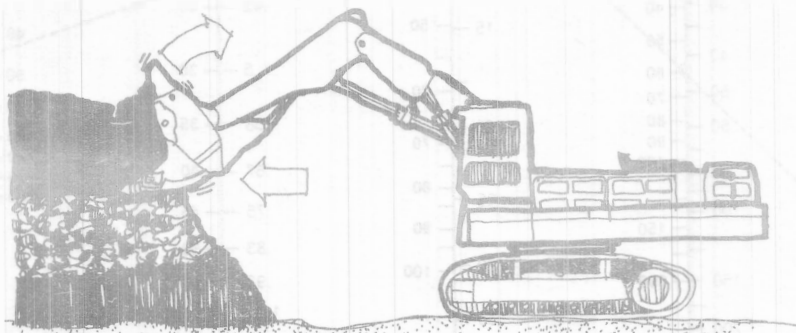




NOTA: Asegurese que el ancho del cucharón no exceda el ancho mínimo de la zanja y que el peso del cucharón y de la máquina no excedan la capacidad del peso en orden de operación de la máquina.

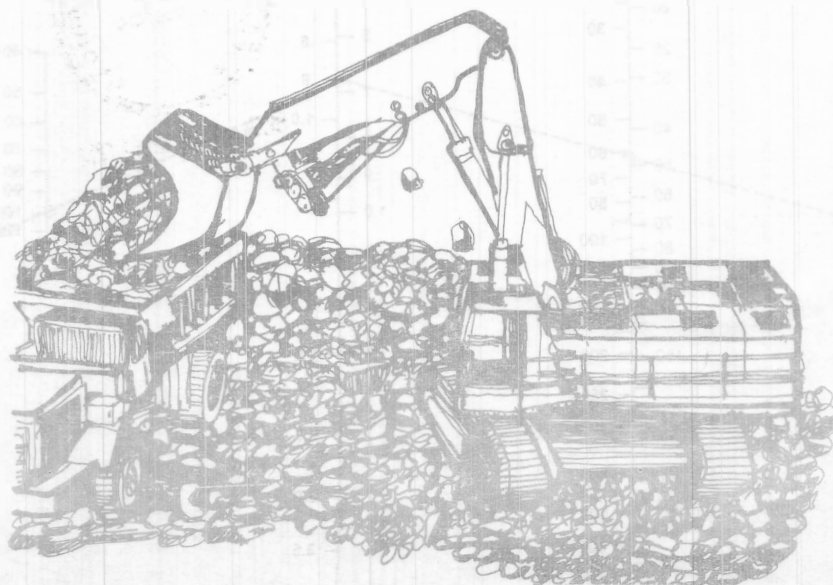
## II.6.4 PALAS HIDRAULICAS

La pala hidráulica es una opción relativamente reciente, para utilizar un mecanismo de excavación con los mismos principios de la pala mecánica pero de accionamiento hidráulico. Por lo que se asemeja a la retroexcavadora pero su operación es en el



sentido contrario, es decir de la máquina hacia el frente. de hecho muchos equipos tienen la opción de utilizarse como retroexcavadoras o como palas (también son conocidos como excavadoras cargadoras).

Las palas hidráulicas se utilizan en el movimiento de tierras, para funciones muy diversas, tales como limpieza de fosas, zanjas para canalizaciones, manejo y elevación de los materiales, carga y descarga de los mismos en vagones o camiones, levantamiento de capas del terreno, carga de rocas extraídas en explotación de canteras, etc.



128309

Esta máquina está compuesta por un chasis de tractor, sobre cadenas o neumáticos, en cuya parte delantera lleva montada una pala hidráulica, con dos opciones de cucharón. Con descarga por delante y por el fondo. El mando hidráulico de todos los movimientos hace su manejo muy fácil.

Algunas palas poseen un tablero de mandos único que controla un distribuidor de seis operaciones en las que figuran la (rotación, elevación, empuje y retroceso) y dos para el chasis (dirección hidráulica por gato y traslación por motor hidráulico). La energía que desarrolla el motor, es transmitida por sistema hidráulico de potencia constante, con bombas de pistones de caudal variable, que pueden concentrar toda la potencia en una sola función.

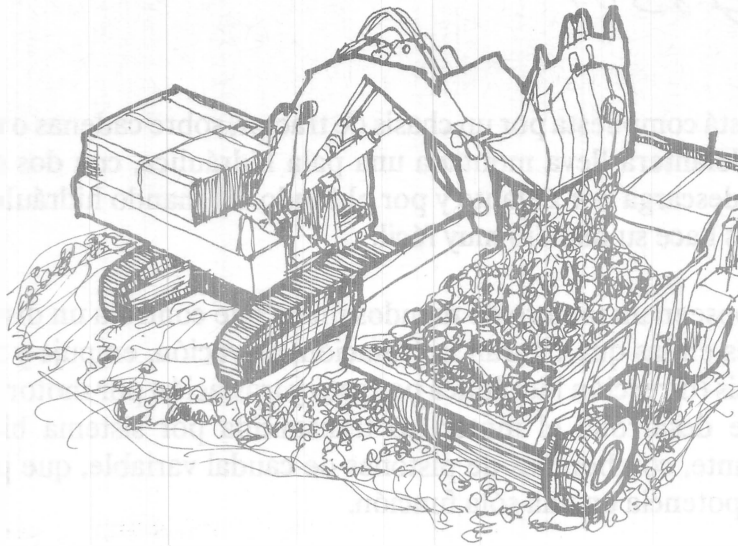
Es posible la utilización de accesorios diversos, tal es el caso de la elección de las zapatas en suelos de condiciones muy desfavorables; las zapatas cortas imponen menores esfuerzos en los otros componentes del tren de rodaje, y por lo general aumentan la duración de las cadenas. Las máquinas que trabajen en rocas deben equiparse con las zapatas más cortas que haya disponibles. Las zapatas largas mejoran la flotación. El largo de las zapatas influye muy poco en la estabilidad.

Las zapatas de doble garra tienen buen agarre en la mayoría de condiciones del suelo, y dañan menos el suelo y el pavimento de las carreteras. Para mejor agarre en fango profundo, o en trabajos en rocas en que las garras tengan cierta penetración, se recomiendan las de una sola garra. En las canteras, donde el suelo sea duro y liso y las garras tengan muy poca penetración, o ninguna, lo mejor es usar las zapatas de doble garra más cortas.



### *ELECCION DE CUCHARONES*

El cucharón de descarga por delante da óptimo resultado con materiales de vaciado fácil y en puntos sin restricciones. El cucharón de descarga por delante debe ser del tamaño preciso para cargar camiones de obras en trabajos de alta producción. Típicamente, los camiones de 32 t se pueden cargar en cuatro o cinco pasadas en menos de dos minutos.



El cucharón de descarga por debajo es más adaptable que el de descarga por delante, pero como es más pesado, su capacidad es 20% menor. Esta diferencia se contrarresta en parte debido a que invierte 2 ó 3 segundos menos por ciclo, pues es más fácil situarlo encima del camión, y su descarga es más rápida. Además, tiene menos derrames. La ventaja neta en el rendimiento del cucharón de descarga por delante es del 5 al 10%.

#### PRODUCCION DE LAS PALAS HIDRAULICAS

La producción de la pala hidráulica esta en función de:

- 1.) Carga del cucharón
- 2.) Giro con carga
- 3.) Descarga del cucharón
- 4.) Giro sin carga

Para calcular la producción de estas máquinas, se utilizan las mismas consideraciones que se toman en las retroexcavadoras, excepto la profundidad de corte, puesto que el uso de la máquina es diferente. Por ello solamente se incluyen 2 cuadros que muestran la producción factible en roca y tierra, con distintas capacidades de cucharón. (Ver cuadros de producción anexos a esta sección).

El tiempo del ciclo para estas máquinas cargando roca tronada y girando  $90^{\circ}$  es de 0.42 min. si la descarga es frontal y 0.37 min. si la descarga es inferior.

PALAS HIDRAULICAS  
TONELADAS POR HORA (60 MIN). ROCA TRONADA -(2,100 Kg/M3)

CICLO		CAPACIDAD BOTE MATERIAL SUELTO							CICLOS ESTIMADOS	
SEG.	MIN.	2.5 m3.	2.75 m3	3 m3	3.25 m3	3.5 m3	3.75 m3	4 m3	MIN.	HORA
15	.25	1260	1387	1512	1639	1764	1891	2016	4.0	240
18	.30	1050	1166	1260	1366	1470	1576	1680	3.0	200
21	.35	808	888	1077	1168	1257	1347	1436	2.9	171
24	.40	788	867	945	1025	1103	1132	1260	2.5	150
27	.45	608	769	838	908	978	1048	1117	2.2	133
30	.50	630	684	756	820	882	946	1008	2.0	120
33	.55	572	630	587	744	801	859	916	1.8	109
36	.60	525	578	630	683	735	788	840	1.7	100

m<sup>3</sup> SUELTOS POR HORA (60 MIN.) TIERRA

CICLO		CAPACIDAD BOTE MATERIAL SUELTO							CICLOS ESTIMADOS	
SEG.	MIN.	3 yd3	3.5 yd3	4 yd3	4.5 yd3	5 yd3	5.5 yd3	6 yd3	MIN.	HORA
15	.25	720	840	965	1080	1200	1320	1440	4.0	240
18	.30	600	700	800	900	1000	1100	1200	3.0	200
21	.35	513	599	684	770	855	941	1025	2.9	171
24	.40	450	525	600	675	750	825	900	2.5	150
27	.45	399	466	532	599	665	732	798	2.2	133
30	.50	380	420	480	540	600	660	720	2.0	120
33	.55	327	382	436	491	545	600	654	1.8	109
36	.60	300	350	400	450	500	550	600	1.7	100

Estos tiempos pueden variar de acuerdo a ciertos factores.

Deberá considerarse desde luego el "Factor de llenado del cucharón" con los mismos datos que las retroexcavadoras y la eficiencia del trabajo.

#### EJEMPLO:

Calcular la producción en banco de una roca mal tronada con una pala hidráulica con bote de 3 yd<sup>3</sup> (2.5 m<sup>3</sup>) de descarga inferior giro a 90° el material pesa 2,100 Kg/ m<sup>3</sup>, tiene un abundamiento del 50% y la eficiencia del conjunto es de 60%.

Tiempo de ciclo = 0.37 min. (de la primera relación)

De la primera tabla se obtiene una producción de 800 tns., de material por hora.

Sin embargo, debemos considerar el "Factor de llenado" (0.50) y el "Factor de Eficiencia" (0.60).

Producción real = 800 x 0.50 x 0.60 = 240.00 Tons/hora.

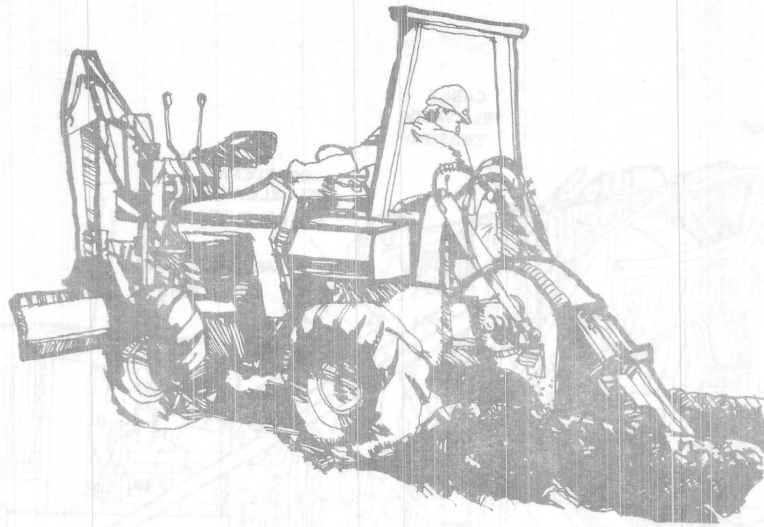
$$\frac{240.0 \text{ Ton/hora}}{2.1 \text{ Ton/m}} = 114 \text{ m}^3/\text{hora (suelos)}$$

$$\text{Medido en banco } \frac{114 \text{ m}^3}{1.5} = 76 \text{ m}^3/\text{hora (banco)}$$

#### II.6.5 ZANJADORAS.

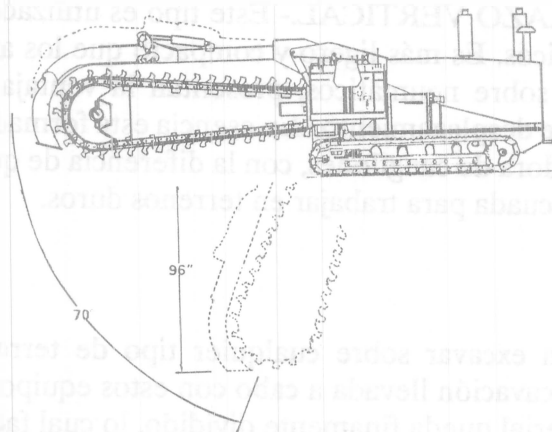
Son máquinas excavadoras especialmente diseñadas para la apertura de zanjas continuas en campo abierto que constan esencialmente de un tractor sobre el cual montan el equipo de excavación, formado por dos plumas equipadas con ruedas cortadoras, cangilones o bandas transportadoras. Generalmente van sobre orugas, aunque para trabajos ligeros las llantas son satisfactorias.





La pluma excavadora o de escalera, lleva una rueda cortadora o una cadena de cangilones, que se adapta en la parte posterior del tractor, o al frente según sea el equipo de excavación.

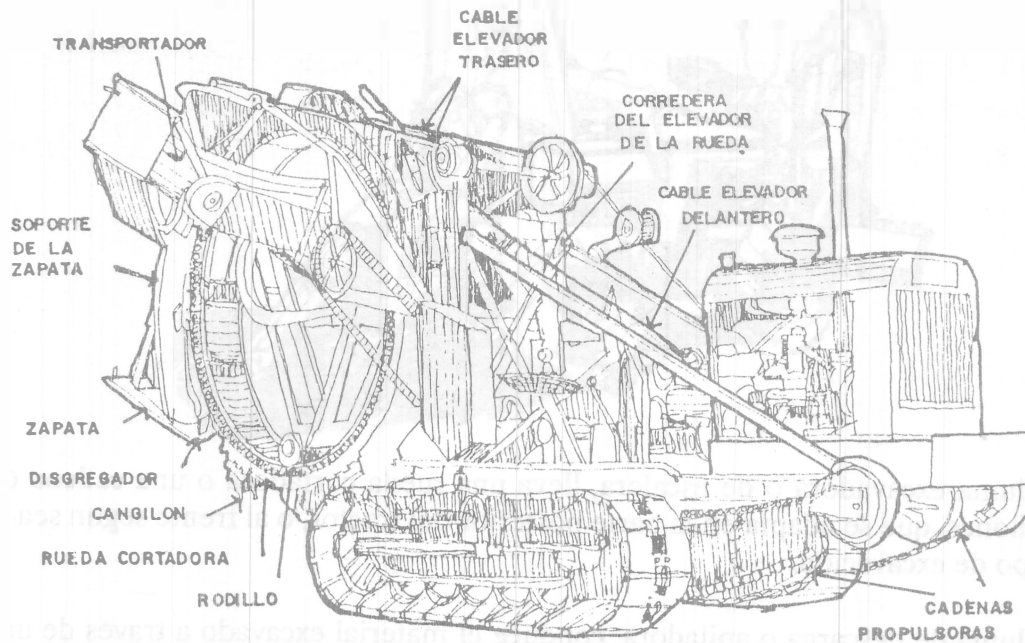
La pluma de descarga o apiladora, conduce el material excavado a través de una banda transportadora hasta depositarlo a un lado de la zanja.



Existen varios tipos de zanjadoras que varían en función del tipo de trabajo, a continuación se describirán los tipos principales de zanjadoras.

**ZANJADORA DE CANGILONES.**- Es el tipo más común de zanjadoras y es la que permite excavar la zanja más ancha. Su herramienta de ataque es una cadena de cangilones que excava el material y lo vierte sobre una banda colocada transversalmente para su depósito a un lado de la zanja.

**ZANJADORA DE RUEDA.**- Esta excavadora tiene una rueda cortadora instalada en la parte trasera de la máquina sobre la cual se montan cangilones que al igual que el tipo anterior vierten el material sobre una banda transportadora transversal, una vez excavado el material. Las profundidades de excavación de esta máquina están limitadas por el diámetro de la rueda.



**ZANJADORA DE BRAZO VERTICAL.**- Este tipo es utilizado montado sobre orugas o sobre neumáticos. Es más ligero y compacto que los anteriores y, en el caso de los montados sobre neumáticos, presentan la ventaja de tener mayor movilidad y velocidad de desplazamiento. En esencia está formado por los mismos elementos que la zanjadora de cangilones, con la diferencia de que el brazo no es inclinable y es más adecuada para trabajar en terrenos duros.

Las zanjadoras pueden excavar sobre cualquier tipo de terreno excepto roca (material tipo I). La excavación llevada a cabo con estos equipos presenta ciertas peculiaridades. El material queda finamente dividido, lo cual facilita la operación de la descarga y contribuye a una mayor eficiencia y rendimiento del trabajo en conjunto.

Las velocidades de excavación pueden variarse, según el tamaño de la zanja y la clase de terreno. Por otra parte existe la posibilidad de adaptar diversos elementos cortadores o cuchillas adicionales, para aumentar la anchura de las zanjas.

En la actualidad existen modelos sofisticados de zanjadoras que incluyen dispositivos especiales como sensores electrónicos que funcionan a base de rayos laser para un correcto alineamiento de la máquina al eje del proyecto, sensores para poner en alerta al operador sobre obstáculos en la excavación que puedan dañar el equipo, etc.

En general, se puede decir que las zanjadoras presentan grandes ventajas en la construcción de zanjas largas en pleno campo, en terrenos llanos o poco accidenta-

dos. El acabado que presentan las zanjas excavadas con estos equipos las hace ideales para el tendido de tuberías, de drenajes, canalizaciones, de instalaciones eléctricas o de gas, cables telefónicos, etc. Sin embargo debido a sus limitaciones la máquina zanjadora solo podrá tomarse en cuenta para zanjas estrechas, profundidades relativamente pequeñas y longitudes considerables en alineación recta o con curvas en número reducido, para terrenos homogéneos y bien conocidos.

#### *PRODUCCION DE ZANJADORAS*

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$P = A \times h \times V \times E$$

en donde:

A = Ancho de los canjilones de la rueda

h = Profundidad del corte en la zanja

V = Velocidad de la máquina en metros por hora, misma que variará por el tipo de material y la profundidad del corte.

E = Eficiencia de la máquina

#### **EJEMPLO**

Supongamos una máquina haciendo una zanja de 0.75 m de ancho por 2.00 mts. de profundidad, a una velocidad de 200 mts/hora y una eficiencia de 75%.

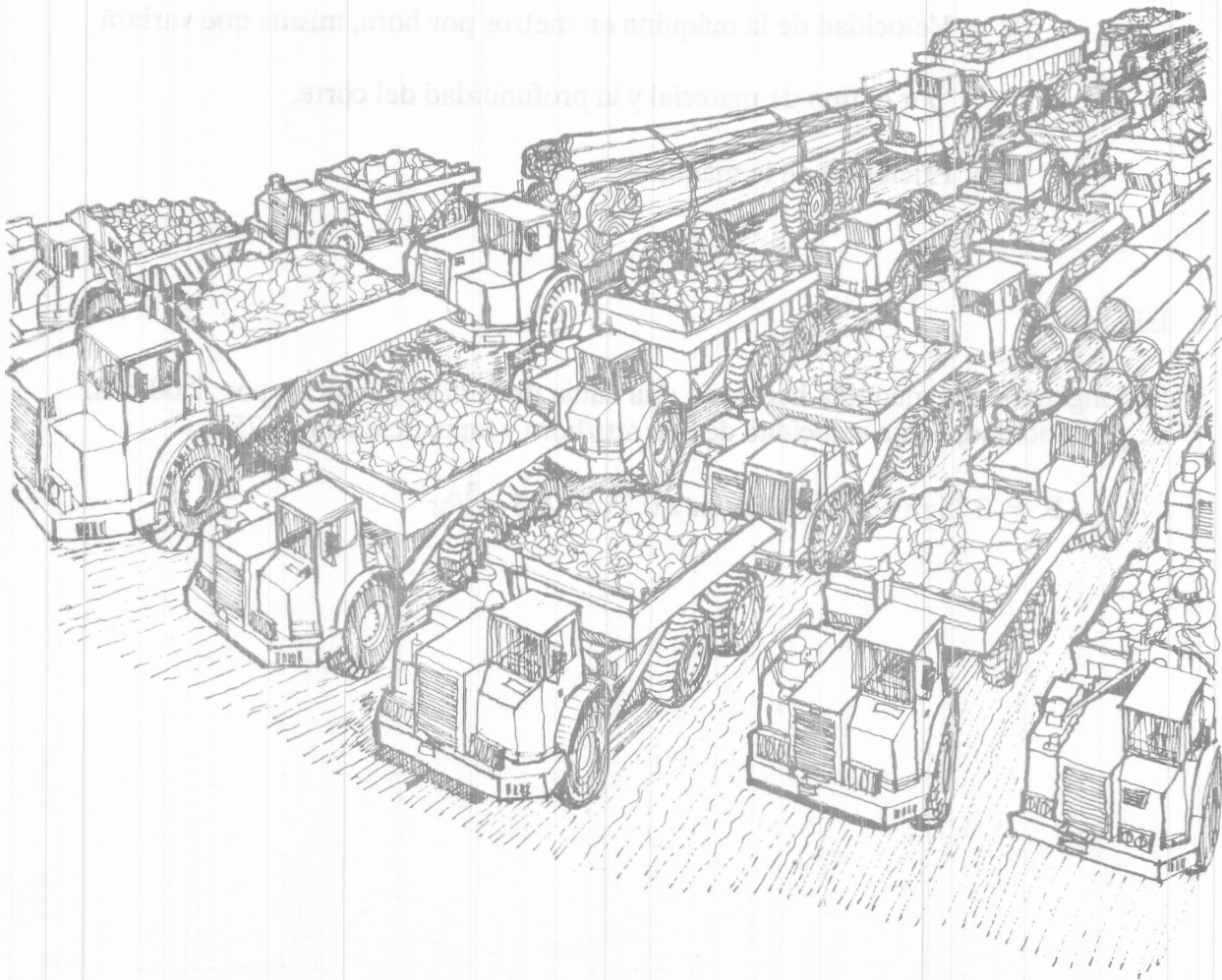
$$R = 0.75 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 200 \text{ m/hr} \times 0.75 = 225 \text{ m}^3/\text{hr}$$

## II.7 EQUIPO DE ACARREO

Dentro de la industria de la construcción, el acarreo de los materiales constituye un renglón sumamente importante ya que su incidencia sobre el costo final y buen término de las obras depende en gran medida de estas tareas. El problema se acentúa aun más en obras de construcción pesada donde el movimiento de tierras cobra un papel fundamental.

El conocimiento de los equipos que existen para llevar a cabo las tareas de acarreo nos proporcionarán elementos necesarios para seleccionar con buen juicio el equipo más adecuado para realizar las tareas que nos sean encomendadas.

A continuación se tratarán los equipos más usuales para el transporte de materiales; haciendo la aclaración de que existen otros medios de transportación como los de cables aéreos que se describirán en otro capítulo o los de tubo y acuáticos que por ser equipos más especializados no se tratarán en estos apuntes.



## II.7.1 EQUIPO PESADO DE ACARREO

### II.7.1.1 Motoescrepas, Camiones fuera de carretera, Volquetes, Vagonetas y Dumptors.

Dentro de las grandes construcciones, la utilización del equipo pesado de acarreo, es común y necesario, por los grandes volúmenes de material a moverse. Actualmente existe una gran diversidad de estos equipos, llegando a la especialización para trabajos muy específicos.

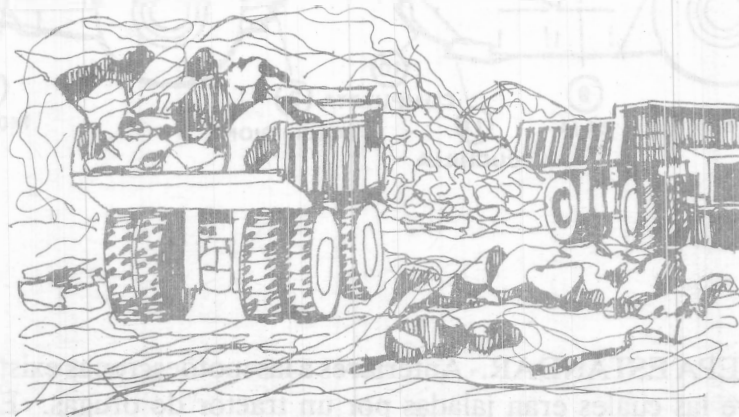
Sin embargo considerando que el equipo pesado de acarreo es toda aquella máquina destinada a transportar grandes volúmenes de material de un lugar a otro, se puede considerar que todos ellos constan de tres elementos principales:

**Unidad motora.-** Proporciona la fuerza tractiva necesaria para mover al vehículo. Su objetivo principal es empujar o jalar cargas. Puede ser sobre neumáticos, de dos o cuatro ruedas o bien sobre orugas.

**Elementos de unión.-** Une a la unidad motora con la caja. Si el elemento de unión es articulado la caja y la unidad motora tendrán cada una su propio chasis o bastidor. Si el elemento de unión es rígido la caja y la unidad motora estarán unidas por un bastidor común.

**Caja.-** Es la parte de la máquina que transporta la carga y puede estar equipada con dispositivos de carga y/o descarga. Su diseño debe ser lo suficientemente resistente para soportar los fuertes impactos y los materiales abrasivos a que estará sujeta.

Entre los principales equipos pesados de acarreo, se hallan la motoescrepa, los camiones fuera de carretera, las vagonetas y los volquetes.



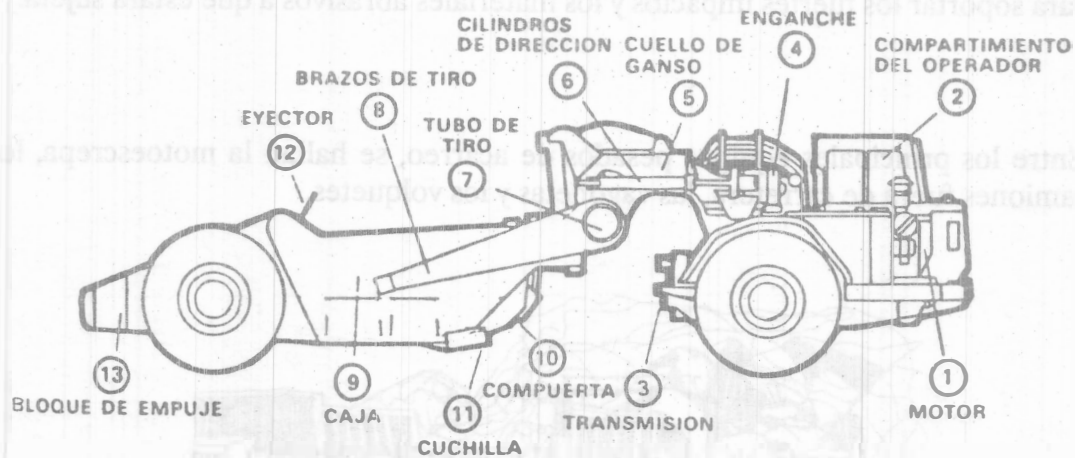
## MOTOESCREPAS

Son equipos de carga, acarreo y descarga de material adecuados para operar en distancias de 200 a 3000 metros.

Esta máquina consta fundamentalmente de dos partes: una caja metálica reforzada soportada por un eje con ruedas neumáticas, una compuerta curva que puede bajar o subir mediante un mecanismo hidráulico, una cuchilla de acero en la parte inferior de la caja que sirve para cortar el material y una placa metálica móvil en la parte interior, la cuál al desplazarse hacia adelante, permite desalojar todo el material contenido en ella.

Todo este conjunto es jalado mediante un tractor de ruedas neumáticas en donde además se encuentran los controles de operación.

Existen cuatro tipos de motoescrepas: Las tradicionales que corresponden a la descripción anterior; las doble tracción que tienen otro motor instalado en la parte posterior de la caja; las de empuje y tiro que trabajan en tandem y las autocargables que tienen una banda elevadora de material.

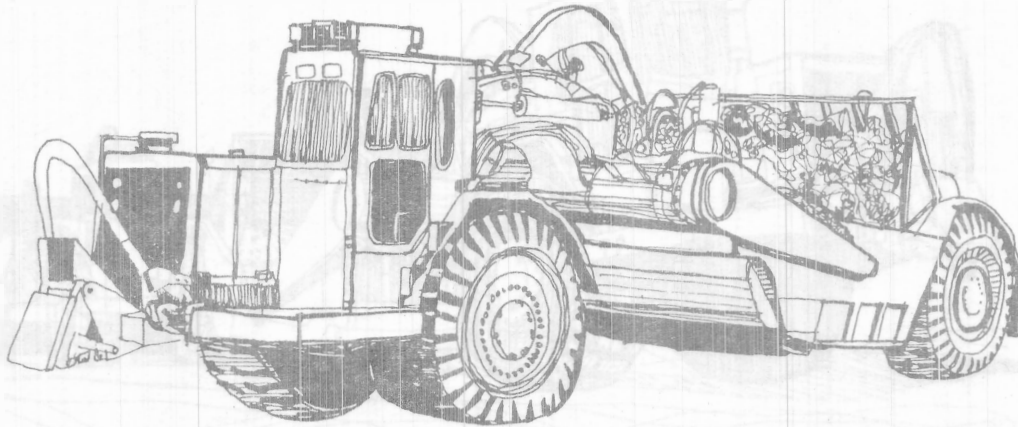


**MOTOESCREPA ESTANDAR.**- Anteriores a las motoescrepas existían las escrepas de arrastre las cuales eran jaladas por un tractor de orugas. Estos equipos

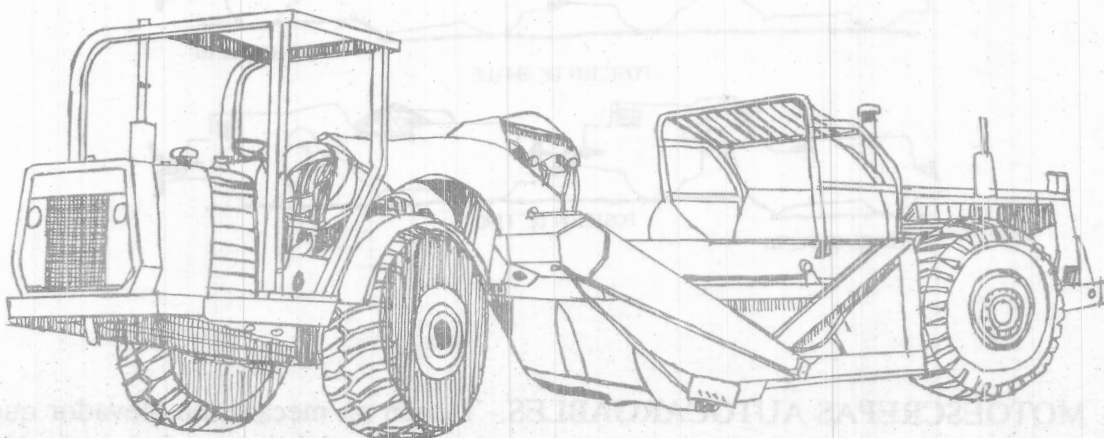


perdieron popularidad debido a su bajo rendimiento. La introducción de un tractor de neumáticos unido a la escropa dió origen a la motoescrepa. La potencia del tractor de estas máquinas proporciona la fuerza tractiva necesaria para el acarreo del material.

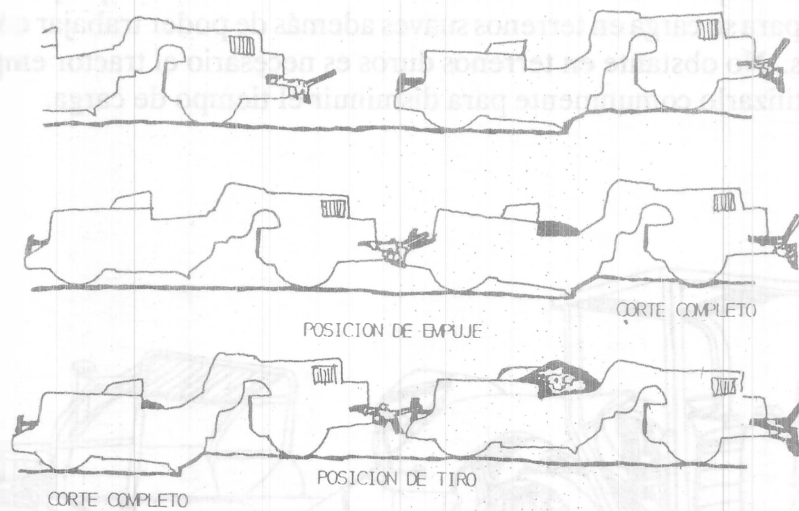
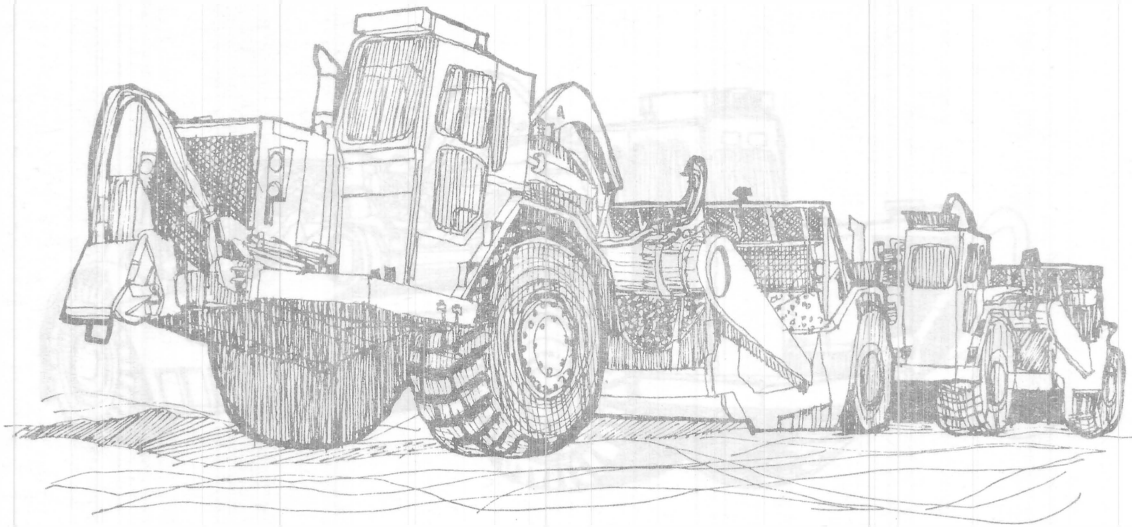
Sin embargo en la etapa de carga es necesaria la ayuda de un tractor de orugas que empuje la caja permitiendo completar esta labor.



**MOTOESCREPAS DE DOBLE MOTOR.**- También conocidas como motoescrepas de doble tracción tienen un segundo motor que impulsa el eje trasero de la máquina con lo que se obtiene tracción en las cuatro ruedas lo que permite resindir del tractor para su carga en terrenos suaves además de poder trabajar en pendientes más fuertes. No obstante en terrenos duros es necesario el tractor empujador y se aconseja utilizarlo comunmente para disminuir el tiempo de carga.



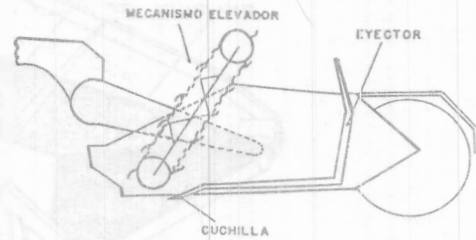
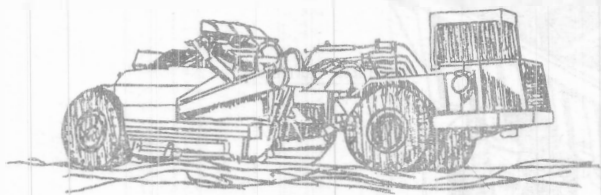
**MOTOESCREPA DE TIRO Y EMPUJE.**- También llamadas sistema Push- pull tienen ventajas tales como la eliminación del empujador con la consecuente eliminación del costo del tiempo perdido de éste; es un equipo balanceado con menor inversión, ya que, se evitan amontonamientos de máquinas en espera del empujador; y el dispositivo de enganche para unir las dos motoescrapas es una inversión económica.



**MOTOESCREPAS AUTOCARGABLES.**- Tienen un mecanismo elevador que funciona a base de paletas que van cargando el material dentro de la caja. No



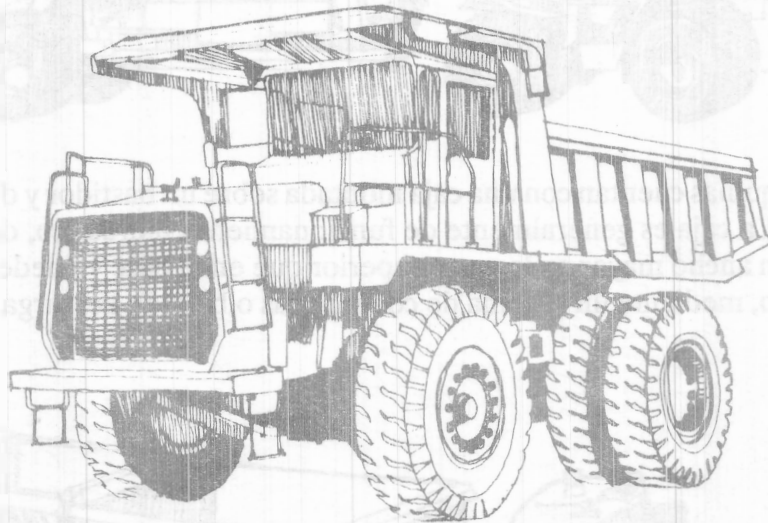
requieren del tractor para su carga, sin embargo su uso se limita a trabajos con materiales suaves, acarreos cortos y con pendientes suaves.



### **CAMIONES FUERA DE CARRETERA**

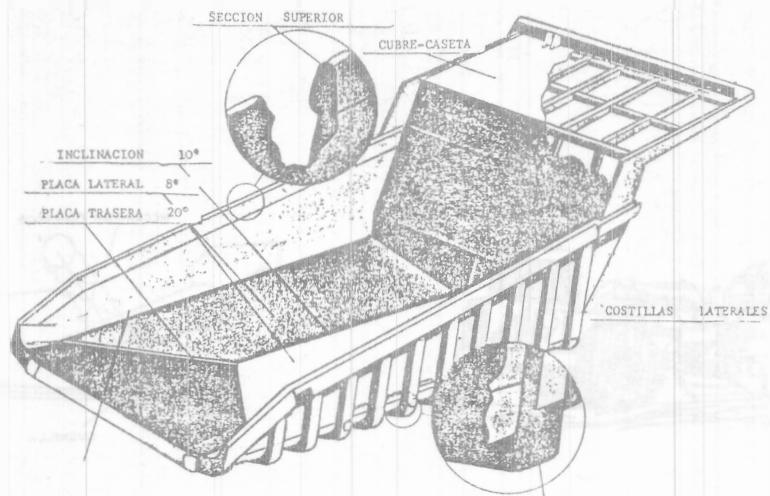
*CONDICION ES FUERA DE CARRETERA  
CAMIONES FUERA DE CARRETERA*

Son vehículos similares a los camiones de volteo, pero que se diseñan para transportar grandes volúmenes de material, especialmente roca, por lo que su caja es muy reforzada; emplean llantas dobles en el eje de propulsión.



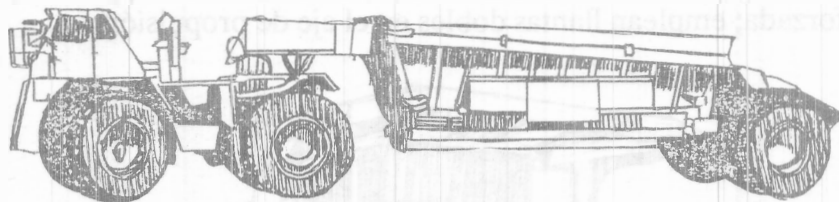
No se sujetan a ninguna restricción legal respecto al peso o tamaño, ya que transitan solo en obra (de ahí su nombre de "Fuera de Carretera"), pueden alcanzar velocidades máximas hasta de 70 km/hr.

Estas máquinas constan de una caja metálica o volteo, que es de accionamiento hidráulico y descarga trasera. En ocasiones esta caja es reforzada para trabajos más severos como transporte de roca. Pertenecen al grupo de equipos con chasis rígido.

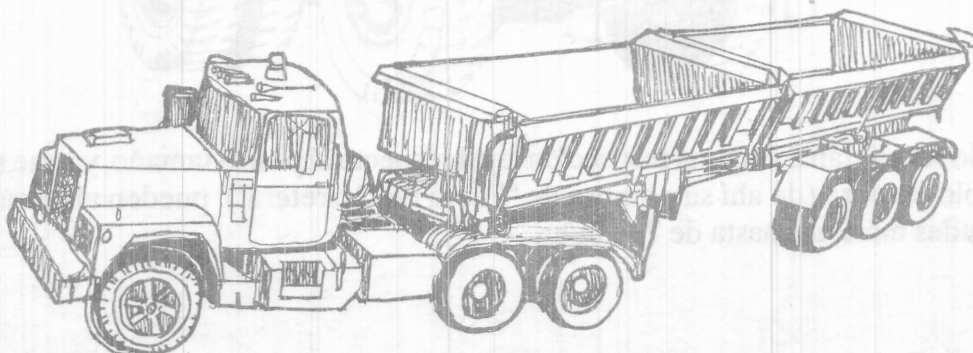


## VAGONETAS

Son unidades que se usan también para efectuar grandes movimientos de tierra, soportadas sobre uno o dos ejes de llantas y articuladas a un tractor para su desplazamiento.

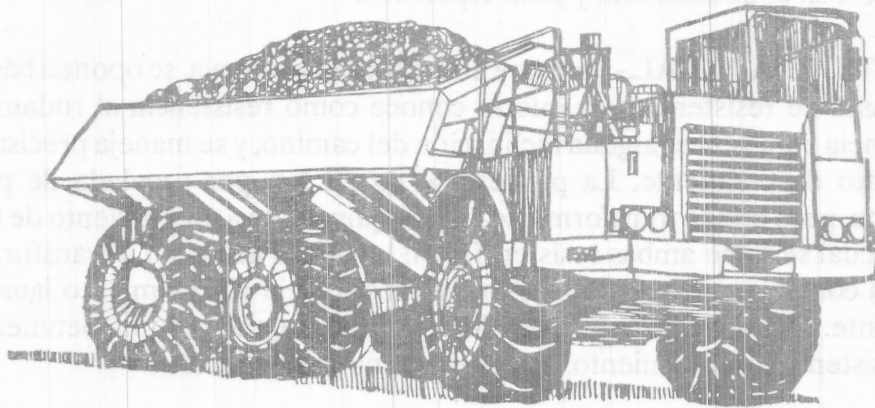


Dichas máquinas cuentan con una caja montada sobre un bastidor y de un vehículo propulsor. La caja es generalmente de funcionamiento hidráulico, de forma alargada y de un ancho mayor en la parte superior que en la base y puede ser descargada por el fondo, mediante un sistema de compuertas o bien de descarga lateral.

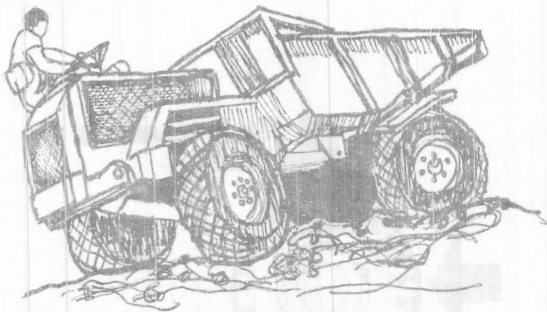


## VOLQUETES

Se emplean en las obras de movimiento de tierra por su gran movilidad y rapidez, así como la gran adaptabilidad para trabajos fuera de las carreteras y en suelos vírgenes, aunque a veces llegan a transitar por los caminos y por buenas pistas. Se clasifican a menudo en la categoría de los camiones, pero en realidad se encuentran entre el grupo del tractor-remolque y del camión, aunque de todas maneras es considerado como equipo del tipo pesado. En la actualidad se construyen modelos aún más pequeños que los normales que funcionan a base de gasolina y como carretillas motorizadas.



Los Dumptors son volquetes, compuestos por un motor, una caja y un bastidor, formado por una sola unidad para efectuar acarreo cortos. Presentan además un chasis semejante al de los tractores de llantas y tienen la particularidad de ser operados en ambos sentidos mediante dos tableros de control que se encuentran en el interior de la cabina.



### II.7.1.2 RENDIMIENTO DEL EQUIPO PESADO DE ACARREO

En estos equipos juega un papel importante su capacidad de tracción contra su peso (cargado y/o vacío) y las resistencias que encuentran a su rodamiento.

Para conocer y poder calcular sus rendimientos, conviene familiarizarse con algunos conceptos y aprender el manejo de gráficas que proporcionan los fabricantes.

**FUERZA DE TRACCION DE LAS LLANTAS (RIMPULL).**- Este concepto se refiere a la fuerza de tracción que por especificación de construcción tiene disponible una máquina en las llantas a diversas velocidades, la que le permite al rodar, jalar una carga pesada.

**PESO DE LA MAQUINA.**- Se refiere al peso total y debe conocerse si viaja vacía (por especificación del fabricante) o si va cargada y el volumen que acarrea de acuerdo a su abundamiento y peso específico.

**RESISTENCIA TOTAL.**- Para que una máquina se mueva, se oponen básicamente dos clases de resistencias, la que se conoce como resistencia al rodamiento y la resistencia para vencer alguna inclinación del camino, y se maneja precisamente en porcentaje de pendiente. La primera se da en Kg. por tonelada de peso de la máquina, pero puede transformarse en un equivalente a un porcentaje de pendiente con lo cual se tiene ambas resistencias en la misma unidad. La transformación se efectúa considerando cada 10 kg/ton., de resistencia al rodamiento igual a 1% de pendiente. Es decir existe una pendiente real topográfica y una pendiente virtual por resistencia al rodamiento, que la máquina debe vencer.

Para conocer las resistencias al rodamiento, se utiliza la siguiente tabla, en que se marcan los diferentes tipos de caminos y su resistencia en Kg/ton. o en porcentaje de pendiente que proporcionan los fabricantes de acuerdo a la experiencia acumulada por sus máquinas.



TIPO DE CAMINO	RESISTENCIA	
	kg/Ton	%
1.- Superficie dura, lisa estabilizada con humedad y mantenimiento y sin penetración inferior de las llantas.	20	2
2.- Superficie firme, lisa sin estabilizar, con polvo, que se flexiona ligeramente bajo la carga o está ondulada con mantenimiento regular y algo humedecida.	30	3
3.- Superficie lodosa, con carriles de las rodadas, sin mantenimiento ni estabilización.		
a) Penetración de las llantas - entre 1" y 2".		
b) Penetración de las llantas - entre 4" y 6".	75	7.5
4.- Arena suelta o grava	100	10
5.- Camino en pésimas condiciones - de mantenimiento (blando, fangoso con rodadas).	100-200	10-20

**PERDIDAS POR ALTITUD.-** La potencia de las máquinas se ve disminuída por la altitud y aunque cada modelo tiene sus propias características que se deben consultar, puede suponerse una pérdida del 1% por cada 100 metros, después de los 1,500 metros de altura sobre el nivel del mar. Esta pérdida de potencia es directamente proporcional también a una pérdida de tracción de las llantas (rim-pull).

**CURVA DE VELOCIDAD - RESISTENCIA - FUERZA DE TRACCION (VTR)**

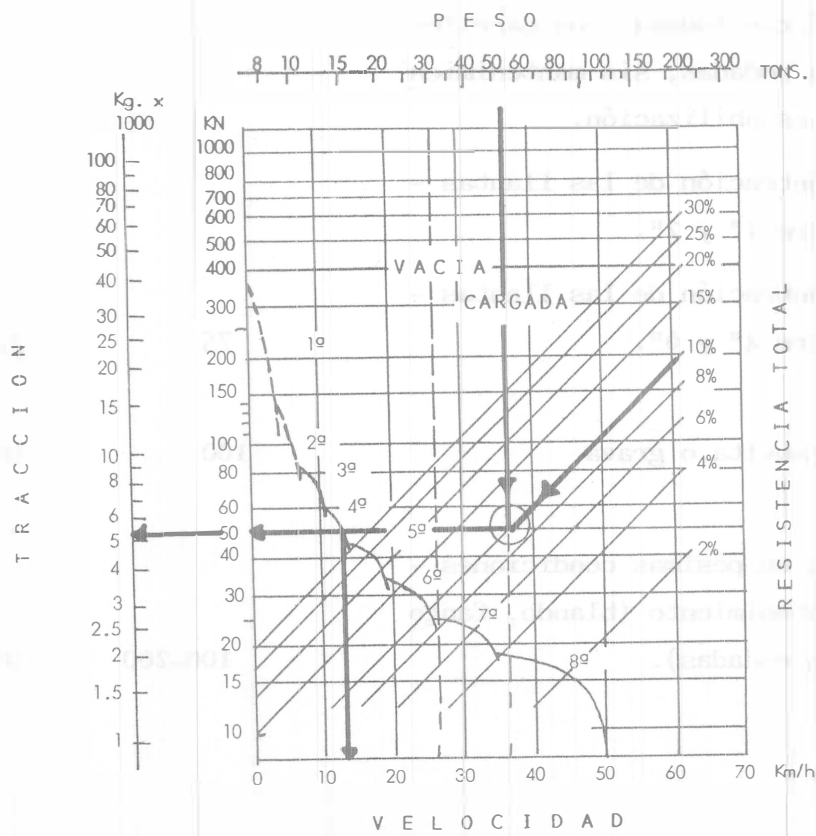
Esta curva, como la que se muestra a continuación, es una especificación del fabricante y debe consultarse precisamente la de la máquina que se va a estudiar.

En la parte inferior se marca la velocidad de tránsito en km/hora y que corresponde a las diferentes velocidades de su transmisión y que en la figura van desde la primera hasta la octava.

Del lado derecho la resistencia total, toda ella transformada a una pendiente que en este caso va desde el 2% hasta el 30%.

En la parte izquierda la fuerza de tracción que puede desarrollar la máquina en sus distintas velocidades marcada en kg. X 1000 y KN.

Y por último en la parte superior el peso de la máquina.



El manejo de la curva es el siguiente:

Supongamos que la máquina tiene que vencer una resistencia total equivalente a un 10% de pendiente y que conocemos el peso vacía, y que llena tiene un peso adicional de 21,770 Kg. Hállese la tracción y la velocidad máxima utilizable.

Primero obtenemos el peso total, para entrar en la gráfica:

Peso de operación (vacía) + Carga útil = Peso total 29,120 Kg. + 21,770 Kg. = 50,890 Kg.

Entramos a la gráfica con este peso descendemos verticalmente hasta encontrar la línea diagonal que corresponda al 10% de resistencia total. Desde este cruce trazamos una línea horizontal, hacia la izquierda en donde se obtendrá la fuerza de tracción necesaria que es de 5,200 Kg., así como también vemos que esto se logra en 4a. velocidad. De este punto descendemos verticalmente para hallar la velocidad máxima utilizable, que es de 13 Km/hora.

Por lo tanto la máquina subirá la pendiente (resistencia total) 10% a una velocidad máxima de 13 Km/hora en 4a. velocidad. La tracción disponible es de 5,200 kg. como se verá más adelante, estas velocidades son óptimas y deben afectarse de algún coeficiente.

Para los tramos, donde el equipo esté transitando vacío, se lleva a cabo la misma secuencia, pero tomando como referencia la línea del peso vacío.

Como se puede observar, tanto la tracción, resistencia total, así como la velocidad, estarán en función de la carga (peso).

#### *CURVA DE OPTIMIZACION DE FRENAJE (OF)*

Esta es llamada de varios modos; en los catálogos en Inglés se denomina "Retarder Curve" y en los editados en Español le llaman "Rendimiento de los frenos", pero su uso se refiere fundamentalmente a la velocidad óptima a la que según el fabricante puede descender libremente la máquina, sin tener necesidades de abusar de los frenos, provocar su calentamiento y desperfectos, así como posibles accidentes. Algunas máquinas tienen instalado un mecanismo que las lleva precisamente a la velocidad óptima en una pendiente descendente.

Esta curva se maneja para los tramos de camino con pendiente negativa, pero se debe tener la resistencia al rodamiento positiva, ya que siempre se opone a él.

## EJEMPLO

Supongamos una motoescrepa cargada con un material que pesa 21,770 Kg. que desciende por una pendiente del 20% en un camino de clasificación 3a.

Necesitamos conocer la velocidad para optimización del frenaje con el equipo vacío y cargado.

Resistencia total  
o  
pendiente efectiva = Pendiente real - Resistencia al rodamiento.

$$RT = -20\% + 5\% = -15\%$$

Ahora calculamos el peso total, para entrar a la gráfica; Peso de operación (vacía) + Carga útil = Peso total

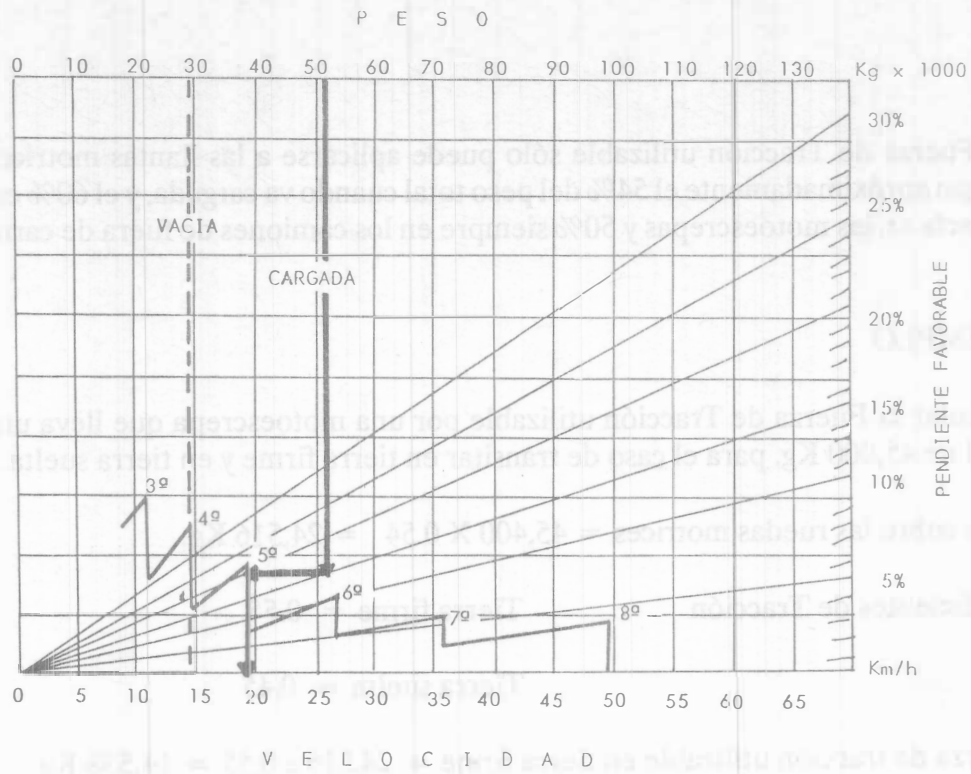
$$29,120 \text{ Kg.} + 21,770 \text{ Kg.} = 50,890 \text{ Kg.}$$

Entrando en la gráfica con este peso, descendemos verticalmente, hasta tocar línea diagonal correspondiente al 15% de pendiente favorable. Desde este cruce pasamos horizontalmente hacia la izquierda hasta tocar la curva de optimización de frenaje y tenemos 5a velocidad que es de 19 km/hora.

Por lo tanto el equipo descenderá la pendiente a 19 km/hora.

A continuación se muestra esta curva para la misma motoescrepa su manejo es similar a la curva anterior, sólo que no aparece la Fuerza de Tracción que en este caso no nos interesa conocer.





**TRACCION.-** Un elemento importante a revisar en estas máquinas es la tracción efectiva que es la fuerza que realmente puede aplicar la llanta para el rodamiento y que se ve afectada tanto por el peso del equipo que soporta cada una de las llantas como por el coeficiente de fricción con el piso.

De esta manera la Fuerza de Tracción utilizable será igual a la Fuerza de Tracción aplicada a cada rueda multiplicada por el coeficiente de Fricción.

Este coeficiente es variable según se ve en el siguiente cuadro.

M A T E R I A L	C O E F I C I E N T E D E F R I C C I O N P A R A L L A N T A S
Concreto	0.90
Arcilla Seca	0.55
Arcilla húmeda	0.45
Arcilla seca con rodadas	0.40
Arena seca	0.20
Arena húmeda	0.40
Rezaga	0.65
Revestimiento suelto	
Tierra firme	0.55
Tierra suelta	0.45



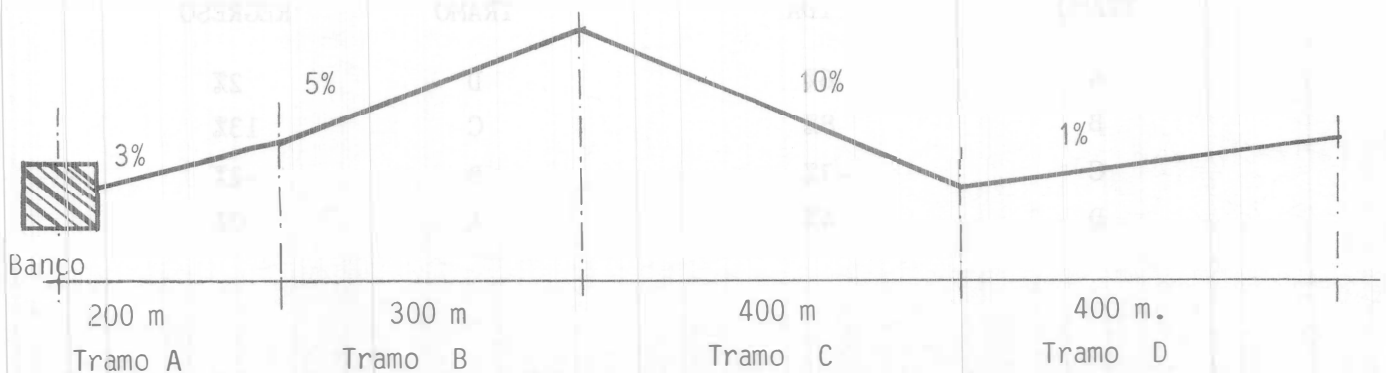
Modelo	Tipo de Carga	Tiempo de Carga ( Min. )	Maniobra y esparcimiento o maniobras y descarga(min)
613B	Autocargadora	0,9	0,7
621B	Un D8K	0,7	0,7
623B	Autocargadora	0,9	0,7
627B	Un D8K	0,6	0,6
627B/E.y T.	Autocargadora	0,8*	0,7
631D	Un D9H	0,7	0,7
633D	Autocargadora	0,9	0,7
637D	Un D9H	0,6	0,6
637D/E.y T.	Autocargadora	0,9*	0,7
639D	Autocargadora	1,0	0,7
641B	Dos D9H	0,7	0,7
651B	Dos D9H	0,7	0,7
657B	Dos D9H	0,5	0,6
657B/E.y T.	Autocargadora	1,0*	0,7

\* Tiempo de carga del par de máquinas, incluso el tiempo de transferencia.

### EJEMPLO

Se requiere realizar el movimiento con motoescrepas de  $16 \text{ yd}^3$  de  $200,000 \text{ m}^3$  mensuales (medidos en banco) de un material arcillo-arenoso con abundamiento del 20% y con un peso específico de  $1,780 \text{ kg/m}^3$  ( $3,000 \text{ Lbs/yd}^3$ ). Se trabajan dos turnos de 12 horas 25 días al mes.

La capacidad de las escrepas es de  $16 \text{ yd}^3$  ( $12,22 \text{ m}^3$ ) y su peso vacía es de 29,120 Kg. La superficie de rodamiento es del tipo dos (firme, lisa sin estabilizar con flexionamiento regular). el trabajo se encuentra a 3,000 m.s.n.m. Calcular el número de Motoescrepas necesarias si la eficiencia del trabajo es del 75% (45 minutos efectivos por hora) y el perfil del camino es el siguiente.



### ANALISIS DE LA RESISTENCIA TOTAL

Rodamiento

(30 kg/ton)

Pendiente

(10 kg/ton)

### RESISTENCIA TOTAL EN KG/TON

TRAMO	R	P	TOTAL	TRAMO	R	P	TOTAL
A	30	30	60	D	30	-10	20
B	30	50	80	C	30	100	130
C	30	-100	-70	B	30	-50	-20
D	30	10	40	A	30	-30	0



### RESISTENCIA TOTAL EN EQUIVALENTE A % DE PENDIENTE

TRAMO	IDA	TRAMO	REGRESO
A	6%	D	2%
B	8%	C	13%
C	-7%	B	-2%
D	4%	A	0%

**RESISTENCIA TOTAL EN KGS. INCLUYENDO LA PERDIDA DE POTENCIA POR ALTITUD (15%)**

TRAMO	I D A	TRAMO	REGRESO
A	$60 \times 50.9 \times 1.15 = 3,512 \text{ Kg.}$	D	$20 \times 29.1 \times 1.15 = 666 \text{ Kg}$
B	$80 \times 50.9 \times 1.15 = 4,682 \text{ kg.}$	C	$130 \times 29.1 \times 1.15 = 4,350 \text{ Kg}$
C	$-70 \times 50.9 \times 1.15 = 4,097 \text{ kg.}$	B	$-20 \times 29.1 \times 1.15 = 669 \text{ kg}$
D	$40 \times 50.9 \times 1.15 = 2,341 \text{ kg.}$	A	$0 \times 29.1 \times 1.15 = 0 \text{ kg}$

**PESOS DE LA MAQUINA**

VACIA		29,120 Kg.
CARGADA	$29,120 + 1,780 \times 12,22$	50,872 Kg.

**FUERZA DE TRACCION UTILIZABLE**

Coefficiente de Fricción = 0.45

Pérdida de potencia por altitud ( 1% 100 mts. después de 1,500)

$$\frac{3,000 - 1,500}{100} \times 1\% = 15\%$$

Máquina vacía  $29,120 \times 0.60 \times 0.45 \times 0.85 = 6,683 \text{ Kg.}$

Máquina cargada  $50,872 \times 0.54 \times 0.45 \times 0.85 = 10,508 \text{ Kg.}$

NOTA: Si pierde el 15% de potencia, queda el 85% que es la misma pérdida de tracción.

Comparando la fuerza de tracción utilizable contra la máxima resistencia observamos que el viaje de ida cargada de 10,508 Kg y la resistencia máxima es de 4,682

Kg. y de regreso disponemos de 6,683 Kg. y la máxima resistencia es de 4,350 Kg. Esto quiere decir que la máquina puede transitar sin patinar. Esta revisión no necesita hacerse cuando la máquina transita sobre caminos de operación en buenas condiciones de mantenimiento.

**Cálculo de las velocidades de traslado. De la curva VRT tomamos las resistencias en por ciento (solamente las positivas).**

**En los tramos cuya pendiente es favorable, usamos la curva OF (\*)**

TRAMO	RESIS TENCIA	IDA VELOCIDAD	( + ) V M	TRAMO	RESIS TENCIA	REGRESO VELOCIDAD	( + ) V M
A	6	6 <sup>a</sup> =25 K/H	20 K/H	D	2	8 <sup>a</sup> =50 K/H	40.0 K/H
B	8	5 <sup>a</sup> =18 K/H	14 K/H	C	13	4 <sup>a</sup> =10.5K/H	8.4 K/H
C	7	6 <sup>a</sup> =27 K/H	22 K/H	B	2	8 <sup>a</sup> =49 K/H	38.4 K/H
D	4	7 <sup>a</sup> =35 K/H	28 K/H	A	0	8 <sup>a</sup> =48 K/H	38.4 K/H
		(*)				(*)	

**(\*) Como estas son velocidades máximas sin considerar variaciones por aceleraciones y desaceleraciones, conviene multiplicarlas por 0.80.**

### CALCULO DEL CICLO

$$V = \frac{d}{t} \text{ entonces } t = \frac{d}{v}$$

TRAMO	IDA	TRAMO	REGRESO
A	0.200 X 60/20 = 0.6 min.	D	0.400 X 60/40 = 0.60 min.
B	0.300 X 60/14 = 1.29 min.	C	0.400 X 60/ 8.4 = 2.85 min.
C	0.400 X 60/22 = 1.09 min.	B	0.300 X 60/38.4 = 0.47 min.
D	0.400 X 60/28 = 0.85 min.	A	0.200 X 60/38.4 = 0.31 min.
	TIEMPOS 3.83 min		4.23 min.

$$\begin{aligned}\text{CICLO TOTAL} &= \text{Tiempos fijos} + \text{Tiempo de ida} + \text{Tiempo de regreso} = \\ &= 1.4 \text{ min.} + 3,83 \text{ min.} + 4.23 \text{ min.} = 9.46 \text{ min.}\end{aligned}$$

Número de viajes por turno de 12 horas.

$$N = \frac{12 \times 60}{9.46} = 76 \text{ viajes}$$

Por razón de eficiencia (75%)

$$N = 76 \times 0.75 = 57 \text{ viajes}$$

Producción mensual medida de la motoescrepa

$$P = 57 \text{ viajes/turno} \times 2 \text{ turnos} \times 25 \text{ días} \times 12.22 \text{ m}^3 \text{ capacidad} = 34,877 \text{ m}^3 \text{ sueltos.}$$

Como el problema se refiere a material medido en banco y este se abunda en 20%, el volumen que nos interesa será:

$$P = \frac{34,877}{1.20} = 29064 \text{ m}^3 \text{ medidos en banco}$$

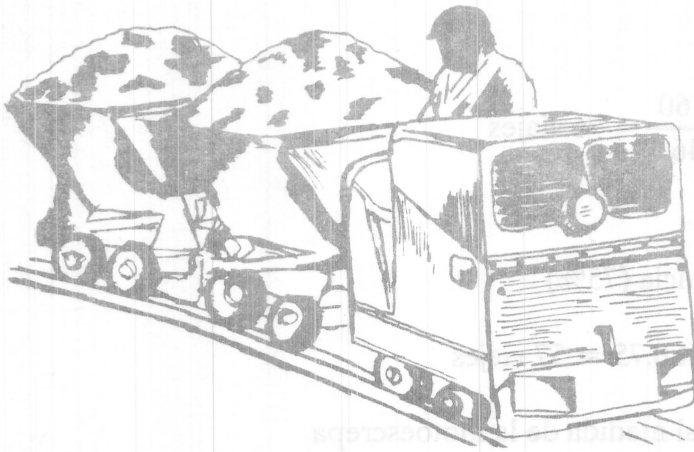
Finalmente el número de motoescrepas requeridas para este trabajo será:

$$\frac{200,000}{29064} = 6.88 = 7 \text{ motoescrepas}$$

NOTA: Camiones y Vagonetas se tratan igual, y cada máquina tiene sus curvas como se muestra en el apéndice II.

## II.7.2 LOCOMOTORAS

Es una máquina para el arrastre de vagonetas utilizadas para acarrees de extracciones de tierra, o para grandes movimientos de materiales. La rezága de material en túneles de longitud considerable obliga a formar verdaderos convoyes, compuestos por una sucesión de varias vagonetas, que deben ser arrastradas de una sola vez para que el transporte sea eficaz y, al mismo tiempo rentable.



La ventaja principal del transporte ferroviario reside en la poca resistencia a la rodadura que presenta la carga a remolcar. Los gastos de conservación del material móvil y de las vías son relativamente bajos.

Las locomotoras de tipo eléctrico y aire comprimido son utilizadas únicamente para la explotación de túneles de poco diámetro y en la construcción de galerías subterráneas. Estas máquinas no contaminan el lugar de trabajo porque no desprenden gases.

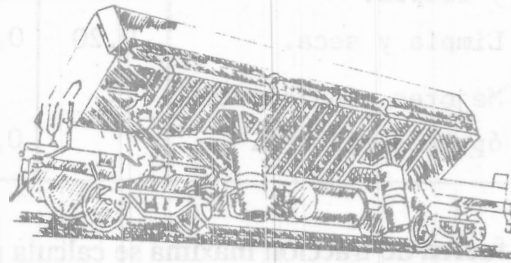
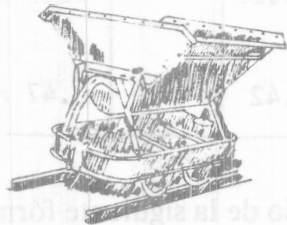
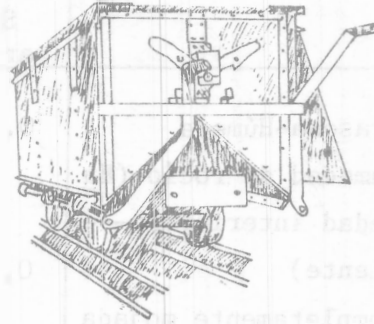
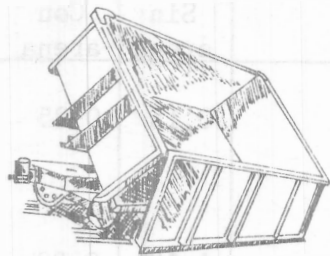
Las locomotoras diesel reciben su energía por medio de motores diesel, y tienen una mayor maniobrabilidad en lo que respecta a la operación de parar y volver a ponerse en marcha que deben intercalar durante su recorrido. La velocidad de las locomotoras es de 12 - 25 km/h para máquinas de vapor o diesel.

Un factor de suma importancia para el estudio de las locomotoras para túneles, lo constituye el peso de la máquina motriz, ya que del mismo, depende tanto de la adherencia del elemento director del convoy, como la potencia de arrastre. De hecho las locomotoras se clasifican según su peso efectivo.

En general, se considera que la potencia de una locomotora es igual a la cuarta parte de su peso, calculándose tal rendimiento para trayectos en terreno llano. Este rendimiento decrece muy rápidamente al encontrar una rampa, que al llegar al 5% muy difícilmente podrá superar.



Los vagones o vagonetas empleados en los convoyes se fabrican para variadas capacidades comprendidas entre 0.75 m<sup>3</sup> y 40 m<sup>3</sup>. Generalmente, son de descarga lateral ya sea basculando una caja de paredes fijas o bien basculando una caja cuya pared lateral se abre. En modelos más grandes existen dispositivos neumáticos de vuelco.



La elección de la vía depende de varios factores tales como la sección del carril determinada por la carga por eje, la separación de traviesas, etc.

### *PRODUCCION DE LAS LOCOMOTORAS*

Para poder determinar el rendimiento de esta máquina es necesario considerar los siguientes conceptos.

#### *FUERZA DE TRACCION.*

La limitación básica de la fuerza de tracción o tiro es el peso de la máquina misma. Ninguna locomotora, puede ejercer una fuerza de tracción superior al peso que descansa sobre sus ruedas motrices.

Podemos decir que la tracción efectiva es la capacidad de las ruedas para adherirse a la superficie del riel y se expresa mediante un coeficiente que varía con las condiciones de la misma como se observa en la tabla.

### COEFICIENTES DE TRACCION EFECTIVA PARA LOCOMOTORAS

CONDICIONES DE LA VIA	Ruedas de Acero Templado		Ruedas de Acero Forjado	
	Sin arena	Con arena	Sin arena	Con arena
Grasosa-Húmeda	0.15	1.25	0.15	0.25
Humedad de rocío (Humedad interior ambiente)	0.18	0.22	0.18	0.22
Completamente mojada y limpia.	0.20	0.25		0.31
Limpia y seca.	0.20	0.25 a 0.30		0.31 a 0.37
Mejores condiciones- óptimos valores.		0.38 a 0.42		0.47 a 0.52

La fuerza de tracción máxima se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$F_t = C \times P_m$$

en donde:

$F_t$  = Es la fuerza de tracción máxima utilizable en Kg.

$C$  = Es el coeficiente de tracción efectiva (adherencia).

$P_m$  = Es el peso de la locomotora sobre las ruedas motrices en Kg.

#### **FUERZA DE TRACCION NECESARIA**

Es la fuerza de tracción que debe desarrollar la locomotora, para realizar un trabajo y queda determinada por los siguientes factores:

a) Resistencia al Rodamiento.- Es la fuerza que opone la superficie de rodamiento al giro de ruedas. Para fines prácticos y con base en experiencias de trabajos en minas, se considera que esta resistencia es del orden de 10 kgs/ton. en vías a nivel.

Cabe mencionar que la resistencia al rodamiento decrecerá a medida que el tren inicie su movimiento, pero es conveniente considerarla constante.

b) Resistencia a la aceleración.- La aceleración es el incremento de la velocidad de un vehículo en movimiento por medio de la aplicación del exceso de la potencia del motor. La resistencia a la aceleración es la fuerza que se opone a la misma. Para el caso de trenes en trabajos de excavación y revestimiento de túneles, se considera un rango de aceleración de 0.16 a 0.22 km/h.

Para 0.16 ----- Ra = 4.10 Kg/Ton.

Para 0.22 ----- Ra = 8.21 Kg/Ton.

c) Resistencia en Pendientes.- Es la medida de la fuerza que debe vencer una máquina en pendientes desfavorables representadas con signos (+). Y la ayuda en pendientes es la medida de la fuerza que favorece el movimiento de una máquina en pendientes favorables representadas con signo (-) y se miden en (%). En toda pendiente adversa, cada tonelada de peso del vehículo crea una resistencia adicional a razón de 10 Kgs./Ton. por cada 1% de inclinación.

La tracción necesaria de la locomotora se calcula por medio de la siguiente fórmula

$$T_n = P (R_r + R_a + 10 G)$$

en donde:

T<sub>n</sub> = Es la fuerza de tracción necesaria en Kg.

P = Es el peso del tren en Toneladas

R<sub>r</sub> = Resistencia al rodamiento Kg/Ton.

R<sub>a</sub> = Resistencia a la aceleración Kg/ton

G = Porcentaje de pendientes a favor o en contra.

Esta fórmula es válida para vías rectas. En las curvas de fuerza de tracción necesaria se incrementa como sigue:

Para curvas de radio de 80 m aproximadamente 10 por ciento

Para curvas de radio de 40 m aproximadamente 25 por ciento

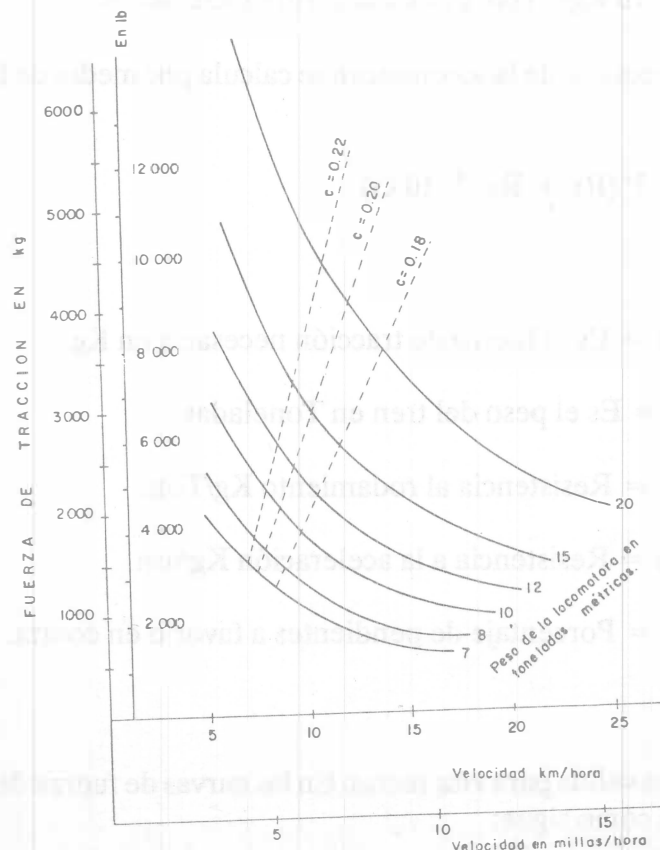
Para curvas de radio de 20 m aproximadamente 50 por ciento

Para curvas de radio de 10 m aproximadamente 75 por ciento

La fuerza de tracción máxima de la locomotora debe superar a la tracción necesaria por lo menos del 15 ó 20 por ciento.

### VELOCIDAD DE OPERACION

Una vez conocida la fuerza de tracción necesaria y con ayuda del diagrama de tracción vs velocidad de la locomotora, que forma parte de las especificaciones del fabricante, se puede conocer la velocidad de operación de la misma. Este dato es importante para planear y programar los transportes, de rezaga, concreto y/o cualquier otro tipo.



## TRANSITO EN RAMPAS

Cuando se usan rampas de pendiente superior a la que puede vencer la locomotora tratando de mover a un tren que se encuentre estacionado en ellas, el recurso que se tiene es el de hacer entrar el tren con velocidad a la rampa, de manera de aprovechar la energía cinética del mismo para ayudar a la locomotora.

Para determinar esta velocidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_1^2 = V_2^2 + \frac{2gd}{P} \left( \frac{P}{1000} (R_r + R_a + R_g) + cP_m/k \right)$$

para el sistema gravitacional M, K, S,

en donde:

d distancia en m

V1 Velocidad de entrada m/seg.

V2 Velocidad de salida m/seg.

g aceleración de gravedad 9.81 m/seg<sup>2</sup>

c coeficiente de tracción efectiva

Pm peso de la locomotora sobre las ruedas motrices en Kg

P Peso total del tren en Kg

Rr resistencia al rodamiento en kg/ton.

Ra resistencia a la aceleración en kg/ton.

Rg resistencia a la pendiente 10 G

G por ciento de pendiente %

K coeficiente para cumplir el que sea superada la tracción necesaria.

(1.2)

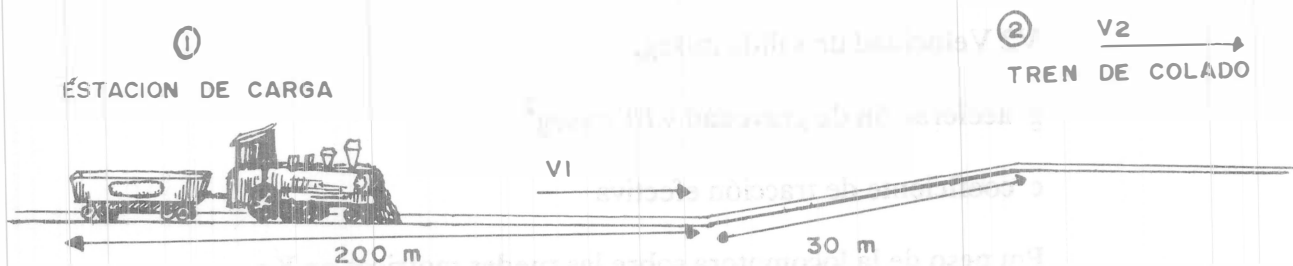
A continuación se plantea un ejemplo en el cual se explica el método a seguir para el cálculo del rendimiento de las locomotoras.

### EJEMPLO

Se necesita transportar concreto desde la estación de carga localizada en la lumbrera 1) hasta en tren de colados localizado cerca de la lumbrera (2) se utilizarán 4 carros por tren con capacidad de  $4.5 \text{ m}^3$  cada carro y con peso propio de 5670 Kg, se cuenta con locomotoras de 12 ton. Se han especificado condiciones de vía capaces de permitir el tránsito de los trenes hasta velocidades de 25 km/hr. La superficie de la vía estará limpia y húmeda por las condiciones ambientales del túnel.

El alineamiento es recto con una pendiente adversa de 0.2% y 200 m de longitud y con una rampa de acceso al tren de colados con 4% de pendiente adversa y una longitud de 30.5 m.

¿Que Producción tendrá el tren?



### SOLUCION

#### PESO DEL TREN

Peso propio de los carros = No. de carros x peso de cada carro por especificación  
= 4 carros x 5670 Kg carro = 22680 Kg.

Peso de la locomotora (peso por especificación) = 12,000 Kg.

Peso de la carga = No. carros x capacidad carro x peso volumetrico del concreto  
= 4 carros x 4.5 m<sup>3</sup> carro x 2200 kg/m<sup>3</sup> = 29,600 kg.

Por lo tanto el peso total es igual a: 22680 + 12000 + 39600 = 74280 Kg.

#### *OBTENCION DE LA FUERZA DE TRACCION MINIMA NECESARIA EN CADA TRAMO*

En el tramo de 0.2% considerando la aceleración = 0.1 m/s

$$F_n = P (R_r + R_a \pm 10 G) = 74,28 \text{ ton} \left[ \frac{10 \text{ Kg}}{\text{Ton}} + \frac{4 \text{ Kg}}{\text{Ton}} + 10 (0.2) \right] = 1189 \text{ Kg.}$$

En el tramo de rampa con 4% de pendiente (adversa)

$$F'_n = P (R_r + R_a \pm 10 G) = 74.28 \text{ Ton} \left[ \left( \frac{10 \text{ Kg}}{\text{Ton}} + \frac{4 \text{ Kg}}{\text{Ton}} + 10 (4) \right) \right] = 4012 \text{ Kg.}$$

#### *OBTENEMOS LA FUERZA DE TRACCION MAXIMA UTILIZABLE*

Para condiciones normales de vía C = 0.18 de la tabla de coeficientes de tracción efectiva para vía limpia y húmeda.

$$F_t = P \text{ locomotora} \times C = 12\,000 \text{ Kg} \times 0.18 = 2160 \text{ Kg.}$$

Como podemos observar al comparar la fuerza de tracción utilizable con las resistencias máximas, vemos que el tren puede transitar en el tramo de pendiente de 0.2% sin que patinen las ruedas, ya que 2160 > 1189 pero no en el caso de pendiente de 4% en el cual tenemos entre otras, 2 soluciones principales:

1.- Mejorar las condiciones de vía

2.- Entrar a la rampa con cierta velocidad

1.- Añadiendo arena a la vía, el coeficiente de tracción efectiva cambia a  $C = 0.22$  y por lo tanto la fuerza de tracción utilizable será:

$Ft' = 12000 \times 0.22 = 2640 \text{ Kg}$  (que aún no son suficientes para mover el tren en la rampa ya que  $3640 < 4012 \text{ Kg}$ )

2.- Suponiendo que queremos que al salir de la rampa en tren se mueva a una velocidad de  $1 \text{ Km/hr} = 0.278 \text{ m/s}$ .

$$V1^2 = V2^2 + 2gd \left( \frac{P}{1000} (Rr + Ra + Rs) + C Pm/K \right)$$

$$V1^2 = (0.278)^2 + \frac{2(9.81)(30.5)}{74280} \left[ \frac{(74.280)}{1000} (10 + 4 + 40) + \frac{(0.18 \times 12000)}{1.2} \right]$$

$$V1 = 6,84 \text{ m/s} = 24.5 \text{ Km/hr.}$$

Que se encuentra dentro de la  $V$  permisible, que es de  $25 \text{ Km/hr}$ , por lo tanto se escogerá esta opción que significa entrar a la rampa con una velocidad de  $24.5 \text{ Km/hr}$ .

Longitud del túnel =  $200 \text{ m}$

No. de carros =  $4$

Capacidad =  $4.5 \text{ m}^3/\text{carro}$

Capacidad de todo el tren = No. de carros  $\times$  cap./carro

Capacidad de todo el tren =  $4 \times 4.5 = 18 \text{ m}^3/\text{tren}$



### CALCULO DEL TIEMPO DEL CICLO

$T_c = (\text{tiempo de carga} + \text{tiempo descarga} + \text{tiempo ida} + \text{tiempo regreso})$ .

Tiempo de carga = Se supone un tiempo de carga de 40 seg/carro 4 carros x 40 seg/carro = 160 seg/tren

(Los tiempos de carga y descarga por carro incluyen el tiempo que tarda el tren en colocar cada carro en el sitio donde cargará o descargará).

Tiempo ida.- Entrando a la gráfica velocidad de operación - tracción mínima necesaria, con una fuerza de tracción necesaria de 1189 Kg, la velocidad de operación = 20 km/hr. Como esta velocidad no toma en cuenta variaciones por aceleraciones y desaceleraciones; la multiplicaremos por un factor de 0.8 para obtener velocidad media.

$V_{\text{media}} = 20 \times 0.8 = 16 \text{ km/hr}$  y el tiempo de ida en el tramo de 200 metros será:

$$t = \frac{d}{V} = \frac{200}{16000} \times 3600 = 45 \text{ seg.}$$

En la rampa la velocidad disminuye gradualmente de 24.5 Km/hr a 1 Km/hr utilizaremos la velocidad media entre estas dos para el cálculo del tiempo.

$$t = \frac{30.5}{12250} \times 3600 = 8.96 \text{ seg.}$$

Por lo tanto el tiempo total de ida será

$$T_{\text{ida}} = 45 + 8.96 = 53.96 \text{ seg.}$$

Tiempo de regreso = Como regresa descargado consideraremos que si alcanza la velocidad máxima de 20 Km/hr.

$$T = \frac{230}{20000} \times 3600 = 41.4 \text{ seg.}$$

Entonces el tiempo de ciclo queda:

$$T_c = 53.96 + 41.4 + 120 + 160 = 375.36 \text{ seg.}$$

Por lo tanto la producción teórica del tren es:

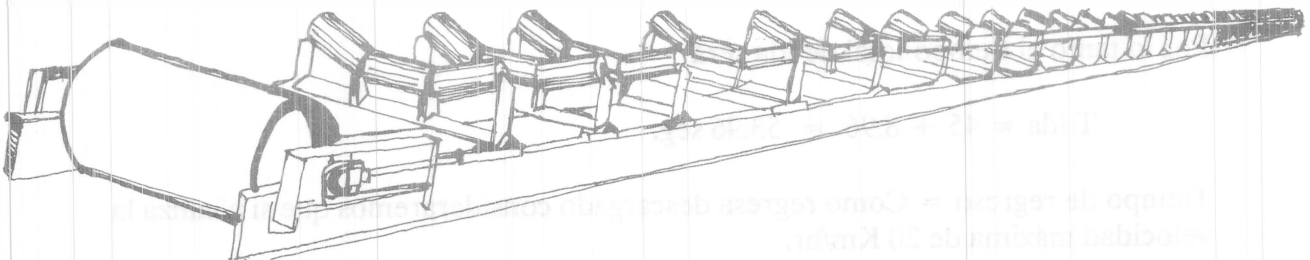
$$P_t = \frac{18 \text{ m}^3 \times 3600}{375.36 \text{ seg}} = 172.6 \text{ m}^3/\text{hr}$$

y aplicando un factor de eficiencia de 0.75

$$P_{\text{real}} = 172.6 \times 0.75 = 130 \text{ m}^3/\text{hr}$$

### II.7.3 BANDAS TRANSPORTADORAS

El transportador de banda es una máquina formada por una banda sinfín plana que sirve para transportar, elevar o distribuir materiales que se colocan en su cara superior. Opera entre una polea principal (motriz) y otra terminal (de retorno). Su carrera superior se apoya en grupos de tres rodillos, dispuestos de manera tal que le dan a la banda la forma de canal con lo cual la carga se centra y los derrames se reducen. La carrera inferior se apoya en rodillos planos, llamados de retorno, que a su vez descansan en una armazón o bastidor.



Los sistemas transportadores de banda varían desde unidades pequeñas, que se cargan con palas de mano, hasta unidades gigantescas que transportan millares de toneladas de material a lo largo de varios kilómetros.

Si se les compara con los camiones o motoescrepas se verá que tienen menor movilidad y flexibilidad, sin embargo, su aplicación resulta especialmente útil cuando es necesario mover grandes volúmenes de material a través de rutas

específicas o terrenos muy accidentados por los cuales sería muy complicado construir un camino, o bien cuando se deban elevar cargas con ángulos grandes respecto a la horizontal.

### *BANDA*

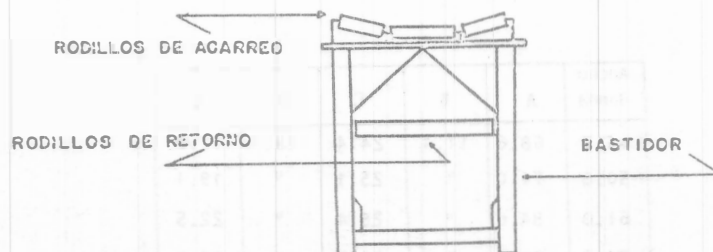
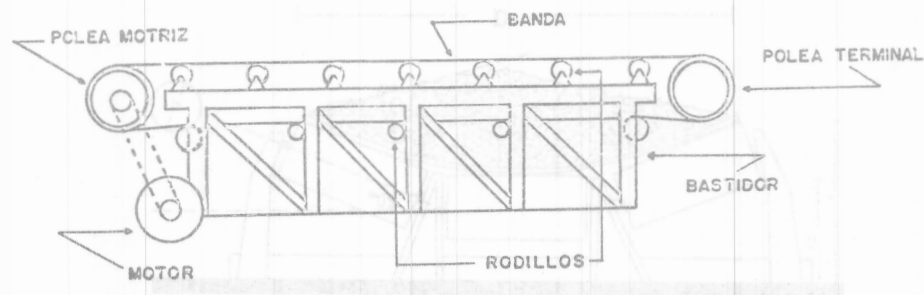
Es el elemento de mayor importancia y puede ser: de hule, para necesidades normales o metálica articulada para materiales pesados. se construyen en diferentes anchos y longitudes. No existe límite definido para la longitud de una banda. A medida que aumente la longitud de una banda se requerirá de una mayor superficie de fricción y por tanto de un tipo de construcción más resistente.

La resistencia de una banda la determinan el tipo de fibras y el número y disposición de capas que la componen. La cubierta de hule la protege del desgaste y la intemperie.

### *BASTIDOR*

El bastidor es una estructura de tipo seccional. Se emplean dos tramos extremos y tantos intermedios como resulte necesario.

Las estructuras de los bastidores pueden ser de dos formas: Estructuras portátiles y estructuras permanentes.



## PRODUCCION DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS

El rendimiento de un sistema de banda transportadora se puede calcular mediante la fórmula:

$$R = 60 A V p e$$

en donde:

R = Rendimiento, TPH

A = Area m<sup>2</sup>

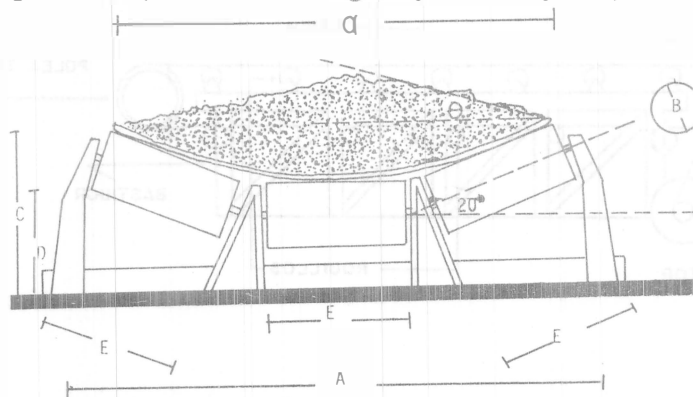
V = Velocidad de la banda, m/min.

p = Peso específico del material ton/m<sup>3</sup>

e = Factor de eficiencia

La mayor parte de las bandas que transportan materiales se acanalan de tal forma que el centro quede más bajo que los bordes. Los rodillos laterales de los apoyos, generalmente, tienen una inclinación de 20°. Sin embargo, existe la tendencia a utilizar inclinaciones mayores, pudiéndose utilizar ángulos de 35° y 45° para aumentar la carga y/o reducir los derrames.

El aumento en el ancho de la banda trae como consecuencia el aumento en cada uno de los componentes del transportador, de tal forma que las variables más relevantes en la determinación de la producción de una banda transportadora, una vez elegido el ancho, resultan ser la velocidad del sistema y el peso específico del material transportado. (Obsérvese la figura y tabla adjunta).



Ancho Banda	A	B	C	D	E
45.7	68.6	11.4	24.4	18.1	17.3
50.8	74.0	"	25.1	"	19.1
61.0	84.0	"	26.4	"	22.5
76.2	99.0	"	28.1	"	27.8
91.4	114.3	"	30.0	"	33.0

MEDIDAS EN CM.

Quando se conocen las condiciones de trabajo se puede calcular la tensión de la banda, con el fin de seleccionar aquella que sea capaz de transmitir la fuerza del sistema motriz y resistir el impacto en el punto de carga y transportarla sin movimiento excesivo.

En algunas ocasiones es la resistencia al impacto, más que la resistencia a la tensión, el factor que determina las características de la banda que debe ser utilizada.

Así para el transportador mostrado en la fig., la potencia total requerida para girar la banda se obtiene como la suma de las potencias para:

- a) Girar la banda vacía (X)
- b) Mover la carga en sentido horizontal (Y)
- c) Mover la carga en sentido vertical ( $\pm Z$ ) Este valor será positivo o negativo según sea la inclinación de la banda.

Para calcular cada una de las potencias anteriores se pueden utilizar (SMD) las siguientes expresiones:

$$X = \frac{G F_x S L_c}{4600}$$

$$Y = \frac{F_y C L_c}{274}$$

$$BHP = X + Y \pm Z$$

$$Z = \frac{H C}{274}$$

Una vez calculada la potencia total requerida, la tensión máxima de operación ( $T_m$ ) se obtiene como la suma de las tensiones efectivas ( $T_e$ ) y del lado de retorno ( $t_2$ ), las cuales se pueden calcular mediante las expresiones:

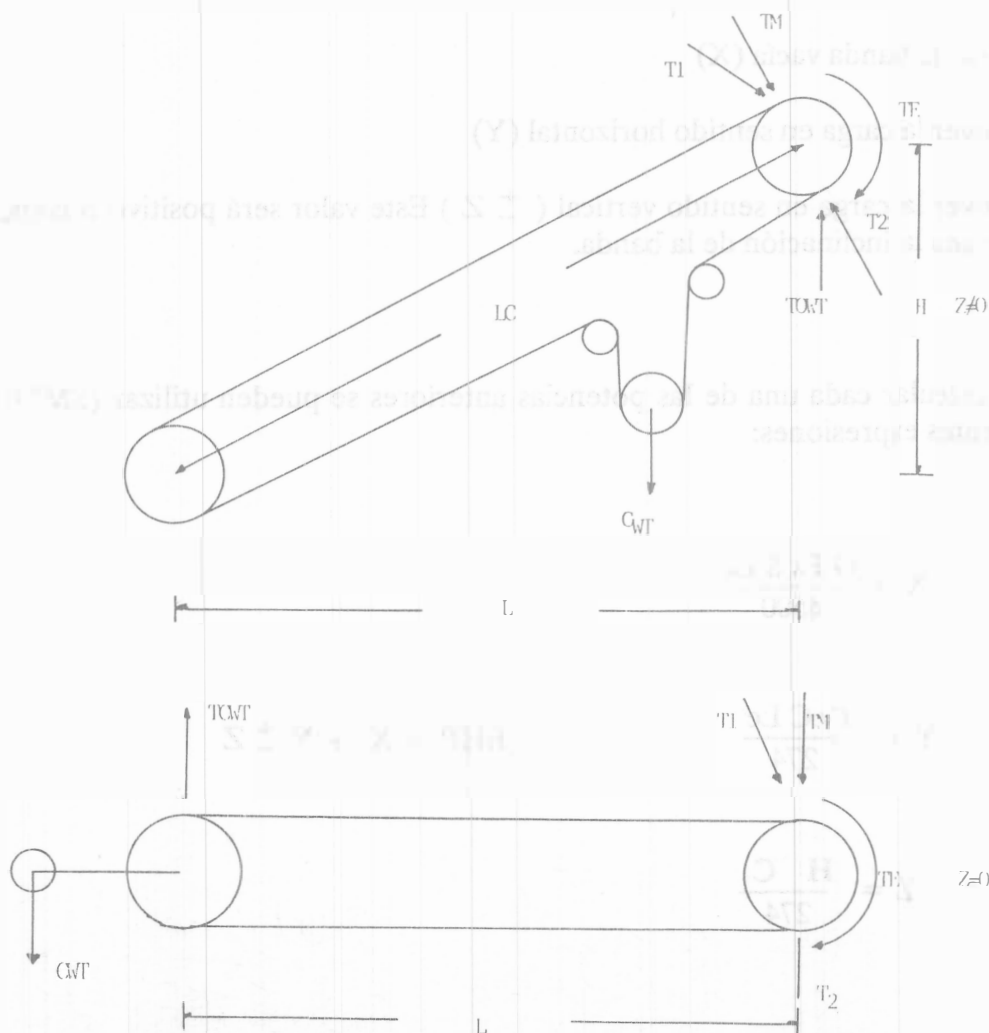
$$T_e = \frac{\text{BHP (4563)}}{S}$$

$$T_m = T_e + T_2$$

$$T_2 = K t_e$$

Para fines de diseño la tensión máxima de operación se transforma en tensión unitaria dividiéndola entre el ancho de la banda. A esta tensión, así obtenida, se le da el nombre de tensión unitaria o de diseño ( $T_r$ ).

### SIMBOLOS DE UN TRANSPORTADOR



Significado de los símbolos de la figura.

$T_m$  = Tensión máxima de trabajo (kg)

$T_e$  = Tensión efectiva (kg)

$T_1$  = Tensión del lado apretado (kg)

$T_2$  = Tensión del lado flojo (kg)

$T_{cwt}$  = Tensión de la banda en el punto del tensor (kg)

$T_r$  = Tensión de diseño (kg/cm)

$C_{wt}$  = Contrapeso del tensor de la banda (kg)

$L_c$  = Distancia ajustada entre centros (m)

$L$  = Distancia entre centros (m)

$G$  = Factor de peso. Depende del ancho de la banda y representa el peso por unidad de longitud de distancia entre centros de las partes móviles del transportador. (kg/m)

$F_x$  = Factor de fricción de las partes rodantes

$F_y$  = Factor de fricción de las partes rodantes

$S$  = Velocidad de la banda

$H$  = elevación entre puntos de carga y descarga (m)

$C$  = Capacidad de la banda.

$BHP$  = Potencia total requerida (HP)

$K$  = Factor motriz. Depende del área de contacto, tipo de tensor y superficie de poleas.

$a$  = Ancho de banda

$Fr$  = Frecuencia o ciclo (2L/S)

$H_b - 0.453$

$12.6 \frac{m}{min} \left( \frac{H_b}{0.504} \right)$

## EJEMPLO

Se desea seleccionar el tipo de banda más adecuado para operar bajo las siguientes condiciones.

### CONDICIONES

Ancho de banda, 76.2 cm.

Distancia entre centros 175 m.  $121.9$

Elevación entre puntos de carga y descarga. 22.6 m.

Velocidad de la banda. 121.9 m/ min.  $(\frac{0.204}{1.17} = 2.11)$

Material: piedra caliza menor de 15.2 cm., de diámetro, con 80% a 90% de finos y peso específico de  $1522 \text{ kg/m}^3$

Carga máxima por hora, 455 toneladas métricas.

Tipo de Transmisión polea motriz sencilla revestida y colocada en el punto de descarga.

Arco de contacto,  $210^\circ$

Diámetro de poleas, cabeza = 61 cm., cola = 51 cm., doblar y de arco = 41 cm.

Diámetro de rodillos = 15 cm.

Inclinación de rodillos,  $20^\circ$

Empalme de grapas.

ajuste de contrapeso cerca de la polea motriz

### SOLUCION

1.- Calculemos la potencia necesaria. (los valores de G, Lc, Fx y Fy se obtiene de las tablas que aparecen anexadas al final de esta sección).



$$X = \frac{GF \times SLc}{4600} = \frac{57 \times 0.03 \times 121.9 \times 131.3}{4600} = 5.94 \text{ HP}$$

$$Y = \frac{Fy \times CLc}{274} = \frac{0.04 \times 455 \times 131.3}{274} = 8.72 \text{ HP.(\#)}$$

$$Z = \frac{HC}{274} = \frac{22.2 \times 455}{274} = 37.52 \text{ HP}$$

$$\text{BHP} = 5.94 + 8.72 + 37.52 = 52.2$$

2.- Con esta potencia calcular la tensión máxima (El valor de K se obtiene de la tabla también anexada a esta sección).

$$T_e = \frac{\text{BHP (4563)}}{S} = \frac{52.2 \times 45.63}{121.9} = 1953.56 \text{ kg.}$$

$$T_2 = K T_e = 0.38 \times 1953.56 = 742.35 \text{ kg}$$

$$T_m = 1953.56 + 742.35 = 2696 \text{ Kg.}$$

$$T_r = \frac{2696}{76.2} = 35.38 \text{ kg/cm de ancho}$$

3.- Para seleccionar la banda apropiada se deben considerar los siguientes factores:

3.1) Resistencia suficiente para soportar la tensión máxima calculada.

3.2) Flexibilidad transversal para que aún sin carga la banda se conforme lo mejor posible a los rodillos.

3.3) Cuerpo suficiente para resistir el impacto en el punto de carga y transportarla suavemente.

3.4) Flexibilidad longitudinal para que la banda flexione correctamente sobre las poleas.

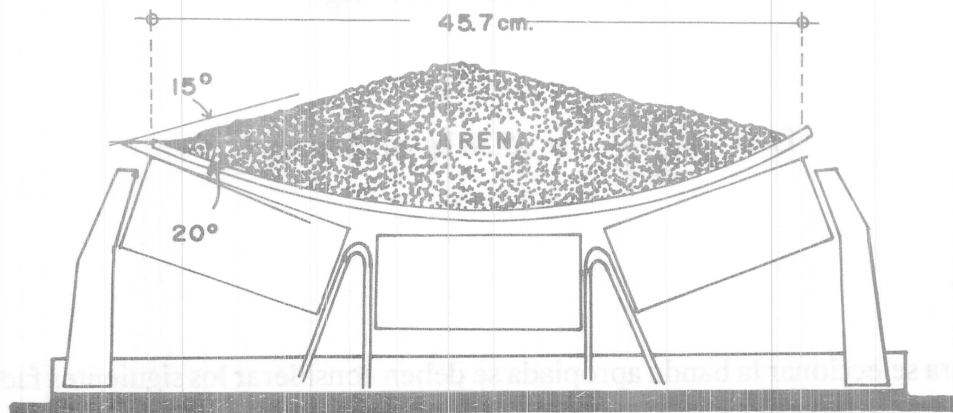
3.5) Cubiertas que resistan el impacto, el corte y la abrasión. El servicio al que ha de ser destinada y la frecuencia con que ésta pasa por el punto de carga, determinan el espesor y calidad de las cubiertas. Es fácil advertir que una banda corta requerirá cubiertas más gruesas que una banda larga.

Para el ejemplo desarrollado una banda de 4 lonas NYFIL 42-S, con cubierta superior de 4.8 mm., e inferior de 2.4 mm., satisfecería plenamente los requisitos anteriores.

( # ) Verifique en las tablas si la banda tiene capacidad suficiente para transportar el material. De acuerdo a las tablas de capacidad máxima es de 567 TPH

## EJEMPLO

Calcular el rendimiento de una banda transportadora que se mueve a una velocidad de 74 metros por minuto, transportando un material cuyo peso específico es de  $1600 \text{ kg/m}^3$ , teniendo la banda un ancho de 45.7 cm y una eficiencia de 80%. Angulo de los rodillos  $15^\circ$ .



**CORTE TRANSVERSAL DEL MATERIAL.**

## DATOS

$$R = ?$$

$$A = ?$$

$$p = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 74 \text{ m/min.}$$

$$E = 0.80$$

$$a = 45.7 \text{ cm.}$$

## SOLUCION

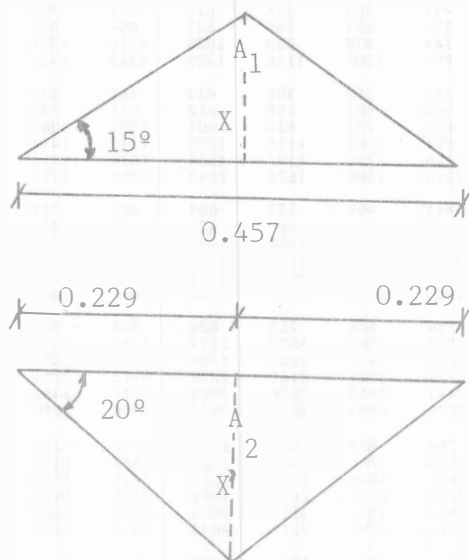
### a) Calculo de Area

material: Arena seca

Consultando la tabla de ángulo de inclinación recomendados obtenemos los grados de inclinación. Arena seca =  $15^\circ$  Con un ancho de banda de 45.7 cm y deduciendo de la figura tenemos los siguientes datos.

$$\text{Peso del material} = 1600 \text{ Kg m}^3$$

$$\text{Velocidad de la banda} = 74 \text{ m min.}$$



De la figura

$$\tan 15^\circ = \frac{x}{0.229}$$

$$x = 0.061$$

$$A_1 = 0.0139 \text{ m}^2$$

$$\tan 20^\circ = \frac{x}{0.229}$$

$$x^1 = 0.033$$

$$A^2 = 0.019$$

$$A = A_1 + A_2 = 0.0329 \text{ m}^2$$

Por lo tanto la producción será:

$$R = 60 \times 0.0329 \times 1.6 \times 74 \times 0.8$$

$$R = 136.97 \text{ TPH}$$

# Tabla

## Capacidad de carga (C) Sistema Métrico

La capacidad máxima de la banda depende del diseño del punto de carga, tipo de material, velocidad de la banda y peso del material.

Ancho de la Banda-Cmts.	Peso del Material Kg./M. <sup>3</sup>	Capacidad en Toneladas Métricas por Hora															
		Velocidad de la Banda — Metros por minuto															
		15.2	30.5	45.7	61.0	76.2	91.0	106.7	121.9	137.2	152.4	167.6	182.9	198.1	213.4		
30.4	560	3.6	7.3	11	15	18	22										
	800	5.4	11	15	21	26	32										
	1200	8	15	24	32	39	47										
	1600	11	21	32	42	53	63										
	2000	13	25	39	53	65	78										
	2400	15	32	47	63	78	94										
45.7	560	9	17	26	35	44	52	61	69								
	800	13	25	37	49	62	74	86	99								
	1200	18	37	55	74	93	111	130	148								
	1600	25	49	74	99	123	148	172	197								
	2000	31	62	93	123	154	185	216	247								
	2400	37	74	111	148	185	221	259	296								
61.0	560	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160						
	800	23	45	69	92	114	137	160	183	206	229						
	1200	35	69	103	137	171	206	240	274	308	341						
	1600	45	92	137	183	229	274	320	366	412	458						
	2000	57	114	171	229	286	343	400	458	512	571						
	2400	69	137	206	274	343	412	481	549	617	685						
76.2	560	26	53	78	104	131	157	182	209	235	261	287	313	339	366		
	800	37	74	112	149	186	223	261	298	336	373	410	447	485	522		
	1200	55	112	167	223	279	335	391	447	503	558	617	671	726	785		
	1600	74	149	223	298	373	447	522	594	671	744	821	894	971	1043		
	2000	93	186	279	373	467	558	653	744	839	930	1025	1116	1211	1306		
	2400	112	223	336	449	558	671	785	894	1007	1116	1229	1343	1451	1566		
91.0	560	39	78	117	156	195	235	273	313	352	391	430	467	508	549		
	800	56	112	168	223	279	335	391	446	503	558	612	671	726	785		
	1200	83	168	253	335	419	503	585	671	753	839	921	1007	1089	1175		
	1600	112	223	335	446	558	671	780	894	1007	1116	1229	1343	1451	1565		
	2000	140	279	419	558	699	839	980	1116	1256	1397	1538	1678	1814	1955		
	2400	168	335	503	671	839	1007	1175	1343	1506	1678	1842	2009	2177	2345		
106.6	560	55	111	166	221	277	332	387	443	499	553	608	662	721	776		
	800	79	158	237	316	396	476	553	635	712	789	871	948	1025	1107		
	1200	119	237	356	472	594	712	830	948	1066	1188	1306	1424	1542	1660		
	1600	158	316	476	635	789	948	1107	1266	1424	1578	1737	1896	2055	2214		
	2000	198	396	594	789	989	1188	1383	1578	1778	1978	2173	2372	2567	2767		
	2400	237	476	712	948	1188	1424	1660	1896	2132	2372	2608	2844	3084	3320		
122.0	560	75	150	225	300	375	450	526	599	676	753	826	898	975	1052		
	800	107	214	321	428	535	644	753	857	966	1070	1179	1288	1393	1501		
	1200	161	321	481	644	803	966	1125	1288	1447	1606	1769	1928	2087	2250		
	1600	214	426	644	857	1070	1288	1501	1715	1928	2141	2359	2572	2785	2998		
	2000	268	535	803	1070	1338	1606	1873	2141	2413	2676	2948	3211	3484	3751		
	2400	321	644	966	1288	1606	1928	2250	2572	2894	3211	3533	3856	4178	4500		
137.6	560	98	197	295	394	490	590	689	789	885	984	1084	1179	1279	1379		
	800	141	281	422	562	703	844	984	1125	1266	1406	1547	1687	1828	1969		
	1200	210	422	635	844	1052	1266	1479	1687	1896	2109	2318	2531	2740	2953		
	1600	281	562	844	1125	1406	1687	1969	2250	2531	2812	3093	3375	3656	3937		
	2000	351	703	1052	1406	1760	2109	2458	2812	3162	3515	3865	4218	4568	4917		
	2400	422	844	1266	1687	2109	2531	2953	3375	3797	4218	4640	5062	5479	5901		
152.4	560	126	251	377	503	630	753	880	1007	1134	1256	1383	1510	1633	1760		
	800	180	359	540	717	898	1080	1256	1438	1615	1796	1978	2155	2336	2513		
	1200	269	540	807	1080	1347	1615	1887	2155	2427	2694	2962	3234	3502	3774		
	1600	359	717	1080	1438	1796	2155	2513	2876	3234	3592	3951	4309	4672	5030		
	2000	449	898	1347	1796	2245	2694	3143	3592	4041	4491	4940	5389	5838	6287		
	2400	540	1080	1615	2155	2694	3234	3774	4309	4849	5389	5928	6468	7003	7543		

## ANGULOS MAXIMOS DE INCLINACION RECOMENDADOS PARA TRANSPORTAR MATERIALES A GRANEL

M A T E R I A L	GRADOS DE INCLINACION
Cemento suelto "Portland"	22
Carbón antracita no clasificado	16
Carbón bituminoso no clasificado	18
Carbón bituminoso clasificado	16
Carbón bituminoso suelto	20
Coque clasificado	18
Coque en polvo	20
Concreto normal	15
Concreto mojado	12
Tierra suelta	20
Vidrio quebrado	21
Grano entero	15
Grava de cantera	20
Grava clasificada lavada	12
Grava clasificada sin lavar	15
Yeso en polvo	23
Cal en polvo	23
Troncos	10
Mineral finamente molido	20
Mineral en pedazos y finos revueltos	18
Mineral clasificado	16
Paquetes con caras planas sobre la lona o sobre una cubierta de hule terso	16
Roca finamente molida	20
Roca fina y en piedra	18
Roca clasificada	16
Sal	20
Arena Mojada	20
Arena seca	15
Arena templada	24
Azufre en polvo	23
Astilla de madera	26

*Azúcar en polvo Sulfato de magnesio*

NOTA: Si el material está mojado, los ángulos inclinados en esta tabla deberán reducirse. Para inclinaciones muy acentuadas se recomienda bajar la velocidad de la banda y cargarla completamente.

FACTORES DE FRICCIÓN

	Equipo Nuevo	Equipo Usado
Fx	0.03	0.035
Fy	0.04	0.045

FACTORES DE LONGITUD

Lc = 0.55 L + 35.06												
L	7.6	30.5	53.3	99.1	121.9	144.8	167.6	190.5	213.4	236.2	259.1	281.9
Lc	39.3	51.8	64.4	89.6	102.1	114.7	127.2	139.8	152.4	165.0	177.6	190.1

FACTOR DE PESO "G" (kg/cm)

Ancho de banda (cm)	Servicio Liviano rodillos de 10 cm.	Serv. Regular rodillos de - 12.7 cm.	Serv. Regular rodillos de - 15 cm.	Servicio pesado 7 a 10 capas rodillos de 15.2 a 17.8 cm.
35.6	18	21		
40.6	21	22	30	
47.5	22	25	33	
50.8	24	27	37	
61.0	28	36	45	48
76.2	37	46	57	67
91.4	43	55	70	86
106.7	51	64	82	106
121.9		71	95	125
137.0			107	145
152.8			120	164

CAPACIDAD A LA TENSION PARA BANDAS CON EMPALME

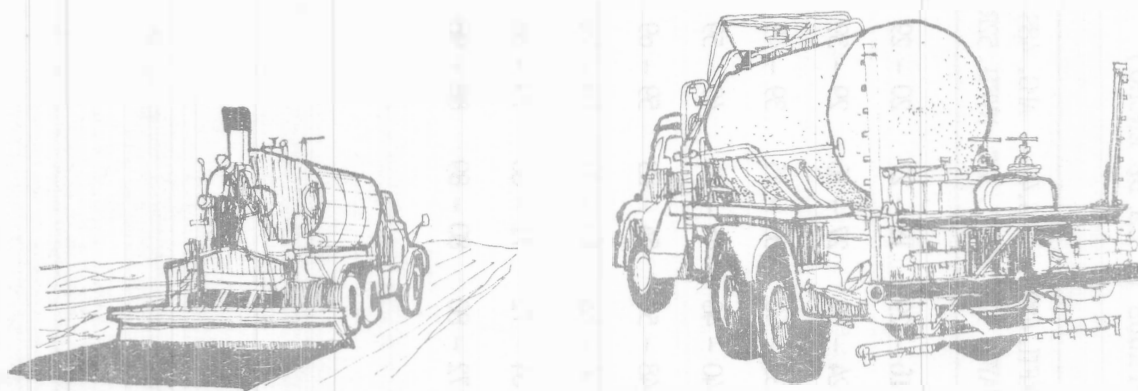
ENGRAPADOS (K/cm DE ANCHO)

LONAS	MATERIAL	ALGODON	ALG. 28	ALG. 36	NYFIL 32S	NYFIL 42S	ALG.42	ALG. 48S	NYFIL 52S	NYFIL 65 R	NYFIL 75R
		28	NYFIL 28S	RAYON 40	RAYON 40R	RAYON 52R	NYFIL 32S	NYFIL 52R	NYFIL 48S		
3		9 - 13	11 - 16	13 - 19	14 - 21	16 - 29	18 - 27	20 - 29	21 - 32	23 - 35	27 - 40
4		13 - 18	16 - 21	19 - 25	21 - 29	24 - 32	27 - 36	29 - 39	32 - 43	35 - 96	40 - 54
5		18 - 22	21 - 27	25 - 31	29 - 36	32 - 40	36 - 45	39 - 49	43 - 54	46 - 58	54 - 67
6		22 - 27	27 - 32	31 - 38	36 - 43	40 - 48	45 - 54	49 - 59	54 - 64	58 - 70	67 - 80
7		27 - 31	32 - 38	38 - 44	43 - 50	48 - 56	54 - 63	59 - 69	64 - 75	70 - 81	80 - 94
8		31 - 36	38 - 43	44 - 50	50 - 57	56 - 64	63 - 71	69 - 79	75 - 86	81 - 93	94 -107
9		36 - 40	43 - 48	50 - 56	57 - 64	64 - 72	71 - 80	79 - 88	86 - 96	93 -105	107 -121
10		40 - 45	48 - 54	56 - 63	64 - 71	72 - 80	80 - 89	88 - 98	96 -107	105 -116	121 -134

## II.8 PETROLIZADORA

La petrolizadora de presión es una máquina importante dentro del equipo para la construcción. Se utiliza para la aplicación de riego de asfaltos rebajados o emulsiones asfálticas, ya sea para mezclar en el camino, riego de impregnación, de liga, o carpetas asfálticas.

Esta máquina debe regar el producto asfáltico sobre el camino en cantidades exactas, y durante todo el tiempo que dure la carga de la petrolizadora debe conservar la misma cantidad de riego sin que varíe ésta por cambios de pendiente o de dirección del camino.



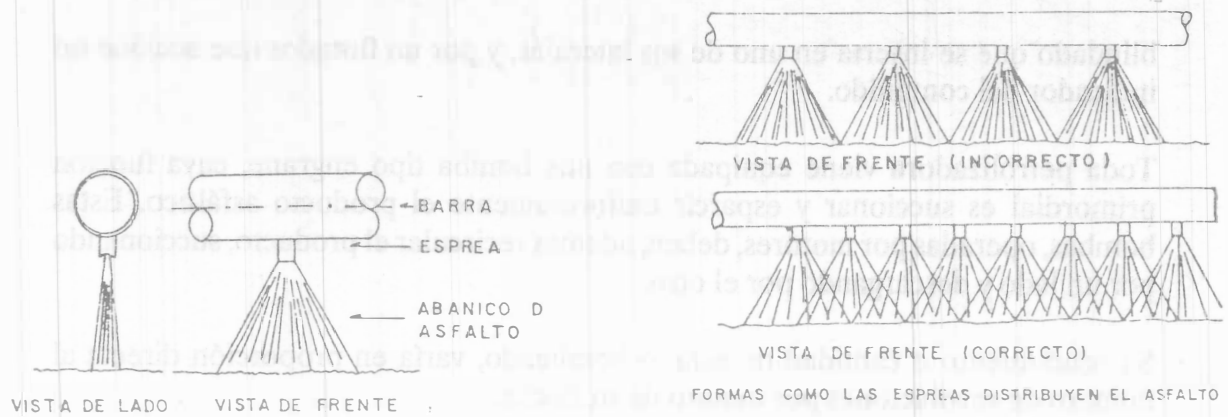
Consta básicamente de un chasis de camión común y corriente con su motor y su caseta, sobre el cuál va montado un tanque termo con rompeolas y con un motor que accione una bomba para líquidos pesados.

De la parte posterior del tanque, sale un sistema de tubos articulados unos con otros que terminan en una tubería, donde van atornilladas unas pequeñas espreas a válvulas atomizadoras. A este sistema de tubos se les llama barras de riego.

Están articuladas con objeto de poderse subir y bajar o deslizarse hacia los costados del camión, estos movimientos se les dan por medio de pequeños malacates y cadenas ó con gatos hidráulicos.

El tanque termo está equipado con quemadores de gas o de petróleo que calientan a una serpentín que a su vez calienta el asfalto. Los quemadores generalmente son 2 y van en la parte posterior del tanque también viene equipado con un termómetro





El riego depende de la cantidad de asfalto bombeado por minuto y del desplazamiento del vehículo en m/s, así como del tamaño de la barra de distribución.

Para la correcta aplicación del asfalto, debe adaptarse a las petrolizadoras un tacómetro que mida la velocidad de desplazamiento en pies o metros por segundo.

Para calcular la producción de una petrolizadora, se debe tener en cuenta, la velocidad de la máquina, así como el largo de la barra espaciadora de asfalto con que se cuenta, y eficiencia de la máquina.

### *PRODUCCION DE PETROLIZADORA*

la fórmula es:

$$R = V \times L \times E$$

donde:

V = Velocidad de la máquina.

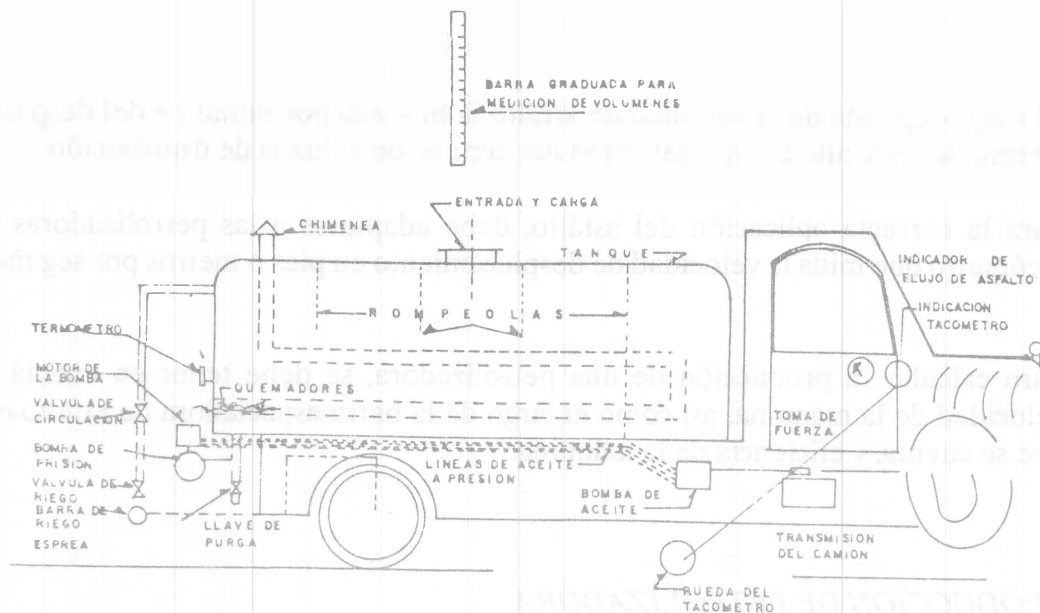
L = Largo de la barra espaciadora de asfalto.

E = eficiencia de la máquina.

blindado que se inserta en uno de sus laterales, y por un flotador que accione un indicador del contenido.

Toda petrolizadora viene equipada con una bomba tipo engrane, cuya función primordial es succionar y esparcir uniformemente el producto asfáltico. Estas bombas, operadas por motores, deben, además recircular el producto, succionando por un lado y descargando por el otro.

Su rendimiento o cantidad de asfalto bombeado, varía en proporción directa al número de revoluciones por minuto de su flecha.



CROQUIS DE UNA PETROLIZADORA

### *BARRAS DISTRIBUIDORAS.*

En el extremo final del tanque existe un sistema de barras de riego y boquillas a través de ella cuando no se este regando. La longitud mínima de esta barra debe ser de 3m, y en los modelos más grandes puede cubrir hasta 8m, de una sola pasada si la capacidad de la bomba es suficiente. En el tanque debe existir un termómetro adecuado para determinar la temperatura del contenido, también debe existir una conexión para una manguera con barra de riego con boquilla sencilla o doble para regar zonas del camino que no puedan alcanzarse con la barra regadora, así como para hacer llegar una corriente de asfalto a cualquier punto que se desee en el sellado inferior de losas de pavimentos rígidos.

Para evitar desperdicios, al cortar el riego, la bomba debe succionar el asfalto de las barras para que no continúe derramándose por gravedad.

A continuación se presenta un problema para visualizar, el cálculo de la producción de una petrolizadora.

### EJEMPLO

Calcular el rendimiento de la petrolizadora que se mueve a 15,000 m/hora y tiene una barra de 3.50 m. con una eficiencia del 75%, y en cuanto tiempo regará una carpeta de 15 m. de ancho y 30 Km. de longitud.

### SOLUCION

El rendimiento sera:

$$R = 15,000 \text{ m/hora} \times 3.50 \text{ m.} \times 0.75 = 39,375 \text{ m}^2/\text{hora}$$

### AREA POR REGAR

$$30,000 \text{ m.} \times 15 \text{ m.} = 450,000 \text{ m}^2.$$

El trabajo lo realizará la petrolizadora en:

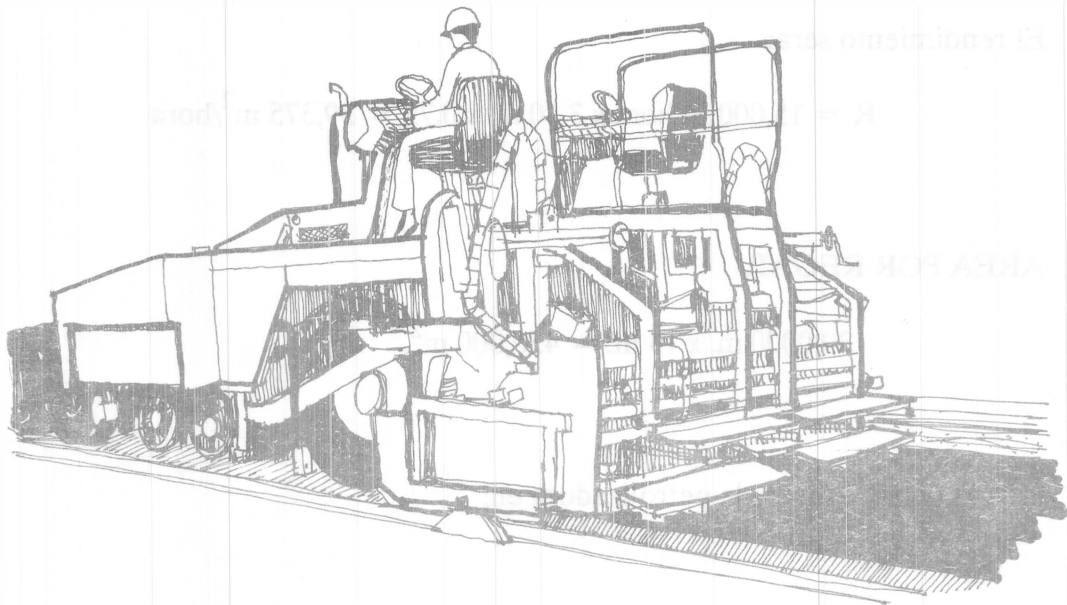
$$\frac{450,000 \text{ m}^2}{39,375 \text{ m}^3/\text{hora}} = 11.42 \text{ hrs.}$$

## II.9 COLOCADORAS DE MEZCLA ASFALTICA

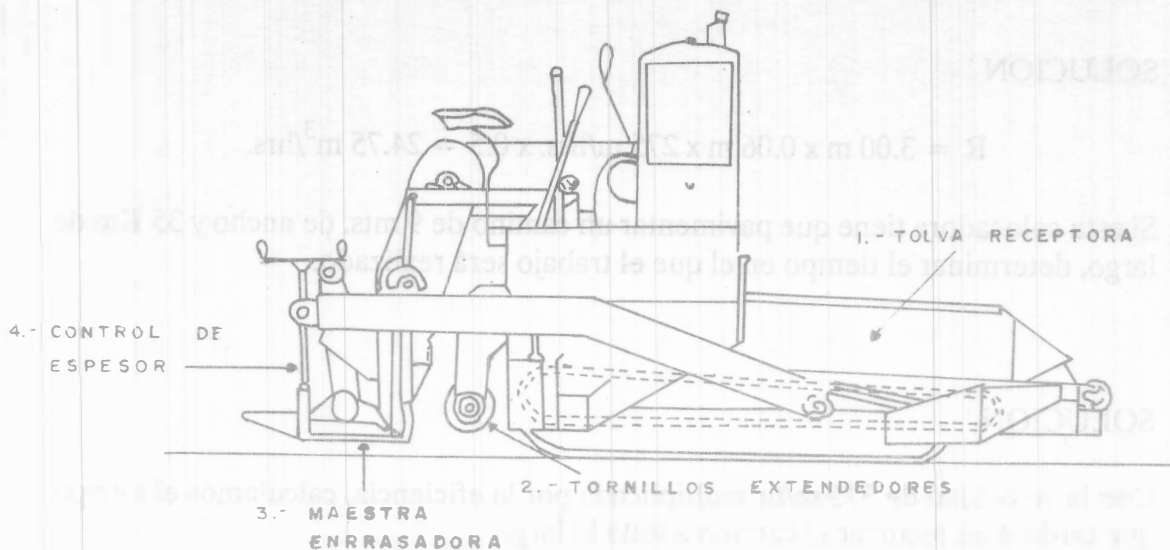
Se le da el nombre de extensoras, afinadoras o pavimentadoras aquellas máquinas proyectadas para el tendido de mezclas asfálticas.

Están compuestas básicamente de un tractor que transporta los materiales de pavimentación asfáltica desde una tolva receptora a través de dos alimentadores de listones y dos tornillos extensores sin fin, hasta la parte delantera de una maestra enrasadora flotante, que es una autoniveladora que va remolcada y algunas máquinas cuentan con el equipo de quemadores para el mejor manejo del asfalto.

Las espaciadoras de asfalto pueden estar propulsadas sobre orugas o neumáticos, y la potencia se obtiene de un motor de gasolina o de diesel.



En el funcionamiento, el camión de volteo descarga el material sobre la tolva receptora de autovaciado, que es accionada por medio de un sistema hidráulico y el material se centra en los alimentadores de listones que se encargan de transportar el material hasta los tornillos sin fin, colocados en la parte inferior de la máquina, estos tornillos tienen la función de esparcir el material sobre el terreno para que sea aplanado por la maestra enrasadora. La unidad tractora a medida que se desplaza a lo largo de la base a pavimentar, remolca la maestra enrasadora mediante sus brazos niveladores, que regulan el espesor de la capa de rodadura. El material es pasado debajo del borde delantero de la maestra enrasadora y es comprimido para proporcionar una capa de rodadura uniformemente compactada.



En el mercado es posible encontrar colocadoras de mezcla asfáltica que varía desde 35 hp. a 140 hp. y dependiendo de los accesorios que se instalen pueden variar sus anchos de pavimentación de 1.83 a 10.97 m. y con espesores de 6 mm. a 305 mm.

### LA PRODUCCION DE COLOCADORAS DE MEZCLA ASFALTICA

La fórmula aplicable será:

$$R = A \times e \times V \times E.$$

en donde:

A = Ancho de la máquina en metros

e = Espesor de la carpeta asfáltica en metros

V = velocidad en metros por hora

E = Eficiencia no sólo de la máquina sino del conjunto, puesto que existen tiempos muertos por la colocación de los camiones que transportan la mezcla asfáltica.

### PROBLEMA

Calcular el rendimiento de una colocadora de pavimento asfáltico que tiene un ancho de 3.00 mts., la carpeta un espesor de 0.06 mts. una velocidad de 275 m/hr. y una eficiencia del conjunto del 50%.

## SOLUCION

$$R = 3.00 \text{ m} \times 0.06 \text{ m} \times 275 \text{ m/hrs.} \times 0.5 = 24.75 \text{ m}^3/\text{hrs.}$$

Si esta colocadora tiene que pavimentar un camino de 9 mts. de ancho y 35 Km de largo, determinar el tiempo en el que el trabajo será realizado.

## SOLUCION

Con la velocidad de 375 m/hr multiplicada por la eficiencia, calculamos el tiempo que tardará en recorrer el camino a todo lo largo,

$$\frac{35\,000 \text{ m}}{0.5 \times 275 \text{ m/h}} = 254.54 \text{ hr.}$$

multiplicando éste resultado por 3 para cubrir completamente el ancho del camino

$$254.54 \times 3 = 763.63 \text{ hrs.}$$

es decir, el trabajo se realizará en 764 hrs.

## OTRA FORMA DE RESOLVERLO

Obtenemos el volumen total de la carpeta

$$35\,000 \text{ m} \times 0.06 \text{ m} \times 9 \text{ m} = 18\,900 \text{ m}^3$$

y lo dividimos por la producción

$$18\,900 \text{ m}^3 / 24.75 \text{ m}^3/\text{hr} = 763.63 \text{ hrs.}$$

## II.10 EQUIPO DE BARRENACION

En este capítulo llamado "equipo de barrenación" se abarcan los compresores, las herramientas neumáticas e hidráulicas, así como sus accesorios y equipos auxiliares. Al decir barrenación, o barrenos se está hablando de la horadación del terreno practicada por medio de herramientas manuales y/o mecánicas, con la finalidad de hacer barrenos destinados a alojar explosivos para aflojar roca, cuando esta no puede ser económicamente aflojada y excavada por medio de otros dispositivos y herramientas.

Es muy común confundir la palabra barrenación definida en el párrafo anterior, con perforación; perforar es practicar la horadación del terreno con la finalidad de formar hoyos o agujeros que servirán para usos más permanentes, como en el caso de perforaciones para explotación de petróleo, perforaciones destinadas a obtener muestras de roca y/o tratar a éstas por medio de procedimientos especiales con la finalidad de mejorar sus cualidades mecánicas, para anclajes, para alojar cables, para ventilación, etc.

Eventualmente, cuando así convenga, una misma máquina puede ser empleada en trabajos de barrenación o en la ejecución de perforaciones; pero como quedó antes señalado la barrenación es exclusivamente destinada a alojar explosivos y fragmentar las rocas.



### II.10.1 AIRE COMPRIMIDO

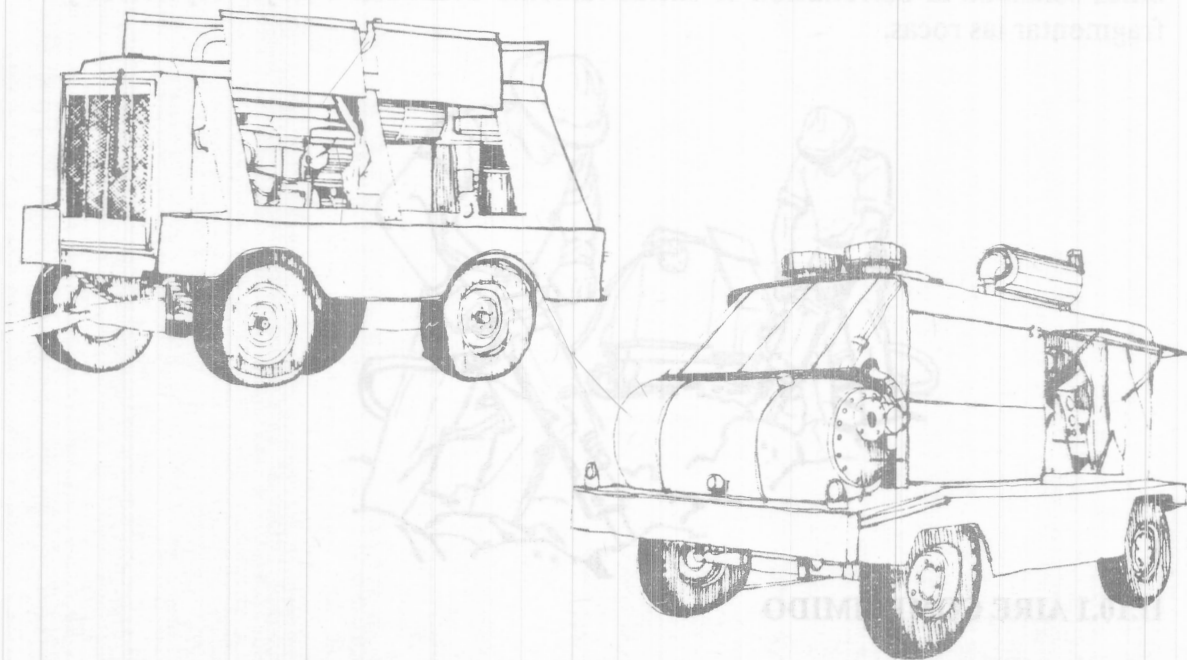
El aire comprimido es el aire atmosférico sometido a una compresión más o menos fuerte, para que a la salida nos de la presión que sea necesaria en diversas aplicaciones. Esta energía se produce en unas máquinas llamadas compresores. Estos tienen varios propósitos, como son:

- Transmitir potencia
- Proveer aire para combustión
- Transportar y distribuir gas
- Circular gases durante un proceso
- Para acelerar reacciones químicas

En este caso, lo más interesante es el de transmitir potencia a través de un sistema de aire comprimido para mover herramientas de perforación.

Sus partes esenciales son: El motor, el compresor y el tanque de aire, que sirve para regular la descarga. La transportación del aire comprimido se puede realizar con tubos de acero, unidos mediante conexiones a mangueras.

La capacidad de los compresores se refiere al flujo del aire o gas comprimido, entregado de acuerdo a las condiciones de temperatura, presión atmosférica y composición del aire a la entrada del compresor.



Dependiendo del tipo y forma en que se comprime el aire y considerando que pueden ser de uno, dos o más pasos, los compresores se clasifican como sigue:



## *COMPRESORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO*

### **Compresores Reciprocantes.**

Los compresores reciprocantes dependen de un pistón, que se mueve hacia atrás y hacia adelante en un cilindro, para efectuar la compresión del aire. El pistón puede comprimir al moverse en una o en dos direcciones, para el primer caso se llama de simple acción y para el segundo como de doble acción, el compresor puede tener uno o más cilindros.

### **Compresores Rotatorios.**

Estos compresores son parecidos a los compresores reciprocantes. La diferencia principal está en que los compresores rotatorios funcionan con un impulsor rotatorio que fuerza el paso del aire, a través de una cámara curvada de confinamiento, para comprimirlo a una presión mayor, además de trabajar a mayor velocidad y requiere más potencia para una entrega dada.

### **Compresores de Aspas.**

En estos compresores, unas aspas radiales se desplazan en un rotor excéntrico, en un cuerpo cilíndrico. El gas atrapado entre las aspas del rotor, es comprimido y desplazado.

### **Compresores de Pistón.**

Estos compresores utilizan pistones para comprimir y desplazar el aire. El motor acciona los pistones que comprimen el aire en los cilindros. Un sistema de válvulas permite que el aire comprimido se lleve al depósito de almacenamiento.

### **Compresores Impelentes en Línea.**

En estos compresores, dos impelentes de forma tubular, confinan el aire y lo acarrearán desde la entrada hasta la descarga. No hay compresión interna.

### **Compresores Helicoidales.**

En estos compresores, dos rotores interconstruidos cada uno en forma helicoidal, comprimen y desplazan el aire. La compresión del aire se efectúa entre los lóbulos y canales. La aspiración y descarga (entrada y salida) de aire se realiza automáticamente al girar los rotores con lo cual se eliminan válvulas y mecanismos de sincronización adicional.

## COMPRESORES DE FLUJO CONTINUO.

### **Compresores Eyectores.**

Son máquinas que mezclan el gas al paso en una esprea de alta velocidad, posteriormente convierte la velocidad de la mezcla en presión en un difusor.

### **Compresores Dinámicos.**

Son aquellos en los que la acción dinámica (de alta velocidad) de las aspas o impulsores rotatorios, imparten velocidad y presión al aire contenido en un espacio confinado.

Estos compresores generalmente se usan en los campos del petróleo, del procesamiento de materiales y de los productos químicos.

### **Compresores Centrífugos.**

Estos compresores son máquinas en las cuales la compresión se lleva a cabo por medio de una hélice giratoria o impulsor que le imparte velocidad al flujo de aire para proporcionarle la presión deseada. El flujo principal es radial.

### **Compresores Axiales.**

En estos compresores la aceleración es obtenida por la acción de rotores de aspas (paletas) redondeadas aerodinámicas cuidadosamente diseñadas, situadas de manera que, al girar, el aire se mueve hacia el borde saliente de los álabes. Los espacios que quedan entre los álabes son tales que en ellos se produce un efecto de difusión y desaceleración a medida que el aire se mueve hacia el borde del grupo siguiente de paletas móviles.

### **Compresores de Tipo Mixto.**

Los impelentes tienen forma combinada de ambos tipos, axial y centrífugo.

Los compresores pueden ser portátiles y estacionarios. Existen también unidades conjuntas de tractor compresor que son como cualquier otra máquina con la ventaja que son autopropulsados.

### RENDIMIENTO DE LOS COMPRESORES

Existen diversos factores que afectan el rendimiento de los compresores, como son: pérdidas en conexiones, altura sobre el nivel del mar, fricción, etc.

Si las máquinas operan en un nivel superior al del mar, entonces los consumos sufren una alteración.

Cuando se tienen varias máquinas trabajando en un frente, debe tomarse en cuenta la condición de que no todas las máquinas trabajan al mismo tiempo.

Las causas de baja presión en un sistema son básicamente debidas a un diseño inadecuado a las fugas, y a insuficiente capacidad de los compresores.

La presión a que se deben regular los compresores será entonces de: Presión de especificación y pérdidas en la lectura del manómetro a la salida del recipiente general.

### EJEMPLO

Una lumbrera localizada a 7,000 pies de altitud está equipada para atacar dos frentes según la relación dada en la tabla siguiente.

EQUIPO	FRENTE AGUAS ARRIBA	FRENTE AGUAS ABAJO	CONSUMO UNTARIO PIES <sup>3</sup> /MIN	CONSUMO TOTAL PIES <sup>3</sup> /MIN.
Perforadora D93AR		4	250	1000
Perforadora BBC-24W		2	160	320
Bomba de Sumidero M-15	2	2	160	640
Malacate Neumático	1		220	220
Lanzadora BSM	1	1	500	1000
Carro de agregados	1	1	300	600
Bomba Stabilator	1	1	4	8
Rompedoras PB8A		1	72	72
				3860

Si las máquinas se operan en un nivel superior al del mar, entonces los consumos se alteran conforme a la tabla.

Altitud en pies													
0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	12000	15000	
1.00	1.032	1.065	1.100	1.136	1.174	1.213	1.253	1.298	1.343	1.391	1.520	1.665	

Consumo real afectado por la altura:  $1.25 \times 5\ 632 = 7\ 040$  pies<sup>3</sup>/min.

Consumo real afectado por la diversidad:

Como no todas las máquinas trabajan al mismo tiempo, se usa el factor de diversidad que se obtiene de tablas como la que se muestra, que para este ejemplo se calcula así:

**FACTORES PARA CONSUMO DE AIRE EN UN DETERMINADO NUMERO DE MAQUINAS.**

		NUMERO DE MAQUINAS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	70
FACTOR	1	0.9	0.9	0.85	0.82	0.8	0.77	0.75	0.72	0.71	0.59	0.53	0.53	0.51	0.47	

$$0.54 \times 7\ 040 = 3\ 802 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

En obras de gran magnitud no es conveniente "correr" el riesgo de quedarse sin el suministro de aire suficiente por lo cual el factor de diversidad de las tablas anteriores se recomienda incrementarlo según el criterio del constructor.

Por lo cual para este ejemplo se utilizará un factor de 0.7 en vez de 0.54 que indican tablas.

$$0.7 \times 7\ 040 = 4\ 928 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

Este requerimiento se presentará cuando ambos frentes se encuentren en su etapa de barrenación y además se esté lanzando concreto. Si se desea tener aire suficiente

para este caso crítico extremo, entonces habrá que preveer un banco de compresores capaz de cubrir esa demanda máxima pero ¿es factible y económico el hacerlo?.

La coincidencia de máxima necesidad en los frentes se repite dos veces por semana y su traslape dura 3 hr. o sea que de 136 hr. laborables por semana, en 6 no se tendrá suficiente aportación de aire, lo que representa el 4.4 por ciento del tiempo.

Sin embargo, del mismo análisis obtenemos información que un 39 por ciento del tiempo coincide en las actividades de barrenación y lanzado de un frente con el lanzado del otro y que las restantes combinaciones de actividades requieren aportaciones menores. Por lo anterior, se estima razonable tener capacidad para afrontar la segunda condición representada en la tabla.

LONG. M.	DIAMETRO TUBERIA	PIES <sup>3</sup> DE AIRE LIBRE POR KM.	PERDIDA EN LBS/PULG. <sup>2</sup> POR C/1000 PIES *	PERDIDA EN LBS. /PULG. 2	OBSERVACIONES
2000	6"	2500	1.57	6.55 x 1.57 = 10.30	Frente aguas arriba
136	10"	3500	0.22	0.446 x 0.22 = 0.98	Lumbrera
30	8"	3500	0.70	0.1 x 0.70 = 0.07	Superficie
600	6"	2500	1.57	2.0 x 1.57 = 3.14	Long. equiv. por - - - - resistencia al flujo en valvs. y conexiones.
15	Neces			1.30	Manguera adecuada a la - herram. (D93 AR).
				<u>15.79</u>	Pérdidas totales

Consumo real afectado por la altura:  $1.25 \times 3\ 860 = 4\ 825$  pies<sup>3</sup>/min.

Consumo real afectado por diversidad:  $0.7 \times 4\ 825 = 3\ 378$  pies<sup>3</sup>/min.

En consecuencia se consideran los 3 378 pies<sup>3</sup>/min. como volumen mínimo a cubrir.

Los fabricantes especifican 85 lb/pulg<sup>2</sup> como presión correcta de trabajo de las máquinas de aire comprimido. Esta presión queda supeditada en la práctica a la presión desarrollada en los compresores, menos las pérdidas en las tuberías, válvulas, conexiones y mangueras de conducción. Estas se calculan con ayuda de las tablas.

La presión final que vamos a tener será  $100 - 15.79 = 84.21$  Lb/pulg<sup>2</sup> que es casi igual a 85 lb/pulg<sup>2</sup> por lo que se tendrá la presión correcta requerida por las especificaciones de los fabricantes.

PERDIDAS DE AIRE A PRESION EN TUBERIAS. DEBIDAS A LA FRICCION

(En libras por pulgada cuadrada, en 1000 pies de tubería)

Presión manométrica inicial = 100 lb.

Aire libre en pies <sup>3</sup> /min.	Aire Comprimido equivalente en pies <sup>3</sup> /min.	DIAMETRO NOMINAL EN PULGADAS															
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	8	10	12
10	1.28	6.50	.99	.28													
20	2.56	25.9	3.90	1.11	.25	.11											
30	3.84	58.5	9.01	2.51	.57	.26											
40	5.12		16.0	4.45	1.03	.46											
50	6.41		25.1	6.96	1.61	.71	.19										
60	7.68		36.2	10.9	2.32	1.02	.28										
70	8.96		49.3	13.7	3.16	1.40	.37										
80	10.24		64.5	17.8	4.14	1.83	.49										
90	11.52		82.8	22.6	5.23	2.32	.62	.24									
100	12.81			27.9	6.47	2.86	.77	.30									
125	15.82			48.6	10.2	4.49	1.19	.46									
150	19.23			62.8	14.6	6.43	1.72	.66	.21								
175	22.40				19.8	8.72	2.36	.91	.28								
200	25.62				25.9	11.4	3.06	1.19	.37	.17							
250	31.64				40.4	17.9	4.78	1.85	.58	.27							
300	38.44				58.2	25.8	6.85	2.67	.84	.39	.20						
350	44.80					35.1	9.36	3.64	1.14	.53	.27						
400	51.24					45.8	12.1	4.75	1.50	.69	.35	.19					
450	57.65					58.0	15.4	5.98	1.89	.88	.46	.25					
500	63.28					71.6	19.2	7.42	2.34	1.09	.55	.30	.17				
600	76.88						27.6	10.7	3.36	1.56	.79	.44	.24				
700	89.60						37.7	14.5	4.55	2.13	1.09	.59	.33				
800	102.5						49.0	19.0	5.89	2.77	1.42	.78	.42				
900	115.3						62.3	24.1	7.6	3.51	1.80	.99	.54	.20			
1000	126.6						76.9	29.8	9.3	4.35	2.21	1.22	.66	.25			
1500	192.3							67.0	21.0	9.8	4.9	2.73	1.51	.57			
2000	256.2								37.4	17.3	8.8	4.9	2.72	.99	.24		
2500	316.4								58.4	27.2	13.8	8.3	4.2	1.57	.37		
3000	384.6								84.1	39.1	20.0	10.9	6.0	2.26	.53		
3500	447.8									58.2	27.2	14.7	8.2	3.04	.70	.22	
4000	512.4									69.4	35.5	19.4	10.7	4.01	.94	.28	
4500	576.5										45.0	24.5	13.5	5.10	1.19	.36	
5000	632.8										55.6	30.2	16.8	6.3	1.47	.44	.17
6000	768.8										80.0	43.7	24.1	9.1	2.11	.64	.24
7000	896.0											59.5	32.8	12.2	2.88	.87	.33
8000	1025											77.5	42.9	16.1	3.77	1.12	.46
9000	1153												54.3	20.4	4.77	1.43	.57
10000	1280												67.1	25.1	5.88	1.77	.69
11000	1410													30.4	7.10	2.14	.83
12000	1540													36.2	8.5	2.54	.98
13000	1668													42.6	9.8	2.98	1.15
14000	1795													49.2	11.5	3.46	1.35
15000	1923													56.6	13.2	3.97	1.53
16000	2050													64.5	15.0	4.52	1.75
18000	2310													81.5	19.0	5.72	2.22
20000	2560														23.6	7.0	2.74
22000	2820														28.5	8.5	3.33
24000	3080														33.8	10.0	3.85
26000	3338														39.7	11.9	4.65
28000	3590														46.2	13.8	5.40
30000	3850														53.0	15.9	6.17

## II.10.2 EQUIPOS DE PERFORACION:

En general las perforadoras son herramientas formadas por un mecanismo apropiado para producir los efectos de percusión o de rotación de la barrena, que accionada mediante un motor de gasolina, diesel o eléctrico, o bien por un compresor, va provista normalmente de una broca en su extremo de ataque. En algunas ocasiones dicho extremo de ataque termina en punta.

La perforadora adecuada se determina de acuerdo al tipo y tamaño de la obra, tomando en cuenta la naturaleza del terreno, la profundidad y el alcance de los barrenos, así como la roca o piedra que quiere producirse; por lo que se dividen en:

- Pistola o martillo de barrenación
- Jumbo
- Perforadora de carriles
- Perforadora portátil de torre
- Contrapoceras

### *PISTOLAS DE PISO*

Son máquinas que se usan para perforación de barrenos y según el dispositivo alimentador, reciben otros nombres y usualmente emplean dos métodos de perforación: El de percusión y el de rotación.

El elemento básico en las perforadoras neumáticas de percusión es un pistón que se mueve en forma recíproca dentro del cilindro de la perforadora, golpeando en cada ciclo completo el zanco o espiga del acero de barrenación. La energía es transmitida por el acero de barrenación hasta la broca, que a su vez golpea la roca en el fondo del barreno fragmentándola en pequeñas partículas que son desalojadas del agujero por medio de una corriente de aire o de aire y agua que son inyectados desde la perforadora a través de un conducto coaxial interior en el acero de barrenación, llamado conducto de circulación o de "soplado".

La broca realiza un sucesivo cincelado en el fondo del barreno, ya que está en un movimiento giratorio, sufriendo un desplazamiento angular en cada ciclo completo

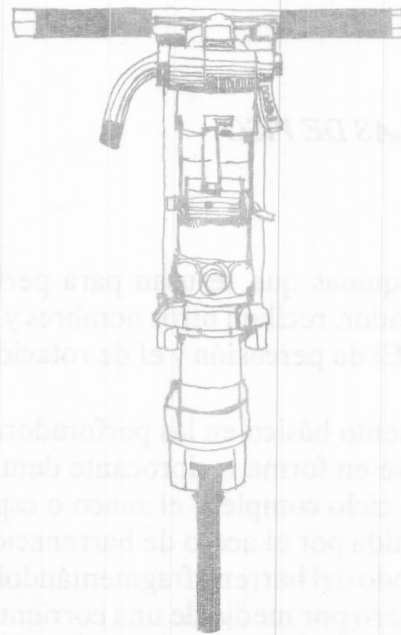
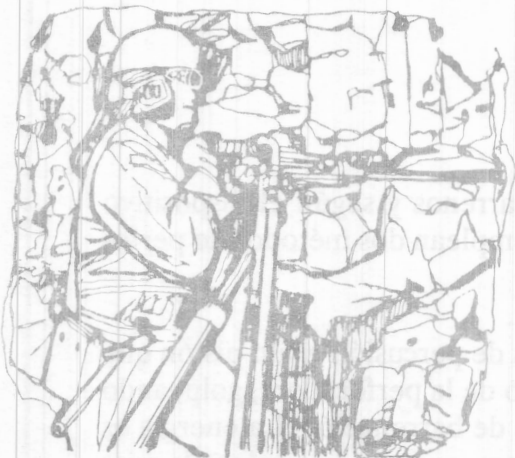
del pistón de la perforadora, con lo cual se logra que los filos de la barrena golpeen en posición diferente en cada golpe sucesivo.

Es importante mencionar que las pistolas de piso pueden ser acopladas a un brazo o elemento auxiliar que está diseñado para acoplarse perfectamente a estos elementos de perforación, este mecanismo alimentador empujador del tipo telescópico se ajusta por medio de una válvula integral, para que mantenga una adecuada presión y haga avanzar a la perforadora montada sobre el mismo, en la medida que progresa la barrenación.

Cuando llevan este tipo de mecanismo de empuje a estas perforadoras se les conoce como piernas o brazos neumáticos o bien "Stoppers".

Estas máquinas son usuales para la barrenación manual en trabajos a cielo abierto, en minas y canteras, cuando van acopladas al brazo auxiliar se utilizan básicamente en trabajos subterráneos de perforación horizontal, vertical e inclinada, pero en paredes y techos de poca altura.

Las demoledoras de pavimentos, encuentran su aplicación en la demolición de mampostería y/o concreto, pavimentos asfálticos e hidráulicos en calles, carreteras o aeropistas, y en general en los trabajos de demolición, así como en diversos trabajos, según la herramienta empleada como palas taladoras, remachadoras, ajustadoras de tuerca, etc. Aumentando considerablemente así sus posibilidades de aplicación.

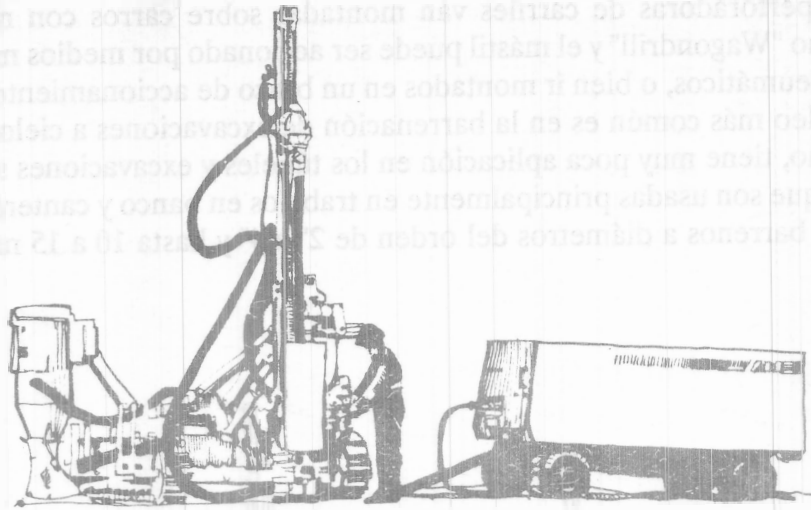


### *PERFORADORAS DE CARRILES*

Son máquinas que consisten básicamente de una perforadora neumática articulada a una guía de acero o mástil, que accionada por medios neumáticos o hidráulicos,



gira, sube o baja a lo largo del propio mástil, permitiéndole que el número de posiciones para la perforación sea ilimitado.



Pueden ir montadas sobre ruedas u orugas.

Este tipo de mecanismo de alimentación tiene su más amplio campo de aplicación en las perforadoras especializadas en barrenación horizontal, aunque en la práctica pueden realizar barrenos horizontales, verticales e inclinados, siempre y cuando se encuentren adecuadamente montadas. Las perforadoras de carriles, mejor conocidas como perforadoras de columna.

Emplean modernas brocas intercambiables con insertos de carburo de tungsteno, teniendo una longitud de avance muy grande que permite la utilización de secciones de acero de barrenación en túneles.

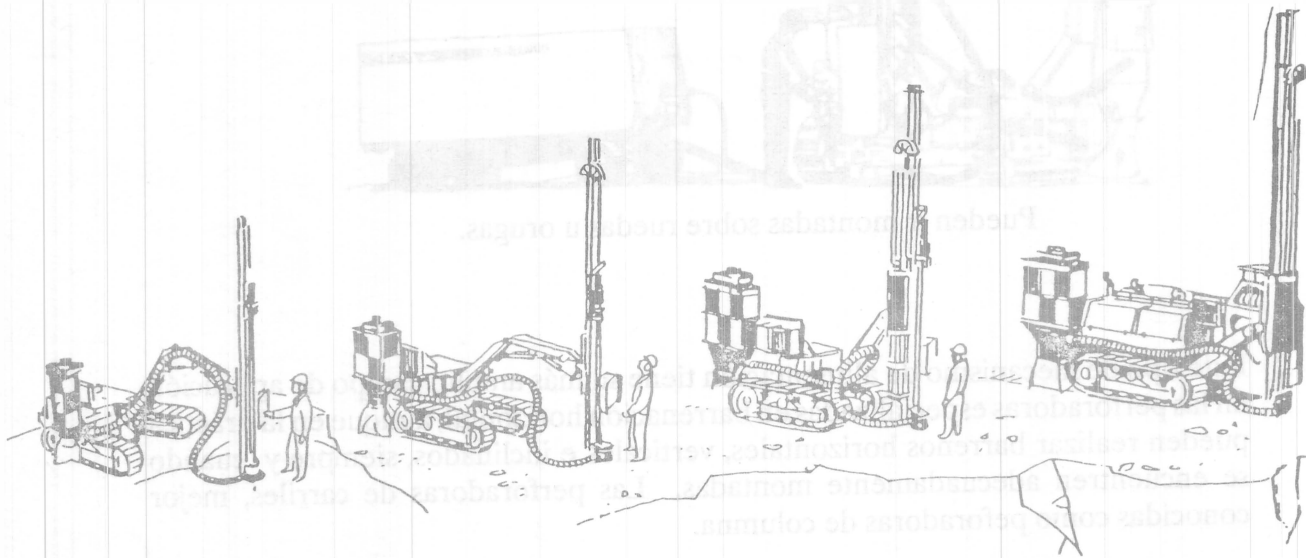
Estas perforadoras son generalmente de accionamiento de percusión habiendo también rotatorias, y el motor que controla los movimientos puede ser de gasolina o diesel, pero con frecuencia se tienen las accionadas por medio de un compresor que transmite por medio de mangueras el aire comprimido que requieren.

La posición de la guía o columna, que permite usar largos tramos de barras de perforación sin que éstas afecten la estabilidad de la máquina, facilitan la aplicación de la barrena en direcciones y posiciones diferentes.

Eventualmente, algunas de las perforadoras de columna ligeras pueden ser desmontadas y utilizadas como perforadoras de mano en trabajos de barrenación de

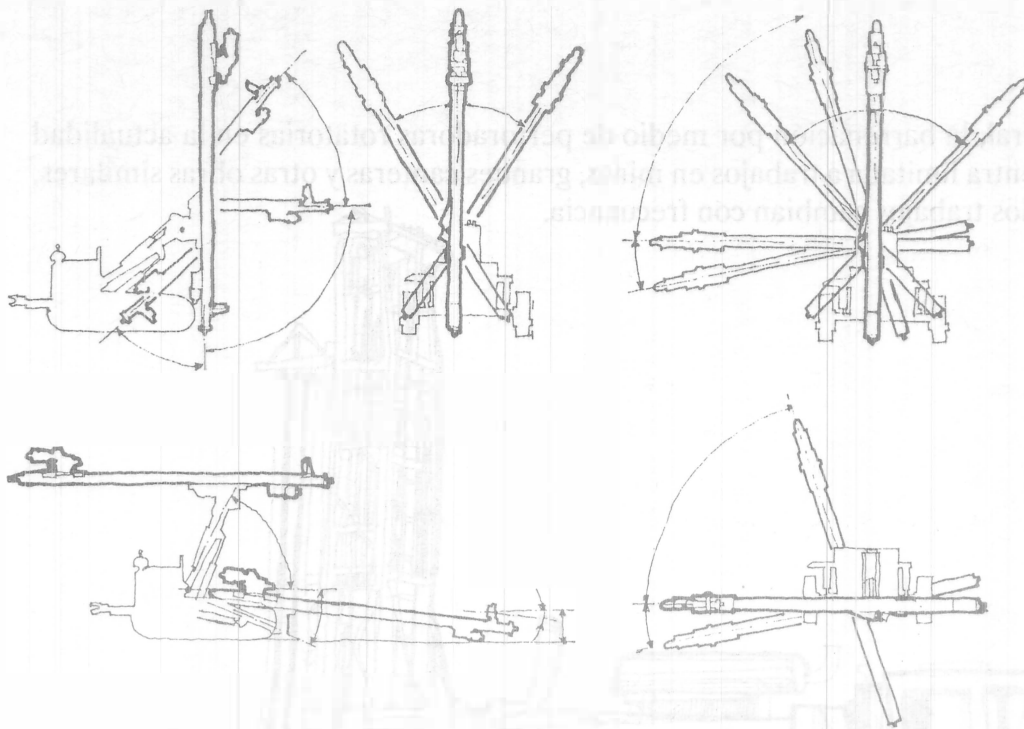
piso, aunque sus rendimientos son reducidos, puesto que el dispositivo de empuje debe ser adecuado a la capacidad de la perforadora.

Cuando las perforadoras de carriles van montadas sobre carros con ruedas se conocen como "Wagondrill" y el mástil puede ser accionado por medios manuales, mecánicos, neumáticos, o bien ir montados en un brazo de accionamiento hidráulico. Su empleo más común es en la barrenación de excavaciones a cielo abierto, por su tamaño, tiene muy poca aplicación en los túneles y excavaciones subterráneas. Por lo que son usadas principalmente en trabajos en banco y canteras donde se requieren barrenos a diámetros del orden de 2" a 4" y hasta 10 a 15 metros de profundidad.



Cuando estas perforadoras van montadas sobre carros de orugas reciben el nombre de "Trackdrill" y son máquinas muy pesadas fundamentalmente para trabajos de barrenación muy profunda a diámetros de 3" o mayores. Son máquinas extremadamente versátiles, gracias a la amplitud de movimientos que les dispensan los pistones neumáticos que accionan a la articulación del mástil de perforación.

Al igual que las perforadoras montadas sobre carros de ruedas, las montadas sobre carros de orugas solo conviene utilizarlas en barrenos con diámetros grandes, de 3" a 5", con lo que se pueden cargar los barrenos con una alta densidad de explosivos en cartuchos de gran diámetro, para obtener resultados más económicos, además pueden operar con acero seccional de barrenación de longitudes muy grandes, con lo cual se reducen los tiempos de maniobras, aumentando en forma muy notable sus correspondientes rendimientos.



### *PERFORADORAS DE TORRE*

Son máquinas formadas esencialmente por una torre o pluma debidamente apoyada sobre la parte posterior de un camión o estar montada sobre orugas; característica que las define dentro de las máquinas de autopropulsión.

La mayoría de las perforadoras de torre desarrollan la perforación por rotación. Realizan las perforaciones por medio de una tubería suspendida desde el mástil o torre y conectada a su respectivo compresor por medio de mangueras y un encastre giratorio (swivel), los que en su extremo inferior llevan montada una barrena de tipo tricónico de roles giratorios.

En general la potencia de éstas máquinas que puede ser suministrada por el motor del vehículo o por un motor adicional de gasolina, diesel o eléctrico. Puede llevarse a cabo también mediante un compresor, como se mencionó anteriormente, montado sobre el camión o remolcado atrás de éste y entonces todas las maniobras de operación serán a base de aire comprimido.

Las perforadoras grandes son especiales para servicio pesado, muy populares en la actualidad, y ofrecidas por varios fabricantes importantes de equipos de perforación y de compresión, diseñadas para iniciar barrenos de precisión en terrenos accidentados.

Son aparatos que se caracterizan principalmente porque la maniobra de perforación se desarrolla a través de la torre o pluma y por que en casi todos los modelos la posición vertical es utilizada unicamente para el trabajo, mientras que la horizontal es exclusivo para cuando la máquina es transportada.

En general, la barrenación por medio de perforadoras rotatorias en la actualidad se encuentra limitada a trabajos en minas, grandes canteras y otras obras similares, cuando los trabajos cambian con frecuencia.



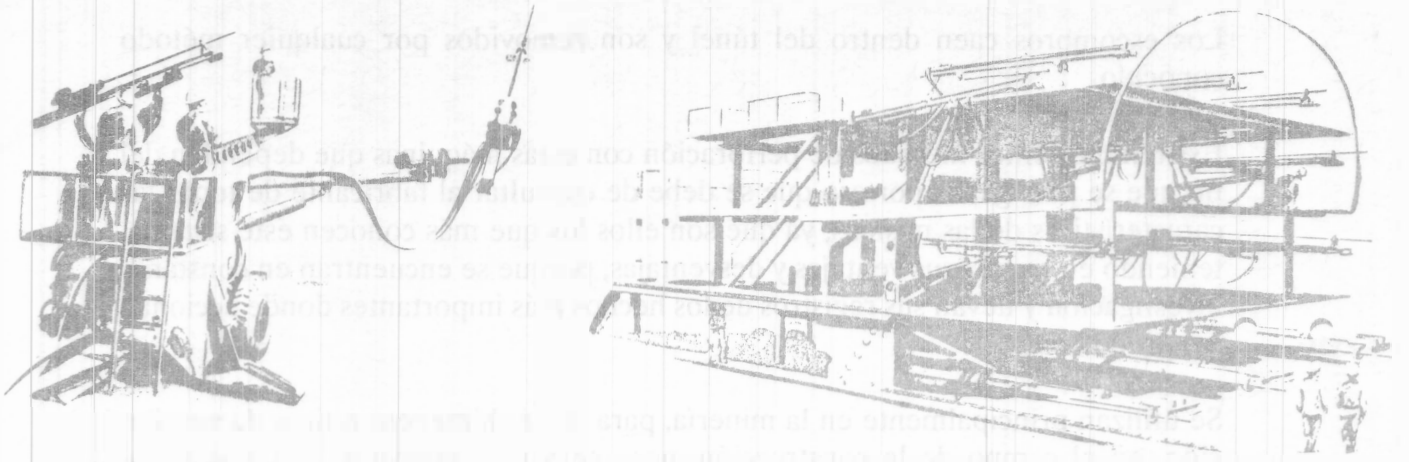
### *JUMBO O CARRO DE BARRENACION*

Es una plataforma móvil, en donde tanto las herramientas de perforación como sus operadores van montados sobre ésta, permitiendo que la barrenación se realice simultáneamente en todas las perforadoras. Gracias a unos brazos articulados movidos por gatos hidráulicos, pueden adoptar todas las posiciones.

Actualmente los Jumbos pueden ir montados sobre llantas de hule o sobre orugas y si es necesario, sobre rieles.

Generalmente se utilizan para la barrenación previa a los explosivos en la mayoría de los trabajos subterráneos como son: las minas, túneles y galerías, así como tiros de ventilación.

Cuando van montadas las perforadoras de mástil en carros de orugas o de ruedas son utilizados principalmente en canteras y minas a cielo abierto, así como trabajos de obras públicas y otra serie de aplicaciones especiales tales como perforaciones para anclajes, inyecciones de cemento y prospecciones.

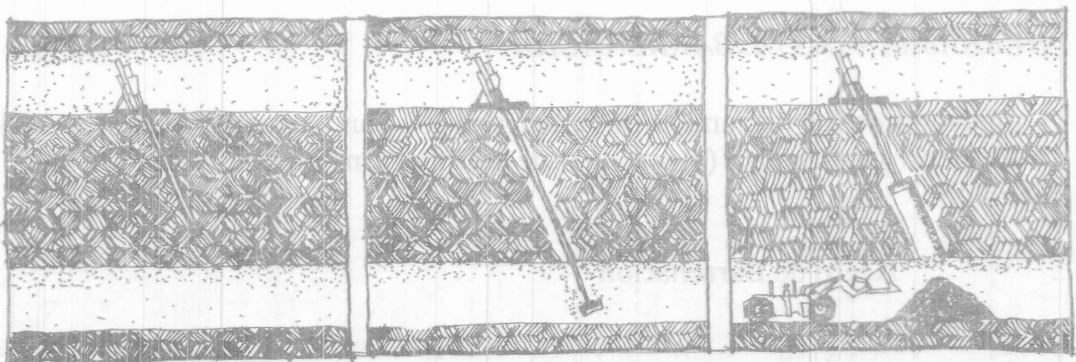


### CONTRAPOCERAS

Son máquinas especiales para la perforación inversa, o sea que la perforación final la ejecutan en el sentido contrario al ordinario. Consta de una cabeza escariadora que utiliza como herramienta de corte, tienen un perfil esférico, para distribuir la carga en una forma proporcional, hace recortes más grandes, por lo tanto una perforación más rápida requiere menos energía, con alimentación; tirando en vez de empujar.

El sistema de accionamiento que utiliza es un convertidor de frecuencia. Lleva consigo una computadora de microprocesamiento, un impresor de lectura en el panel del operario para el mando y control de las diferentes operaciones y funciones.

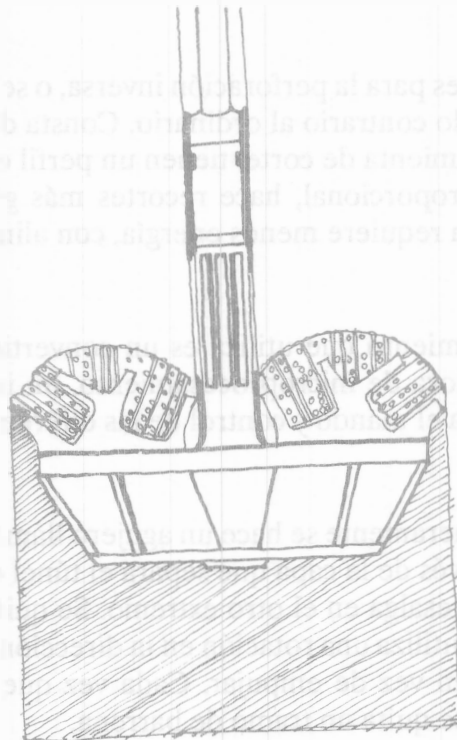
Para su operación primeramente se hace un agujero llamado "agujero piloto" en la manera ordinaria a través de la capa que separa el túnel o galería de la superficie, hasta que la broca sobresalga en el otro extremo. Se quita la broca, y se instala la cabeza escariadora. Se utiliza una rotación en la dirección de la perforación, con la alimentación tirando en vez de empujar. Cada vez que la alimentación llega al extremo de su carrera se quita un tramo de barrena.



Los escombros caen dentro del túnel y son removidos por cualquier método conocido.

Existen diferentes métodos de perforación con estas máquinas que dependen del fin que se persiga, es por eso que se debe de consultar al fabricante de todas las características de las mismas, ya que son ellos los que más conocen este sistema, teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas, porque se encuentran en constante investigación y llevan sus registros de los hechos más importantes donde accionan sus productos.

Se utilizan principalmente en la minería, para abrir chimeneas o tiros de ventilación, en el campo de la construcción, para perforar lumbreras en los diversos túneles, y en las casas de máquina de los proyectos hidroeléctricos, etc.



### *HERRAMIENTAS DE BARRENACION*

La mayoría de las herramientas de barrenación son barras de acero sometidas a tratamientos especiales (térmicos o de carburación, las que pueden ser del tipo llamado:

Acero de Barrenación

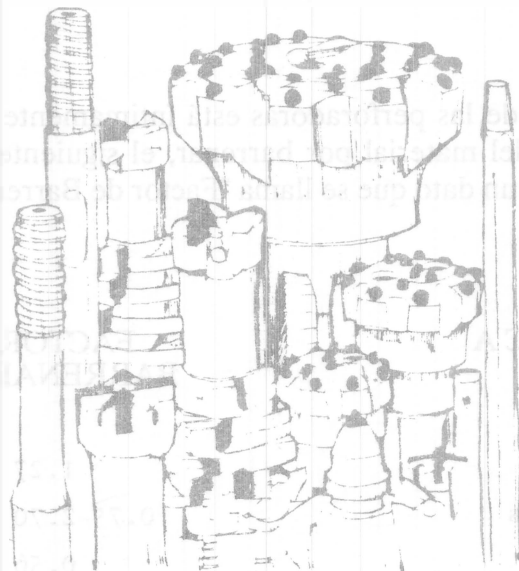
## Acero Hueco de Barrenación o Acero Seccional

Cualquiera que sea el tipo de acero, en el extremo inferior del equipo a usarse en la barrenación, se encuentra montada la correspondiente broca; es la que directamente ataca el fondo del barreno.

Las barras usadas son de acero al carbón, o acero aleado con cromo molibdeno, en el caso de aceros suecos, normalmente de forma hexagonal y a veces redonda.

Estas barras son huecas para permitir el paso del aire para el barreno, su longitud es variable y va aumentando en incrementos de 0.60 m.

Las principales herramientas que acopladas a los diferentes equipos de perforación que permiten formar barrenos en las rocas y en el suelo, son las brocas, y estas tienen diferentes formas y tamaño, según el trabajo a realizar.



### *RENDIMIENTO DE LAS PERFORADORAS*

El rendimiento de una perforadora depende de diversos factores, algunos derivados de la propia máquina, y otros de las características de las rocas, así como de las condiciones imperantes en los sitios de trabajo.

Los rendimientos de perforación o barrenación se suelen expresar como rendimientos netos por hora de trabajo, incluyendo todas las maniobras inherentes, como son los cambios de localización sobre el banco, los cambios de acero de barrenación,



los cambios de barrenas, cuidado general del equipo, etc., puesto que resultaría extremadamente difícil, complicado y confuso tratar de obtener rendimientos correspondientes al tiempo efectivo de barrenación lo que por lo demás serían rendimientos instantáneos.

Al referirse a rendimiento de barrenación, debe considerarse además del avance líneal, el volumétrico, al aumentar el diámetro del barreno, ya que como se puede observar en la siguiente tabla que indica el volumen es mucho mayor conforme aumenta el diámetro del barreno y ésto es importante, ya que en tanto mayor sea el diámetro, mayor será la capacidad del mismo para alojar explosivos.

La perforación se facilita más tanto más homogénea es una roca, los trabajos se dificultan y reducen su rendimiento mientras es más fracturada o suelta, ya que se pueden presentar caídas y derrumbes dentro de los agujeros de los barrenos.

Como el rendimiento de las perforadoras está íntimamente relacionado con las características físicas del material por barrenar, el siguiente cuadro muestra de algunos tipos de rocas, un dato que se llama "Factor de Barrenabilidad".

ROCA	FACTOR DE BARRENABILIDAD
------	--------------------------

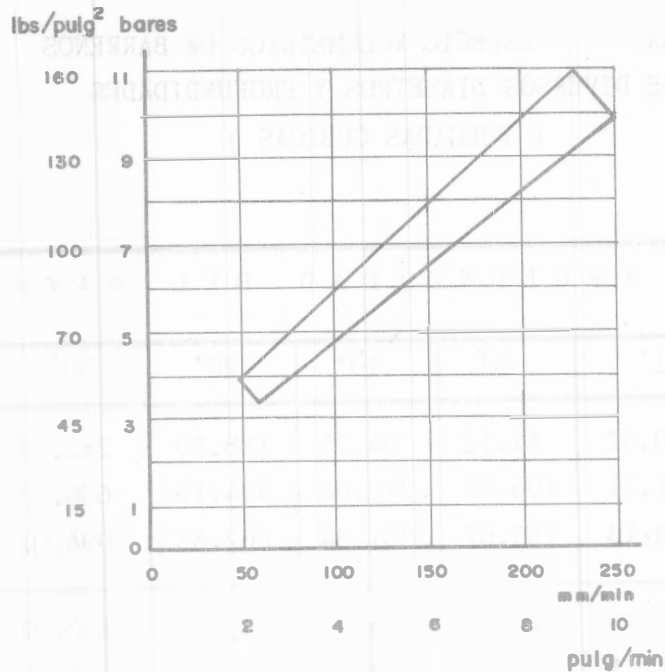
Adnesita	1.27
Areniscas	0.75-2.70
Basalto	0.56
Calcopirita	0.78
Calizas	0.78-1.79
Cuarzo	0.33-1.22



TABLA            ESPACIO VOLUMETRICO DE BARRENOS  
 DE DIVERSOS DIAMETROS Y PROFUNDIDADES  
 ( PULGADAS CUBICAS )

DIAMETRO DE LA BROCA	P R O F U N D I D A D   D E L   B A R R E N O					
	1'	5'	10'	20'	30'	40'
1"	9.42	47.12	94.25	188.50	282.75	377.00
	21.21	106.03	212.06	424.12	636.18	848.24
	33.13	165.67	331.34	662.68	994.02	1325.36
2"	37.70	188.50	376.99	753.98	1130.97	1507.96
	58.91	294.53	589.05	1178.10	1767.15	2356.20
	84.82	424.12	848.23	1696.46	2544.69	3392.92
3"	115.44	577.20	1154.40	2308.80	3463.20	4617.60
	150.72	753.60	1507.20	3014.40	4521.60	6028.80
	190.80	954.00	1908.00	3816.00	5724.00	7632.00
4"	235.56	1177.80	2355.60	4711.20	7066.80	9422.40
	285.00	1425.00	2850.00	5700.00	8550.00	11400.00
	339.12	1695.60	3391.20	6782.40	10173.60	13564.80
5"	397.90	1989.50	3979.00	7958.00	11937.00	15916.00

### EJEMPLOS DE VELOCIDAD DE PENETRACION

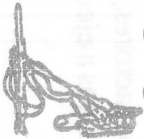

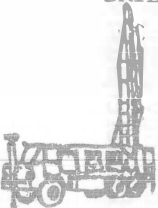
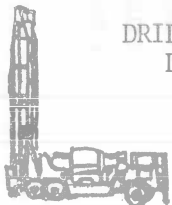


La experiencia a través del tiempo ha permitido la realización de algunas tablas que indican los rendimientos promedio para las perforadoras más usuales como las que se muestran a continuación:

#### RENDIMIENTOS PROMEDIO REPRESENTATIVOS DE BARRENACION CON PERFORADORAS NEUMATICAS, EN METROS POR HORA

Diámetro del Barreno	Calidad de la Roca	Perforadoras de Mano	Perforadoras de Carro
1 3/4"	Suave	5 a 0.5	10 a 15
	Media	3 a 4.5	8 a 12
	Dura	2 a 3.5	5 a 10
2 3/8"	Suave	3.5 a 5	10 a 17
	Media	2.5 a 3.5	6.5 a 12
	Dura	1.5 a 3	5 a 10
3"	Suave	- 0 -	10 a 17
	Media	- 0 -	5 a 10
	Dura	- 0 -	3 a 7
4"	Suave	- 0 -	3.5 a 8.5
	Media	- 0 -	1.8 a 5
	Dura	- 0 -	0.7 a 3

VELOCIDAD DE BARRENACION

MAQUINA	DHD MODELO NO.	COMPRESOR		TAMAÑO DEL BARRENO									
		CAPACI- DAD PCM (M3/MIN)	PRESS (KG/ CM2)	4 (102)	4-1/2 (114)	5 (127)	5-1/2 (140)	6 (152)	6-1/2 (165)	7 (178)	7-1/2 (191)	8 (203)	8-1/2 (216)
 CM/ECM 350 CRAWLAIR	DHC 24	365 (10.3)	100 (7.3)	(7.0)	(5.8)								
		600 (17.0)	150 (10.54)	(13.1)	(11.0)								
		750 (21.2)	250 (17.57)	(18.3)	(15.2)								
 CM 1000 CRAWLAIR DRILL	DHD 24	600 (17.0)	150 (10.54)	(14.3)	(11.9)								
		750 (21.2)	250 (17.57)	(20.1)	(16.7)								
	DHD 15	750 (21.2)	150 (8.79)			(7.3)	(6.1)						
		600 (17.0)	150 (10.54)			(9.4)	(7.9)						
		750 (21.2)	250 (17.57)			(15.2)	(12.8)						
 T3 DRILLMASTER DRILL	DHD 15	600 (17.0)	100 (7.03)			(6.1)	(15.2)						
		750 (21.2)	250 (17.57)			(15.2)	(12.8)						
	DHD 260	600 (17.0)	100 (7.03)					(6.7)	(5.8)				(4.6)
		750 (21.2)	250 (17.57)					(21.3)	(18.9)				(15.2)
	DHD 17	900 (25.5)	100 (7.03)							(8.5)	(7.6)	(6.7)	
	 T4 DRILLMASTER DRILL	DHD 15	640 (18.1)	150 (10.54)			(8.8)	(7.6)					
750 (21.2)			250 (17.57)			(15.2)	(12.8)						
DHD 260		640 (18.1)	150 (10.54)					(11.9)	(10.4)				(8.2)
		750 (21.2)	250 (17.57)					(21.3)	(18.9)				(15.2)
DHD 17		900 (25.5)	150 (10.54)							(13.4)	(11.9)	(10.4)	

**RENDIMIENTOS DE BARRENACION CON PERFORADORAS DE CABLE, EN MATERIALES DIVERSOS Y HASTA PROFUNDIDADES DEL ORDEN DE 30.0 MTS.**

Tipo de Roca	Diámetro del Barreno En Pulgadas	Rendimiento Por hora
Andesita	6	0.80 m.
Granito	6	0.40 m.
Basalto	6	0.20 m.
Calizas masivas	6	0.60 m.
Gneises	9	0.80 m.
Pórfido de cuarzo	9	1.90 m.
Magnetita	9	1.00 m.
Minerales de hierro	9	1.00 m.

**EJEMPLO**

Calcular la producción por hora medida en banco, en un banco de Riolita que va a ser barrenado con la perforadora de carriles (track Drill) modelo DHD 24, movida por un compresor de 600 pcm. a una presión de 150 psi, los barrenos son de 4" y la separación entre ellos es de 2 mts., eficiencia 70%.

**SOLUCION**

Factor de barrenabilidad de la Riolita 0.60.

Velocidad de perforación (de la tabla) 13.1 m/hora.

Velocidad real  $13.1 \times 0.60 = 7.86$  m/hora.

Area por barreno de 2 m -  $4.00 \text{ m}^2$ .

Volumen de producción por hora -  $7.86 \times 4.00 = 31.44 \text{ m}^3/\text{hora}$   
medido en banco.

Volumen real =  $31.44 \times 0.7 = 22.00 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

**CONSUMO DE ACERO DE BARRENACION.-** Los consumos de acero de barrenación varían en forma muy amplia, dependiendo de múltiples y complejos factores, tales como, la calidad del equipo y que el mismo sea adecuado para los trabajos a ejecutar,

tipo y características de la roca, el tipo de barrenación, el diámetro y profundidad de la misma, la técnica de trabajos y que las brocas sean oportunamente reafiladas reconstruídas o reemplazadas.

CLASE DE ROCA	VIDA
<b>MUY DURAS</b>	
Cuarzo, basalto y hematita:	10 a 100
Hortenso y feldespato:	50 a 100
<b>MEDIANAMENTE DURAS</b>	
Gneises y conglomerados muy duros silicificados:	100 a 150
Esquistos, granito, riolitas, andesitas y -- similares:	150 a 200
Areniscas duras y diabasa:	200 a 250
Areniscas suaves y similares	250 a 400
<b>SUAVES Y DESCOMPUESTAS</b>	
Areniscas muy suaves, dolomitas y rocas calizas, así como conglomerados suaves poco cementados y materiales granulares sueltos; rocas similares intemperizadas:	400 a 800
<b>ROCAS MUY SUAVES</b>	
Pizarras, lutitas, antracita, mármol, mica y carbón:	600 a 1000

La relación entre los valores "metros-barra" y metros de perforación depende del número de barras que se deban emplear en la horadación de un barreno determinado, de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$K = \frac{n + 1}{2}$$

en donde:

**K** = Factor de conversión para convertir los metros de barrenación a "metros-barra", siendo el valor "metros-barra" el representativo del trabajo efectivamente realizado para horadar un barreno.

n = Es el número de barras empleadas para barrenar un barreno, bien que se trate del número de cambios de acero, cuando la barrenación se haga con acero integral, o de tramos, cuando se haga con acero seccional.

El valor "n" será igual a H/L, siendo H la profundidad total del barreno y L la longitud de cada tramo seccional, o en su caso el incremento de una barra integral a la siguiente más larga.

Empleando el concepto "metros-barra" como representativo del trabajo real ejecutado, es posible utilizar los valores Indices consignados en la tabla para obtener la vida del acero de barrenación, la cual será de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{VIDA DEL ACERO DE BARRENACION} = \frac{\text{VALOR INDICE DE VIDA ECONOMICA}}{K}$$

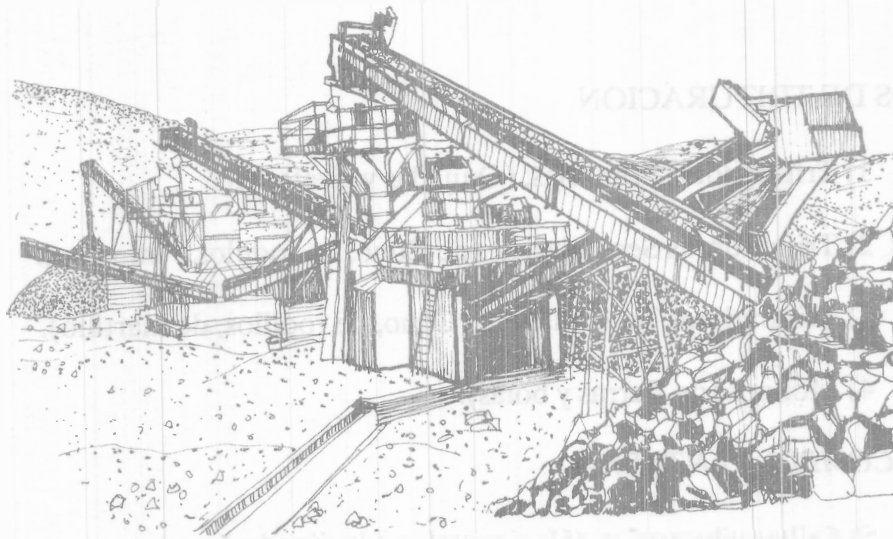
En la tabla consignan diversos valores de K.

**TABLA FACTOR DE CONVERSION "K" DE METROS DE BARRENACION A "METROS BARRA"**

Número de cambios de acero integral o de barras seccionales	Factor de conversión $K = \frac{n + 1}{2}$
1	1
2	1.5
3	2
4	2.5
5	3
6	3.5
8	4.5
10	5.5
20	10.5

## II.11 PLANTAS DE TRITURACION

Son el resultado de la combinación racional de diferentes elementos o equipos que sirven para triturar y cribar, a tamaños convenientes fragmentos de roca. Las quebradoras, los medios de alimentación de transporte y de clasificación que la integran, están diseñados para recibir los fragmentos de roca en los tamaños, volúmenes y tiempos, según la exigencia de la operación, para entregar un producto o productos deseados, de acuerdo con la demanda.



En la actualidad no existe una máquina que de un solo paso convierta el material suministrado en agregados útiles por lo que es necesario efectuar la transformación a través de un sistema de varias etapas de acuerdo al resultado que se desee obtener.

Los elementos principales de una planta de trituración son:

- Unidad de alimentación
- Unidad primaria de trituración
- Unidad Intermedia o Secundaria
- Unidad para la producción de finos
- Medios de transporte y descarga

Asimismo, las de una planta de cribado:

- Unidad de alimentación
- Unidad de cribado
- Unidad de almacenamiento y descarga

Las máquinas trituradoras que, principalmente se utilizan en Obras Civiles emplean métodos mecánicos de reducción como son por impacto, por desgaste, por corte o por compresión.

### EQUIPOS DE TRITURACION

- 1) Trituradoras primarias. (Quijadas y giratorias).
- 2) Trituradoras Secundarias. (de Cono, de rodillos e impacto).
- 3) Trituradoras Terciarias. (de Cono, de rodillos, de martillo).
- 4) Molinos (de Barras y bolas).

### *EQUIPO COMPLEMENTARIO*

- 5) Cribas vibratorias. (Horizontales e inclinadas).
- 6) Alimentadores. (De delantal, de plato o reciprocantes, vibratorios).
- 7) Gusanos lavadores.
- 8) Bandas transportadoras
- 9) Elevadores de cangilones.
- 10) Apiladoras.

### PROBLEMA DE TRITURACION

Debemos producir 338 toneladas cortas por hora y se tiene un banco de piedra de tamaño máximo igual a 34" obtenido de explotación por explosivos y se debe obtener material de 0 a 1 1/2" sin una curva granulométrica especial, aunque se



desea conocer los porcentajes entre 1 1/2" - 3/4" y 3/4" - 0". De acuerdo a las condiciones geológicas del banco.

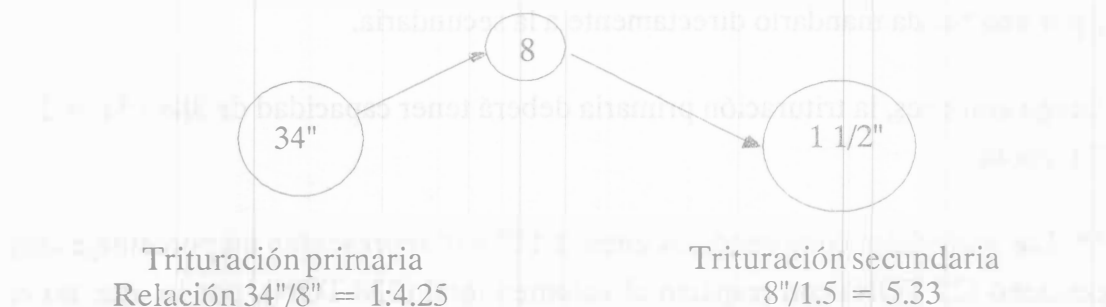
## SOLUCION

Los expertos en explosivos nos proporcionan en la voladura la curva granulométrica del material que se obtiene dependiendo del tipo de roca y que será el que se introduzca al proceso de trituración. Este es importante ya que desde su origen el material tendrá algún porcentaje de los diámetros requeridos sin necesidad de trituración, que pueden obtenerse sólo por cribado.

*1er. Paso.-* Pensar y definir el esquema de reducciones, de acuerdo a lo que son capaces de hacer las máquinas. Este paso puede consistir de múltiples combinaciones, lo cual hace que un problema de trituración pueda tener diversas soluciones que dependerán de 3 factores:

- El poder utilizar máquinas disponibles en tamaños de admisión y abertura de salida adecuados al problema.
- Analizar el menor costo tanto de operación como de inversión.
- Analizar el costo de oportunidad, que dependerá del equipo que se tenga disponible, ya que no siempre será posible en la práctica para cada problema contar con el equipo óptimo.

Analicemos la primera alternativa



Como se puede observar la reducción del material de efectuarse en un solo paso se tendría que reducir 23 veces de tamaño, lo cual no es conveniente, si se utiliza

trituradora de quijadas cuya reducción máxima recomendada es 8:1 ya que se obtendría una muy baja producción; recomendándose realizar una trituración intermedia, con el fin de buscar el balance entre cada etapa.

Cabe hacer notar que este problema no requiere de una trituración terciaria.

2do. Paso.- Elaboración de la hoja de balance granulométrico.

De acuerdo a las condiciones geológicas del banco, los expertos en explosivos nos proporcionan en la voladura, la curva granulométrica del material que se obtiene, dependiendo del tipo de roca, y que será el que introduzca al proceso de trituración; y es de esta curva de donde se obtienen los porcentajes de alimentación que se le darán a la planta.

Supongamos que el siguiente cuadro es el balance granulométrico del banco

TAMAÑO DE LOS MATERIALES	ALIMENTACION A LA PLANTA.	
	%	TON
34" - 8"	85	287
8" - 1 1/2"	7	24
1 1/2" - 3/4"	5	17
3/4" - 0"	3	10
S U M A	100	338

}

}

51 TON  
\*

27 TON  
\*\*

\* Este material no debe pasar por la trituración primaria que reduce hasta 8" hacia abajo para no aumentar su capacidad de trituración, sino sacarlo mediante una criba y por una banda mandarlo directamente a la secundaria.

Luego entonces, la trituración primaria deberá tener capacidad de  $338 - 51 = 287$  T.C./hora.

\*\* Los materiales comprendidos entre 1 1/2" y 0" representan un porcentaje muy pequeño (27 TON) con respecto al volumen total (338 TON), por lo que no es conveniente modificar el sistema, añadiendo una criba y su banda transportadora, sino sacarlas directamente de depósito final.

3er. Paso.- Selección de la trituradora primaria.

Variables: Tamaño mínimo de admisión 34"

Producción media: 287 T.C./hora.

Teniendo una abertura de 5" obtenemos tamaños de material de 8" según gráfica (Ver gráfica de análisis granulométrico del producto de quebradoras de quijadas).

Alternativas de la tabla de producción No. 1

Analizando el tamaño y la capacidad de las quebradoras de quijada determinaremos la que mejor se apegue a nuestro problema.

Teniendo una Abertura de 5"	Tamaño Máquina	Producción media
Alternativa 1	30 x 42	$\frac{190 + 285}{2} = 237.5 \text{ T.C./h}$
Alternativa 2	36 x 46	$\frac{240 + 360}{2} = 300 \text{ T.C./h}$

Observando A-1 este tamaño de máquina no es el indicado ya que el tamaño de nuestro material es de 34" el cual no cabría en la quebradora (30" < 34"), además de que no está dando producción deseada de 287 T.C./h.

Observando A-2 se considera como la mejor alternativa debido a que cumple con el tamaño (34" < 36") y la producción deseada.

En este problema, dadas las condiciones de reducir de 34" a 8" 287 T.C./hora, solo existe una solución, la máquina 36 X 46 abierta a 5"

4to. Paso.- Dadas las curvas granulométricas del fabricante, llenar la hoja de balance granulométrico.

TAMAÑO DE LOS MATERIALES	BANCO: ALIMENTACION A LA PLANTA.		NOTA	TRITURADORA PRIMARIA	
	%	TON		%	TON
34" - 8"	85	287	Este material se va directo a la secundaria sin pasar por la primaria.		
8" - 1 1/2"	7	24		80	230
1 1/2" - 3/4"	5	17		12	34
3/4" - 0"	3	10		8	23
S U M A	100	338		100	287

Resumen del proceso hasta primaria.

TAMAÑO DE LOS MATERIALES	R E S U M E N	
	%	TON
34" - 8"	-	-
8" - 1 1/2"	75	24+230=254
1 1/2" - 3/4"	15	17+34= 51
3/4" - 0"	10	10+23= 33
S U M A	100	338

} 84 T.C./hr.

NOTA: El resultado de cada resumen debe ser igual al volumen total = 338 T.C./hr.

5to. Paso.- Selección de la trituradora secundaria.

Variables: Tamaño mínimo de admisión 8"

Abertura 1" para que nos dé material de 1 1/2".

Según las gráficas granulométricas de producción. Producción media = 254 T.C./hr. (Puesto que 51 + 33 T.C./hr obtenidas en la primaria en tamaños de 1 1/2" a 0" se eliminan mediante una criba y sólo debe reducirse de tamaño entre 8" y 1 1/2").

Alternativas de la tabla de producción. (tabla No. 2)

Abertura 1"	Máquina	Producción
Alternativa 1	498 s	170 T.C./hr. 254
Alternativa 2	66 st	275 T.C./hr. 254

Se debe usar la 66 st por adecuarse a la producción requerida.

6to. Paso.- Dadas las curvas granulométricas del fabricante, llenar la hoja de balance granulométrica.

TAMAÑO DE LOS MATERIALES	TRITURADORA PRIMARIA	RESUMEN BANCO + PRIMARIA		SECUNDARIA			
		%	TON	%	TON		
34" - 8"	Datos anteriores	80	254	-	-		
8" - 1 1/2"				12	51	58	147
1 1/2" - 3/4"				8	33	42	107
3/4" - 0"							
S U M A		100	338	200	254		

Finalizar el balance granulométrico. El cuadro completo se muestra a continuación.

TAMAÑO DE LOS MATERIALES	RESUMEN FINAL			
	%	TON		
34" - 8"	59	198		
8" - 1 1/2"				
1 1/2" - 3/4"			41	140
3/4" - 0"				
S U M A	100	338		

7mo. Paso.- Dibujar el diagrama de flujo.

8vo. Paso.- diseño de la primera criba.

$$\text{Area} = \frac{\text{Alimentación menos sobretamaño}}{A \times B \times C \times D \times E \times F} \quad (\text{pies cuadrados})$$

$$\text{Alimentación menos sobretamaño} = 592 - 254 = 338$$

FACTOR A Capacidad específica en toneladas cortas por hora que pasan a través de un pie cuadrado de malla.

$$(1 \frac{1}{2}'' \text{ con piedra triturada}) = 2.68$$

FACTOR B Función de sobretamaño

$$\frac{254}{592} = 0.43 \text{ ----- } 0.94$$

FACTOR C Eficiencia deseada.

$$94\% \text{ ----- } 1.00$$

FACTOR D Cantidad en la alimentación menor de la mitad de la malla de cribado.

Malla de cribado \_\_\_\_\_ 1 1/2''

$$1/2 = 3/4''$$

Cantidad 1 1/2'' \_\_\_\_\_ 3/4'' \_\_\_\_\_ 51 TON.

Cantidad 3/4'' \_\_\_\_\_ 0'' \_\_\_\_\_ 33 TON.

$$33/51 = 0.65 \quad \text{Por lo tanto} \quad D = 1.60$$

FACTOR E Cribado por vía húmeda \_\_\_\_\_ 1.10

ALIMENTACION DEL BANCO  
338 T.C./hora ( 34"-0" ) = (51+287)

51 T.C./hr Directas  
a la banda por ser  
tamaños entre  
1 1/2"-0"

GRIZZLY para eliminar tamaños  
menores a 1 1/2"

287 T.C./hr a trituración primaria

Trituración primaria  
36 x 46 abierta a 5"

51 + 287 = 338 T.C./hr

BANDA TRANSPORTADORA CAPACIDAD 338 T.C./hr Primaria  
 $\frac{+254}{592 \text{ T.C.}}$

254 T.C./hr  
(8" - 1 1/2")

RETORNO EN  
CIRCUITO CERRADO

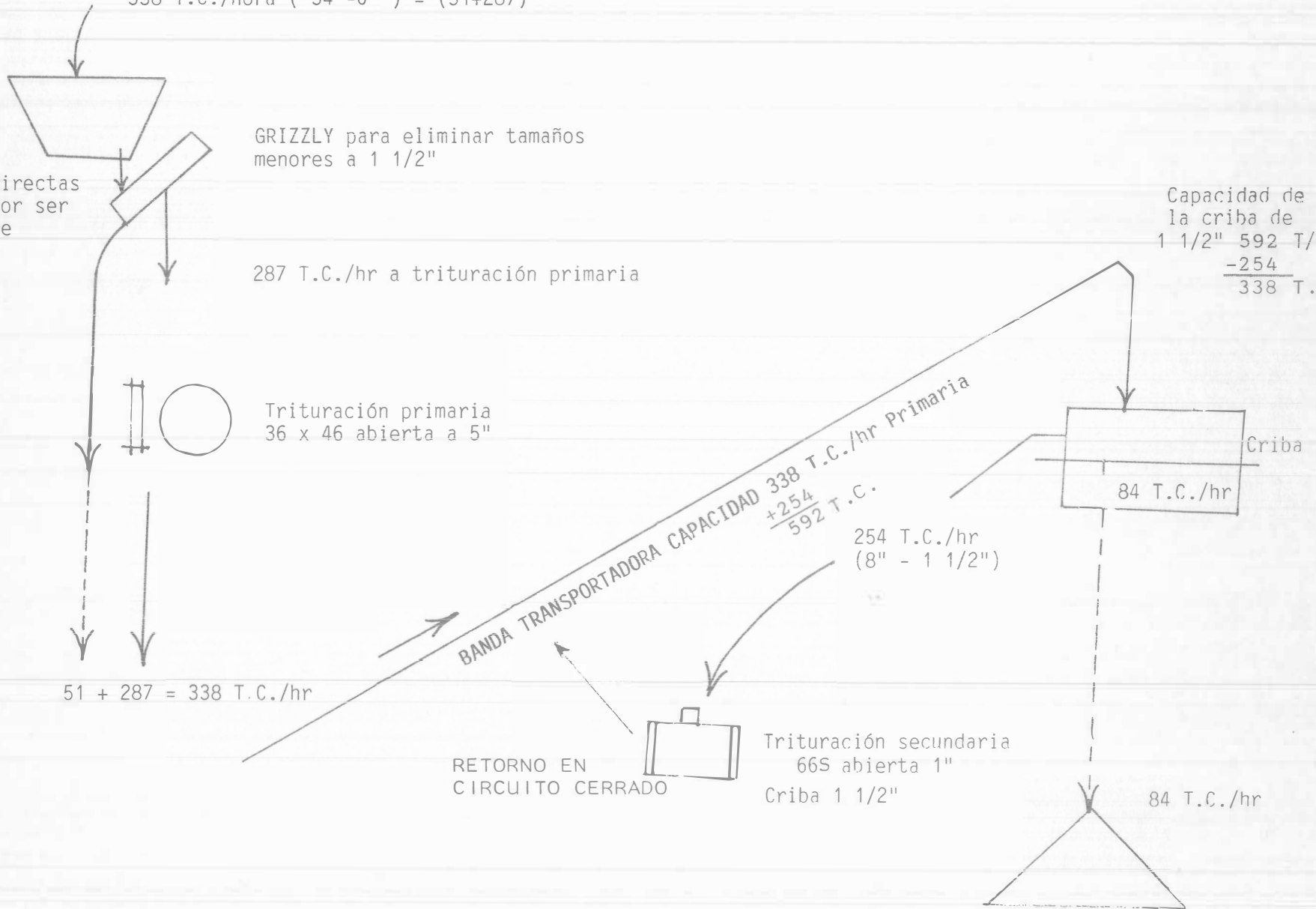
Trituración secundaria  
66S abierta 1"  
Criba 1 1/2"

Capacidad de  
la criba de  
1 1/2" 592 T/h  
 $\frac{-254}{338 \text{ T.}}$

84 T.C./hr

84 T.C./hr

PRODUCTO FINAL  
(84+254 = 338 T.C./hr)



FACTOR F Piso superior \_\_\_\_\_ 1.00

$$Ar = \frac{338}{2.68 \times 0.94 \times 1.00 \times 1.60 \times 1.10 \times 1.00} = \frac{338}{4.43}$$

Area = 76.30 pies cuadrados

Corresponde a una criba telsmith 5' x 16'

*9no. Paso.-* Diseño de las bandas Transportadoras.

**NOTA:** Consultar el capítulo correspondiente a Bandas Transportadoras



HOJA DE BALANCE

GRANULOMETRICO

Voladura Banco

Tamaño de los materiales	Alimentación a la planta		Trituración Primaria 36 x 46 @ 5"		Resumen Alimen.+ Prima		Trituración Secundaria 66S@1"		Resumen de Alimen. + Prima - Secundaria		Trituración Terciaria		Resumen Final	
	%	TON	%	TON	%	TON	%	TON	%	TON	%	TON	%	TON
34" - 8"	85	287	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8" - 1 1/2"	7	24	80	230	75	254	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2" - 3/4"	5	17	12	34	15	51	58	147	-	-	-	-	59	198
3/4" - 0	3	10	8	23	10	33	42	107	-	-	-	-	41	146
S U M A	100	338	100	287	100	338	100	254	-	-	-	-	100	338

Como se puede observar en la tabla anterior se obtuvieron los siguientes porcentajes de material:

1 1/2" - 3/4" \_\_\_\_\_ 59 %  
 3/4" - 0" \_\_\_\_\_ 41 %

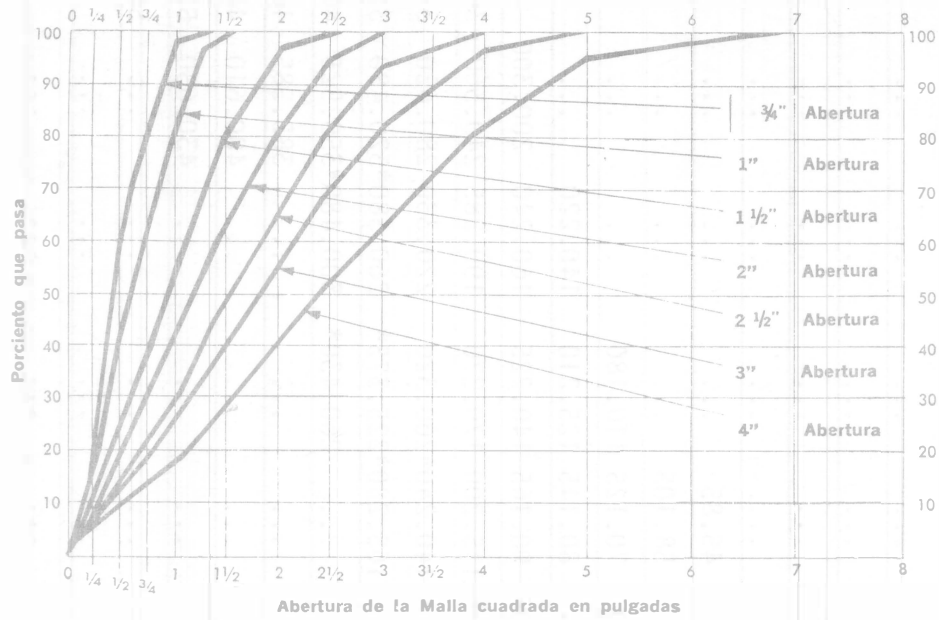
Cumpliendo de esta manera con lo establecido en nuestro problema.

CAPACIDAD DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADA.

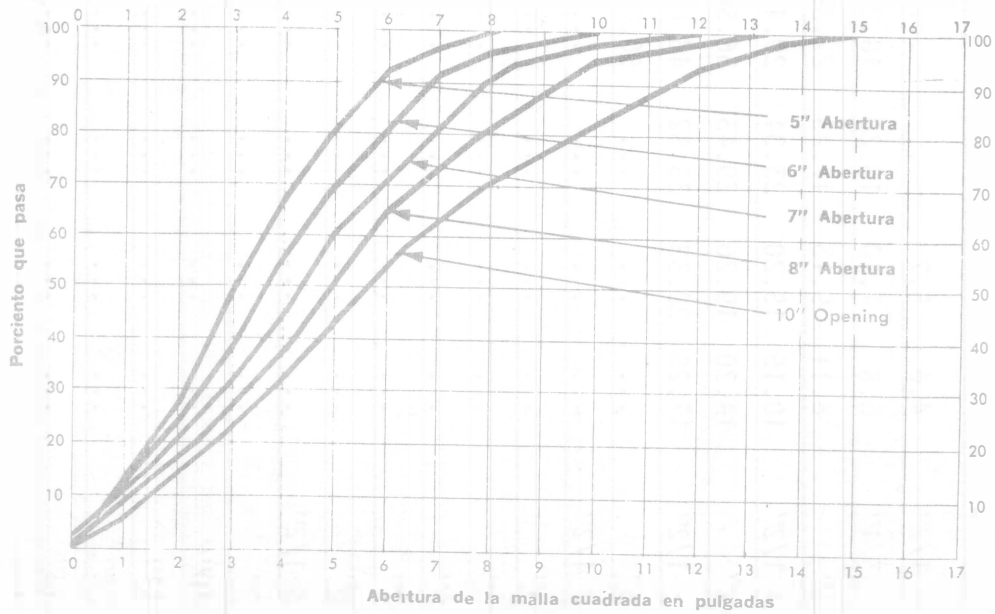
Tamaño *	10x16	10x21	10x30	12x36	15x24	15x38	20x36	25x40	30x42	36x46	44x48	50x60
Capacidad en ton/a una abertura de salida de:												
1/2"	4.6	5.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3/4"	6.8	7.10	13.20	18.27	...	...	...	...	...	...	...	...
1"	8.11	9.13	17.25	22.33	17.25	...	...	...	...	...	...	...
1-1/2"	10.15	15.20	23.34	29.43	25.35	38.57	...	...	...	...	...	...
2"	14.20	19.26	29.43	36.54	30.45	48.72	45.85	...	...	...	...	...
2-1/2"	17.25	22.33	35.52	43.65	37.55	57.86	58.105	...	...	...	...	...
3"	...	...	...	50.75	43.65	67.100	70.125	110.180	...	...	...	...
3-1/2"	...	...	...	...	...	76.114	80.145	125.210	140.220	...	...	...
4"	...	...	...	...	...	...	90.165	140.225	160.240	200.300	...	...
5"	...	...	...	...	...	...	115.200	170.270	190.285	240.360	300.450	420.625
6"	...	...	...	...	...	...	140.240*	200.320	220.330	280.420	333.500	460.700
7"	...	...	...	...	...	...	165.280*	225.375*	260.380*	320.480	366.550	505.760
8"	...	...	...	...	...	...	...	260.430*	300.480*	350.525	406.610	...
8-1/2"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	385.585	467.670	590.810
9"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	400.610	480.720	600.90
10"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	430.650	520.780	650.580
11"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	560.840	710.1050
12"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	780.1360
13"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	900.1470
14"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	950.1600
15"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1020.1680
16"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Palabra Clave:	Jabot	Jacal	Jade	Jaggy	Jalop	Jarl	Jove	Jounce	Jotunn	Jocund	Jowle	Joel

EL TAMAÑO SE DESIGNA EN BASE AL ANCHO Y LONGITUD EXPRESADO EN PULGADADAS DEL RECTANGULO QUE CONSTITUYE LA BOCA DE ADMISTON.

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL PRODUCTO DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS  
 PARA ABERTURAS DE SALIDA DESDE 3/4" HASTA 4"



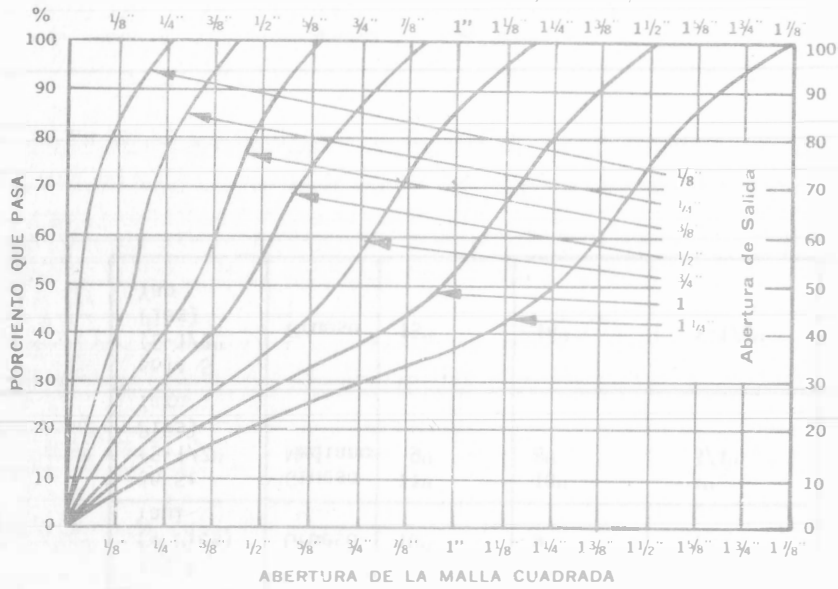
PARA ABERTURAS DE SALIDA DESDE 5" HASTA 10"



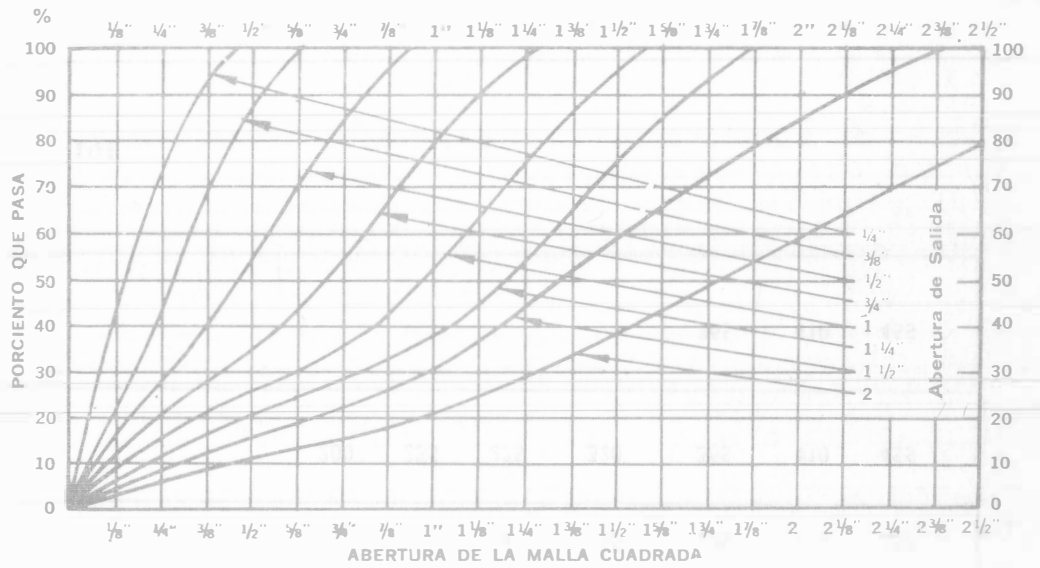
TRITURADORA SECUNDARIA TIPO "S"

Tamaño de la Trituradora y Cable.	Tipo de Tazón.	Abertura de Admisión		Abertura de Descarga mínima recomendada.												
		Lado Abierto "A"	Lado Cerrado "B"		1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	
24 S (2 Pies) Jacht.	Gruoso Mediano.	3-1/4"	2-3/4"	3/4"												
		2-1/2"	1-3/8"	1/4"	17	22	27	32	37	42	47	53				
245 S (2 Pies) Jak	Gruoso	4-5/8"	4-1/8"	1/2"			27	32	37	42	47	53				
36 S (3 Pies) Yaud	Extra-Gruoso Gruoso Mediano	7-1/8"	6-1/4"	3/4"												
		5"	4"	1/2"		36	41	56	71	77	83	89	105	110		
		4-1/2"	3-3/4"	3/4"												
367 S (3 Pies) Yam	Gruoso	7-3/4"	6-3/4"	3/4"					71	77	83	89	105	110		
48 S (4 Pies) Yaupon	Extra-Gruoso Gruoso Mediano	8-1/2"	7-1/2"	3/4"												
		7-1/2"	6-1/2"	3/4"												
		5-7/8"	4-3/4"	1/2"			85	110	135	155	170	185	200	215	230	
498 S (4 Pies) Yaul	Gruoso	10"	9"	1"							170	185	200	215	230	
66 St (5-1/2" Pies) Yarn	Gruoso Mediano	11"	10"	1"												
		9"	8"	3/4"					200	235	275	320	365	410	455	
6614 S (5-1/2" Pies) Yap	Gruoso	15"	14"	1-1/2"									365	410	455	

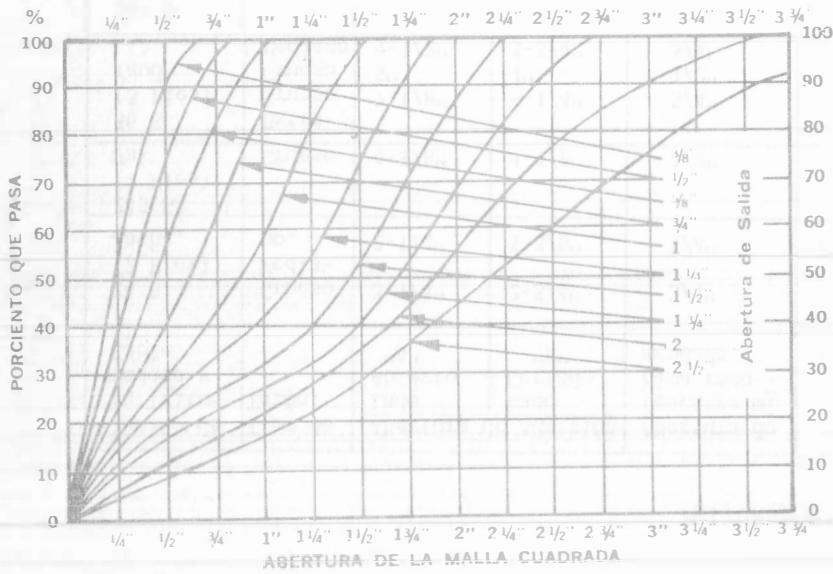
TRITURADORAS MODELO 24, "S" y "FC"



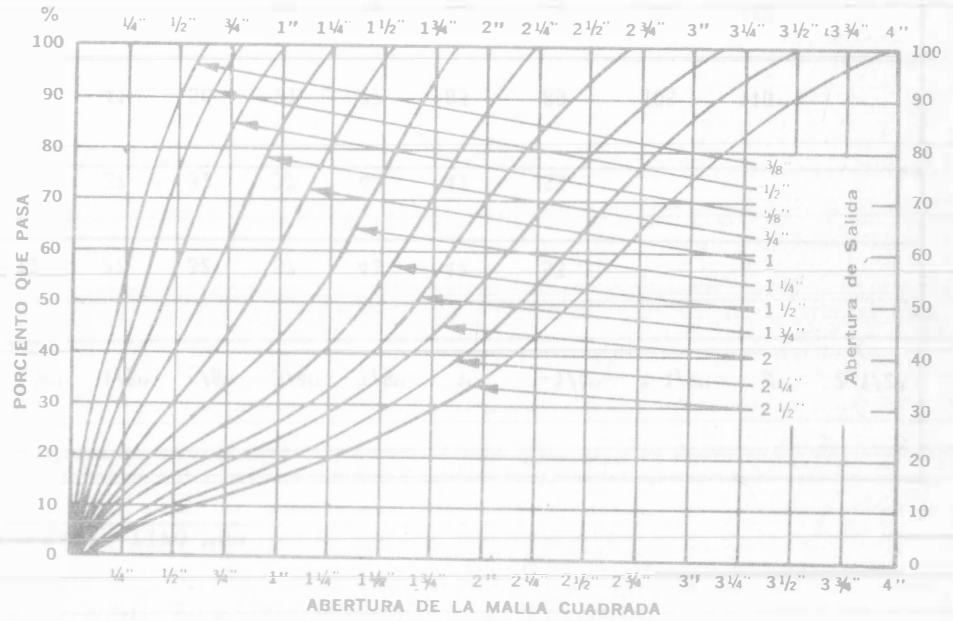
TRITURADORAS MODELO 36, "S" y "FC"



TRITURADORAS MODELO 48, "S" y "FC"



TRITURADORAS MODELO 66, "S" y "FC"



CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS.

FACTOR "A" : CAPACIDAD ESPECIFICA EN TONELADAS CORTAS POR HORA QUE PASAN A TRAVES DE UN PIE CUADRADO DE MALLA, BASADOS EN UNA EFICIENCIA DEL 95%, CON UN SOBRETAMAÑO EN EL MATERIAL ALIMENTADO DEL 25%.

Claro de la Malla Cuadrada	.016"	.0164"	.032"	.0328"	.046"	.065"	.093"	1/8"	.131"	.185"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	5"	
Número de Malla	48	35	28	20	14	10	8		6																
Arena	.144	.183	.226	.282	.36	.45	.57	.69	.73	.90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Polvo de Roca.	.120	.152	.188	.235	.30	.375	.475	.56	.595	.75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Polvo de Carbón	.091	.115	.142	.178	.226	.284	.36	.43	.45	.57	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Grava de Río	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.08	1.40	1.68	1.94	2.16	2.36	2.56	2.90	3.20	3.70	4.05	4.30	4.65	4.90	
Piedra Triturada	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	.88	1.19	1.40	1.60	1.80	1.96	2.12	2.40	2.68	3.10	3.38	3.60	3.86	4.07	
Carbón	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	.68	.88	1.04	1.21	1.36	1.48	1.60	1.83	2.00	2.31	2.53	2.69	2.91	3.06	

FACTOR "B" ES FUNCION DE PORCENTAJE DE SOBRETAMAÑO CONTENIDO EN LA ALIMENTACION A LA CRIBA.

Porcentaje de Sobretamaño	Factor "B"	Porcentaje de Sobretamaño	Factor "B"
10%	1.05	85%	.64
20%	1.01	90%	.55
30%	.98	92%	.50
40%	.95	94%	.44
50%	.90	96%	.35
60%	.86	98%	.20
70%	.80	100%	.00
80%	.70		

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS.

Eficiencia Deseada	60%	70%	75%	80%	85%	90%	92%	94%	96%	98%	FACTOR "C": UNA SEPARACION PERFECTA O EFICIENCIA DEL 100% NO ES ECONOMICA. EN LA PRACTICA DEL CRIBADO DE AGREGADOS, SE ACEPTA UNA EFICIENCIA DEL 94%
Factor "C"	2.10	1.70	1.55	1.40	1.25	1.10	1.05	1.00	.95	.90	

Cantidad en la alimentación menor de la mitad de la malla de cribado	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	ESTE FACTOR ES NECESARIO CONSIDERARLO CUIDADOSAMENTE CUANDO SE ESTE CRIBANDO UN MATERIAL CON ALTO CONTENIDO DE ARENA O ROCA FINA. POR EJEMPLO, SI SE ESTA CRIBANDO A 1/2", CONSIDERAR EL PORCENTAJE MENOR A 1/4" EN LA ALIMENTACION.
Factor "D"	.55	.70	.80	1.00	1.20	1.40	1.80	2.20	3.00	--	

CRIBADO POR VIA HUMEDA.

Tamaño de la Abertura de la malla (Pulgadas o número de la malla)	20	14	10	8	1/8"	6	4	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	3/4"	1" o más
Factor "E"	1.10	1.50	2.00	2.25	2.50	2.50	2.50	2.25	2.00	1.50	1.30	1.20	1.10

EL CRIBADO POR VIA HUMEDA ABAJO DE LA MALLA #20, NO SE RECOMIENDA. SI SE CRIBA POR VIA SECA, SE UTILIZARA UN FACTOR "E" IGUAL A 1. UN CRIBADO POR VIA HUMEDA SIGNIFICA EL UTILIZAR DE 5 A 10 GALONES POR MINUTO DE AGUA POR CADA YARDA CUBICA DE MATERIAL PRODUCIDO POR HORA, O SEA QUE POR CADA 50 YARDAS CUBICAS POR HORA DE MATERIAL, SE NECESITARAN DE 250 A 500 GALONES POR MINUTO DE AGUA.

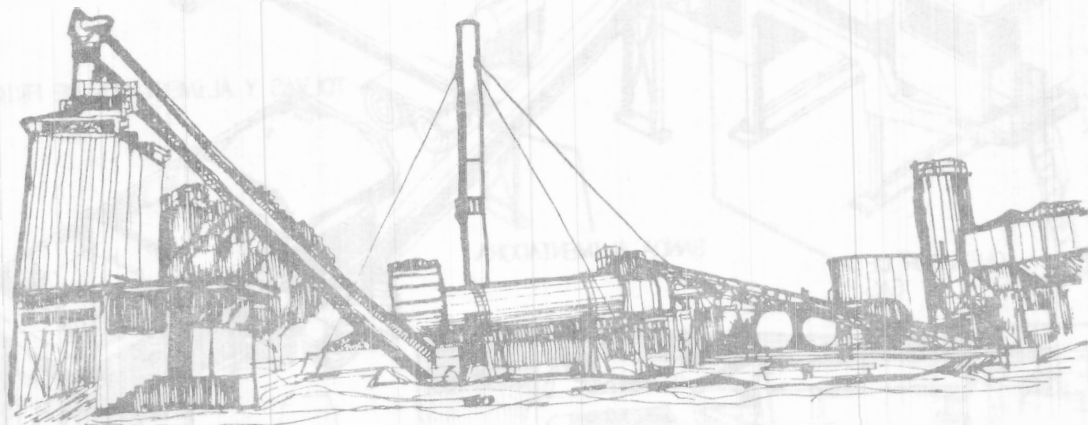
PISO	SUPERIOR	SEGUNDO	TERCERO	PARA UNA CRIBA DE UN PISO, SE USARA UN FACTOR "F" IGUAL A 1. PARA UNA CRIBA DE DOS O TRES PISOS PARA EL CALCULO DE CADA PISO, SE UTILIZARA EL FACTOR "F" INDICADO CORRESPONDIENTE.
Factor "F"	1.00	.90	.75	



## II.12 PLANTAS DE ASFALTO

Se entiende por plantas de asfalto, al sistema o conjunto de operaciones que tienen como finalidad, la creación y producción de mezclas asfálticas a grandes temperaturas que se utilizan para la construcción de superficies de rodamiento. Se clasifican en plantas de tipo continuo y discontinuo dependiendo del equipo que tengan estas estaciones. Los de tipo continuo son de características más simples adecuadas especialmente para concretos asfálticos a los que no se les exija especificaciones de gran rigidez. Las de tipo discontinuo suelen utilizarse en la producción de asfaltos de alta calidad. La diferencia esencial entre ambas variantes reside en la máquina amasadora, por lo que exteriormente, la instalación no ofrece características determinantes.

Otra clasificación que puede hacerse, es atendiendo al tipo de emplazamiento que tengan, es decir, fijas o móviles.



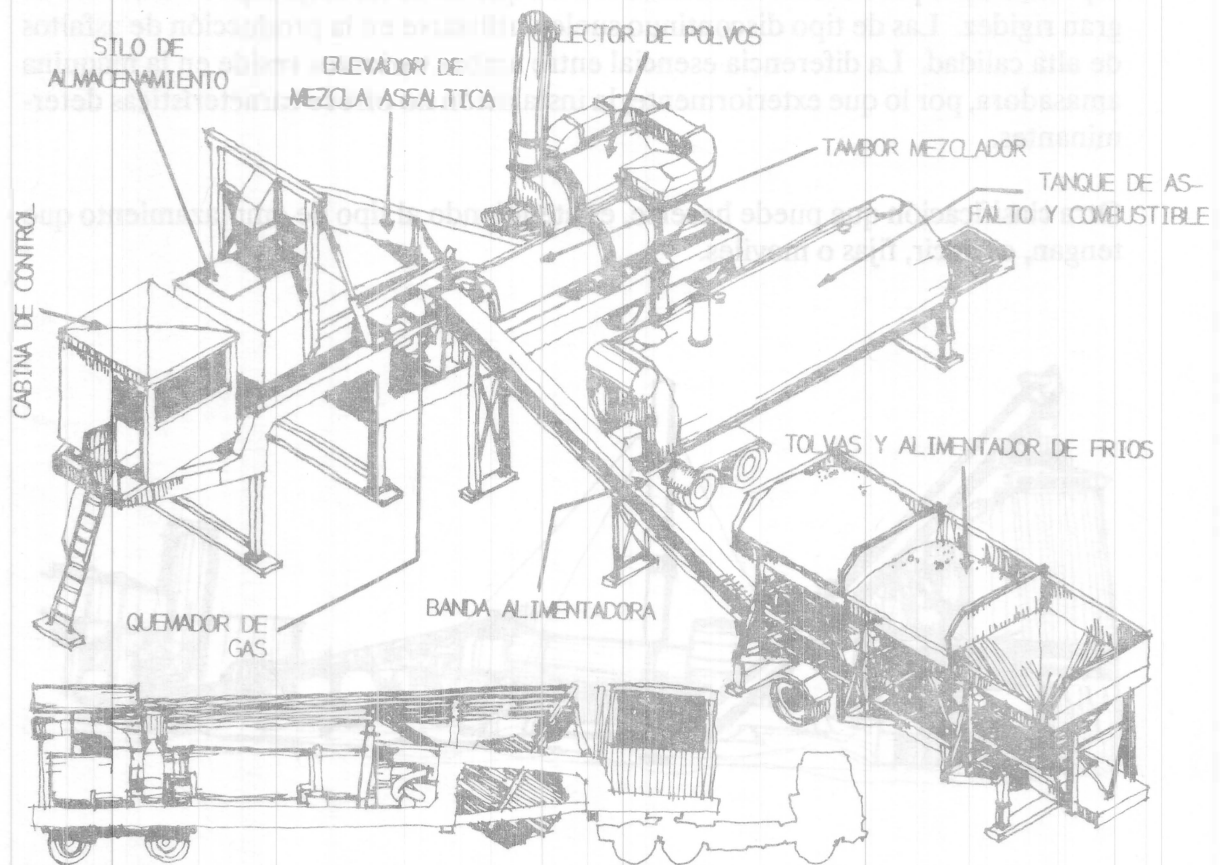
Los componentes principales de una planta de asfalto son el alimentador de fríos, el secador, un colector de polvo, unidades de control de granulometría, el mezclador, transportadores de bandas, una báscula, tanques de combustibles y de asfalto.

El material se alimenta a la planta, por medio de tractor cargador, o bandas transportadoras, depositándose en las tolvas para materiales fríos. Estas tolvas están equipadas con compuertas ajustables para regular la caída del material al alimentador de fríos para que caiga al depósito con una primera graduación granulométrica. De este depósito es llevado hasta la tolva de entrada al secador.



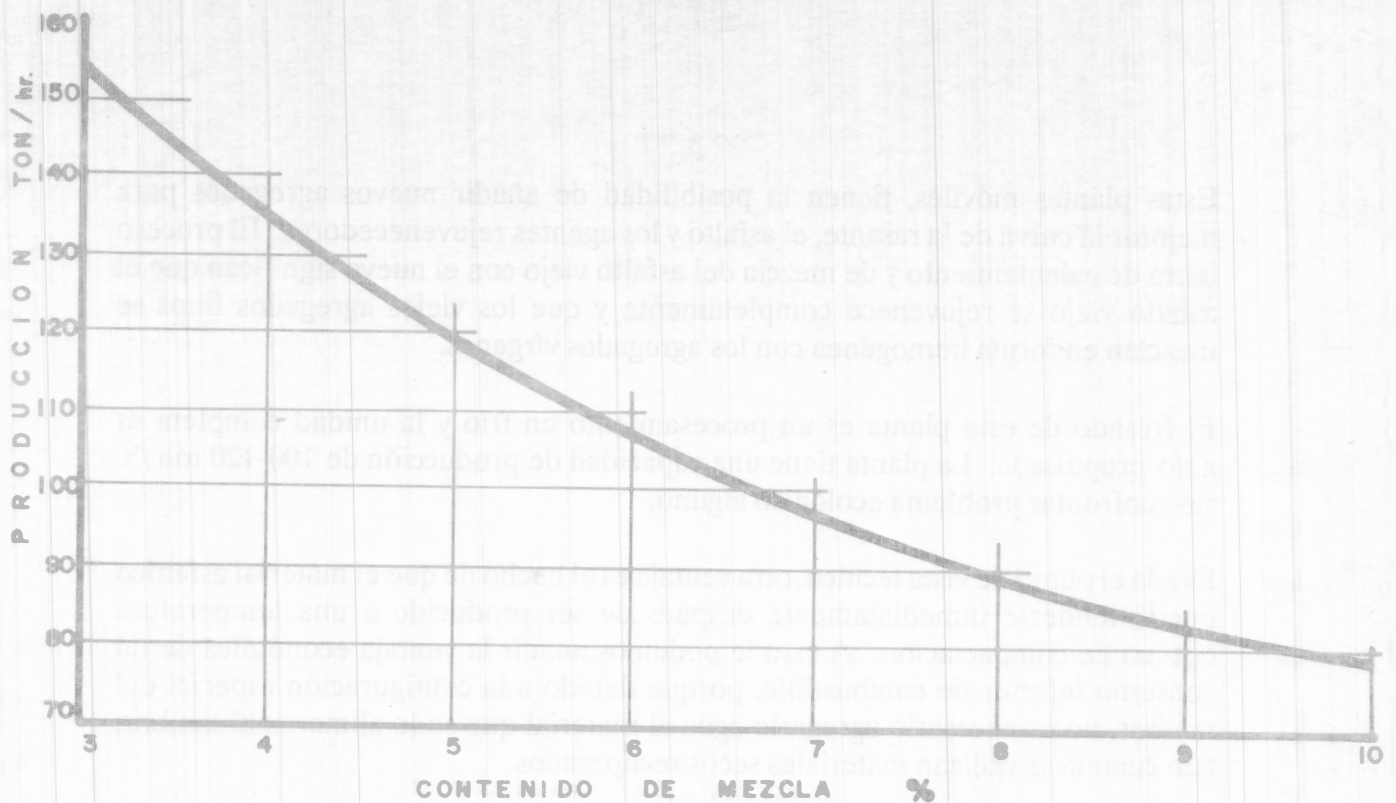
Al entrar al secador el polvo puede ser reincorporado, en caso necesario en el recipiente, en donde se une al material que sale del secador. De ahí es llevado a las cribas vibratorias, para ser separado por tamaños, depositándose en las tolvas de material caliente.

Por las compuertas de estas tolvas se extrae de cada una la cantidad en peso que fijan las granulometrías del proyecto. Se bombea el cemento asfáltico pasan al mezclador, en donde se homogeniza la mezcla y se descarga al camión que la ha de transportar.



El mercado ofrece varios tipos de controles aplicados a plantas asfálticas, entre los que merecen destacarse los basados en sistemas eléctricos, fotoeléctricos y electrónicos. Sin duda alguna, las más avanzadas tecnologías se valen de componentes electrónicos, capaces de superar todos los otros controles conocidos y utilizados hasta ahora.

La producción de las plantas de asfalto queda establecida por el fabricante como se observa en las siguientes especificaciones técnicas.



Por ejemplo para un contenido de mezcla - 3% Producción 154 Ton/hr

Por ejemplo para un contenido de mezcla - 5% Producción 120 Ton/hr

Por ejemplo para un contenido de mezcla - 8% Producción 90 Ton/hr

#### *PLANTAS MOVILES DE RECICLADO DE ASFALTO.*

El reciclado de pavimentos asfálticos es un sistema que hace posible la reutilización de los agregados y del asfalto disponibles en las carreteras construídas en el pasado y que necesitan renovarse.

La técnica del reciclado ha ido en aumento en el mundo. En Italia en particular, se ha tratado de perfeccionar el reciclado con plantas de pie de la obra en vez de plantas tradicionales estacionarias. Las razones particulares por las cuales se han intensificado las investigaciones relacionadas a este método son: Las dificultades existentes para conseguir permisos para instalar nuevas plantas cerca de las obras de construcción, el ahorro considerable que implica la eliminación del doble manejo de los materiales, y la importancia de mantener el flujo de tráfico existente.

Una planta móvil ha sido fabricada, que incluye una mezcladora de tambor que es exactamente igual a la que se encuentra en una planta estacionaria.

Estas plantas móviles, tienen la posibilidad de añadir nuevos agregados para mejorar la curva de la rasante, el asfalto y los agentes rejuvenecedores. El proceso lento de calentamiento y de mezcla del asfalto viejo con el nuevo significan que el asfalto viejo se rejuvenece completamente y que los viejos agregados finos se mezclan en forma homogénea con los agregados vírgenes.

El fresado de esta planta es un procesamiento en frío y la unidad completa es auto-propulsada. La planta tiene una capacidad de producción de 100-120 ton./h. sin confrontar problema ecológico alguno.

Desde el punto de vista técnico, otra ventaja es el hecho de que el material asfáltico puede tenderse inmediatamente después de ser producido a una temperatura óptima de compactación. A esto le podemos añadir la ventaja económica de un consumo inferior de combustible, porque debido a la configuración especial del tambor, no es necesario agregarle agua al material que se le alimenta al tambor, aún cuando se utilizan materiales secos recuperados.

Mediante el uso de nuevos agentes especiales de rejuvenecimiento, se pueden modificar las características físicas, químicas y geológicas del asfalto, como se han visto en los laboratorios de investigación. Las características mecánicas y de resistencia están en el proceso de ser evaluadas en los mismos laboratorios.

Se ha calculado la posibilidad de grandes ahorros mediante el uso de estas nuevas técnicas, que sin duda, ocuparán un papel cada vez más importante en los trabajos de mantenimiento.

La planta móvil de reciclado de asfalto, A.R.T. 220, también puede trabajar en posición estacionaria, en cualquier área no equipada, con ayuda simplemente de una sola cargadora que alimenta la unidad de recogida.

La planta está compuesta de dos elementos. El primero es para transportar, recolectar y alimentar el material que ha de ser reciclado; el segundo es una sección de semi-remolque en la cual se monta una mezcladora a tambor equipado para reciclado. Este segundo elemento va enganchado al primero. A continuación se mencionarán algunas de las funciones de estos equipos. Los números que aparecen en paréntesis se refieren al diagrama siguiente, el cual tiene los distintos elementos numerados.

En el primer vehículo:

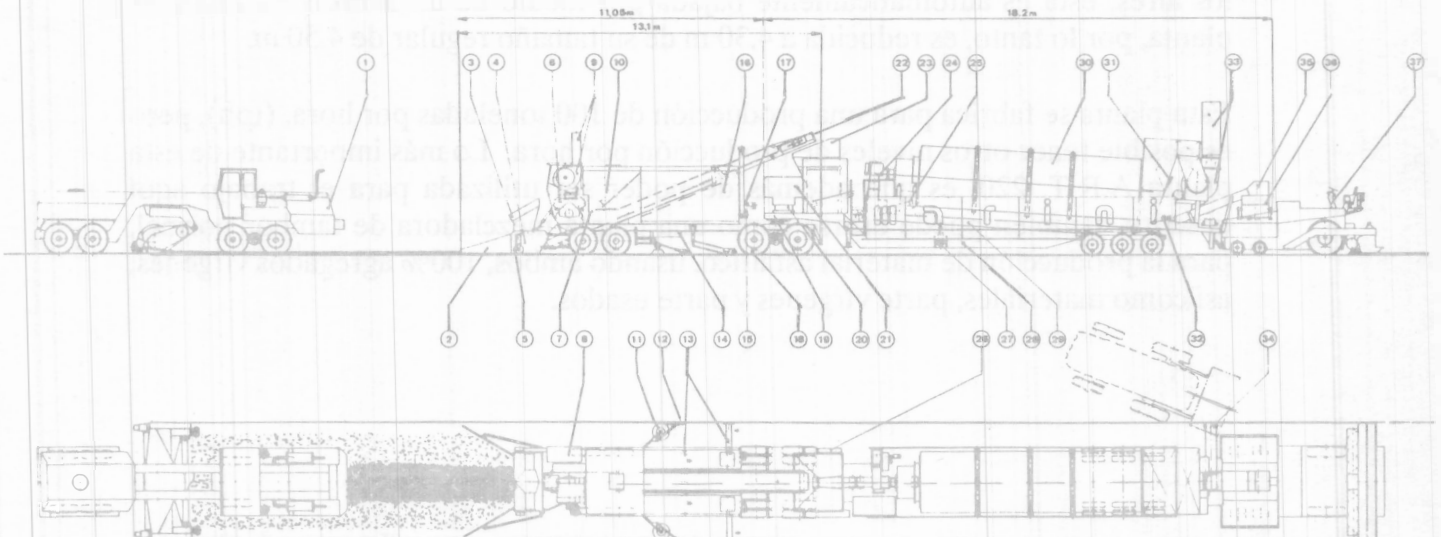
El material se recoge de la unidad fresadora (1) por dos cuchillas transportadoras (2). Entonces es alimentado por medio de un tornillo de carga (4) a la tolva mediadora (23) a través de una banda transportadora (22).

Entre los ejes del primer vehículo, cepillos rotatorios y puntos de succión, (3) limpian la superficie de la carretera perfectamente. El polvo resultante es succionado por el escape del polvo (9) y eliminado en la caja de expulsión (10). Un motor diesel (6) asegura la operación de estas partes mencionadas.

A esta unidad también se le instalan un tanque de combustible diesel (7) de 400 Litros, un tanque de asfalto (16) de 10,000 litros, calentadores (15), una bomba para transferir asfalto (17), un tanque para quemar 400 litros de combustible diesel (14), posición de modo (8) y posición de control (26).

**A.R.T.**

*Asphalt Recycling Travelplant*



En el segundo vehículo:

Este viene equipado con enganche de semi-remolque (19), que lo conecta al primer vehículo auto-propulsado. El material proviene del primer vehículo que es alimentado a través de la banda transportadora (22) se descarga dentro de la tolva de medición de compensación, y es alimentada a través de la banda de alimentación del mezclador-secador (26) a la mezcladora de tambor misma (30). La mezcladora de tambor está equipada con un mechero silente cerrado (24).

Con la inclinación longitudinal de la carretera puede cambiar, la inclinación del bastidor en el que descansa la mezcladora, el tambor también puede ser variable. Esto se logra por medio de un dispositivo hidráulico auto-nivelador (27), en relación al bastidor de la unidad completa.

Todo este procedimiento para producir asfalto puede controlarse igual que en una planta estacionaria. Es más, todos los instrumentos requeridos para esto son provistos (31-32-26).

El segundo vehículo obtiene su fuerza motriz de una planta generadora (21). El producto final se transporta por medio de una barra transportadora (35) hacia una tolva anti-segregación (36) para ser alimentado a una pavimentadora asfáltica de norma (37). Una banda transportadora se utiliza para descargar material rechazado, por el costado (34).

Si la torre de la planta se pone en contacto con algún material suelto volando por los aires, ésta es automáticamente bajada por medio de un sensor. La altura la planta, por lo tanto, es reducida a 4.30 m de su tamaño regular de 4.50 m.

Esta planta se fabrica para una producción de 100 toneladas por hora, (tph), pero es posible tener otros niveles de producción por hora. Lo más importante de esta planta A.R.T. 220, es que además de poder ser utilizada para el trabajo aquí descrito, también puede usarse como una planta mezcladora de tambor normal, para la producción de material asfáltico, usando ambos, 100% agregados vírgenes, así como materiales, parte vírgenes y parte usados.

## II.13 PLANTAS DE CONCRETO

Se entiende por planta de concreto, todo sistema o conjunto de operaciones, que tienen como finalidad, la creación y producción del concreto en todas sus variedades y formas de aprovechamiento racional.

Las plantas de concreto se dividen en dos clases, con base en las funciones que se realizan en ellas y son:

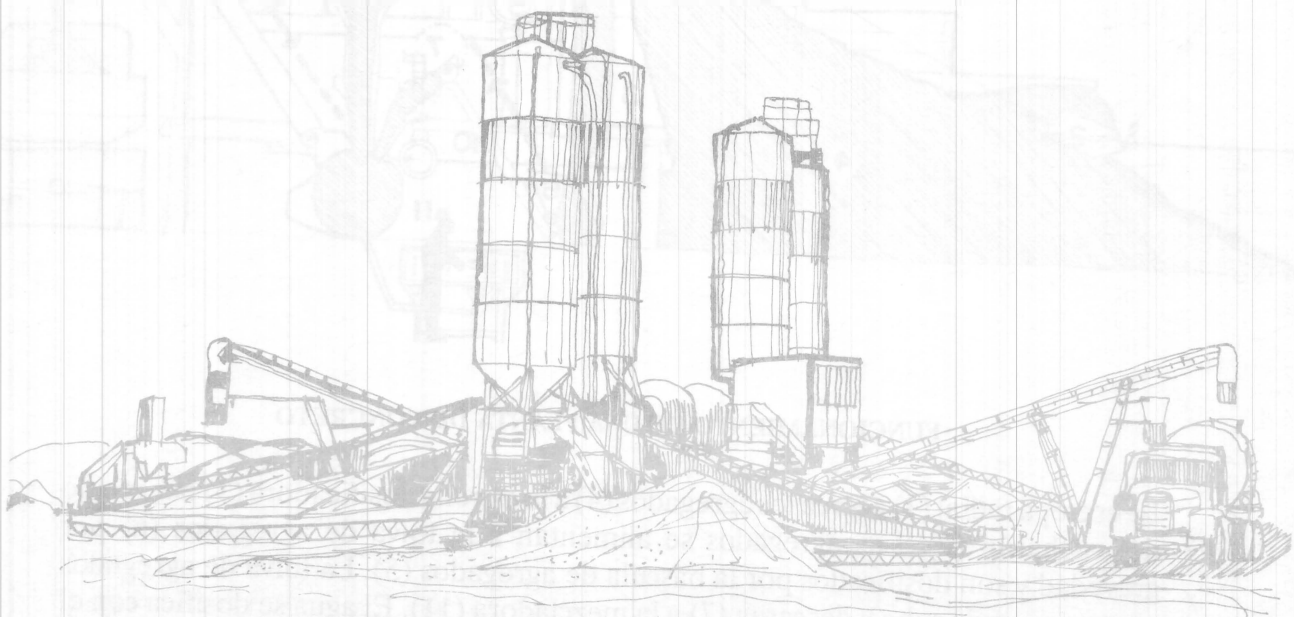
### a) Dosificadoras

En este tipo de plantas, la operación de dosificación es la que únicamente se efectúa con los materiales constituyentes del concreto, dejando el mecanismo de mezclado a los camiones revolvedores, que son equipo auxiliar e independiente al de dosificación.

### b) Dosificadoras - Mezcladoras

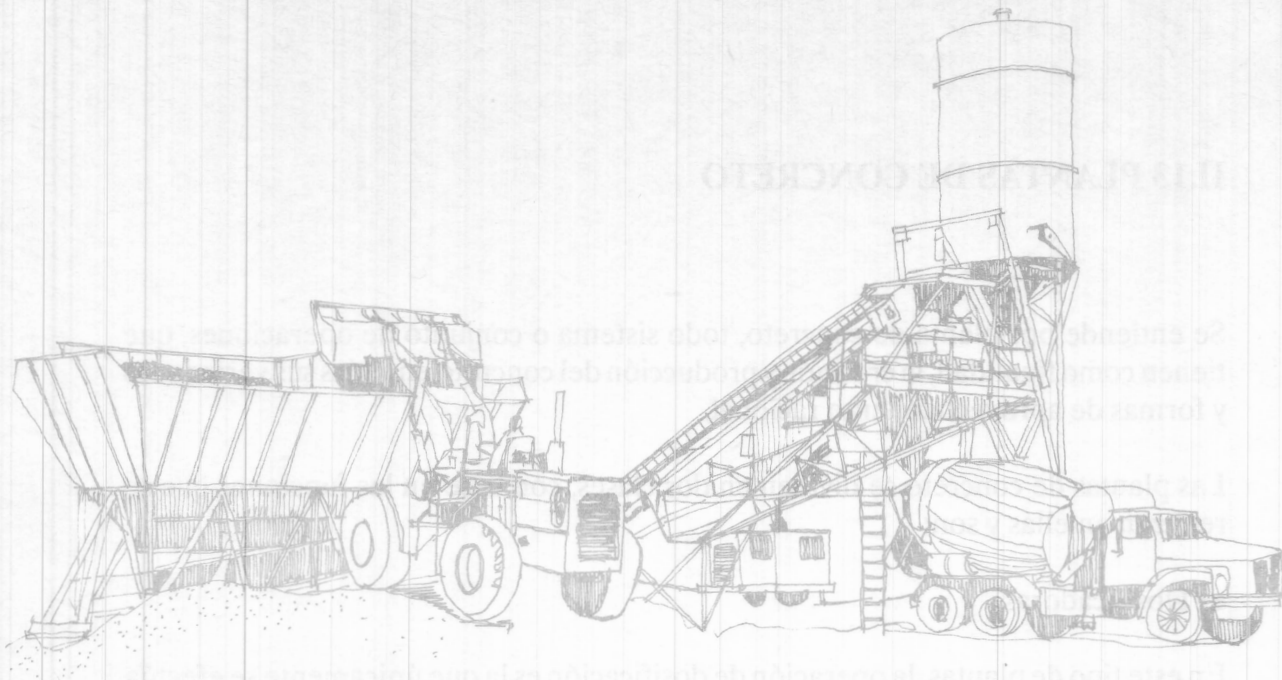
Para este sistema, la producción del concreto, tanto lo que se refiere a la dosificación como al mezclado, se realiza íntegramente en ella, dejando exclusivamente para la operación de transporte el empleo de ollas.

También se dividen en dos clases según su tipo de instalación que son, fijas o estacionarias.

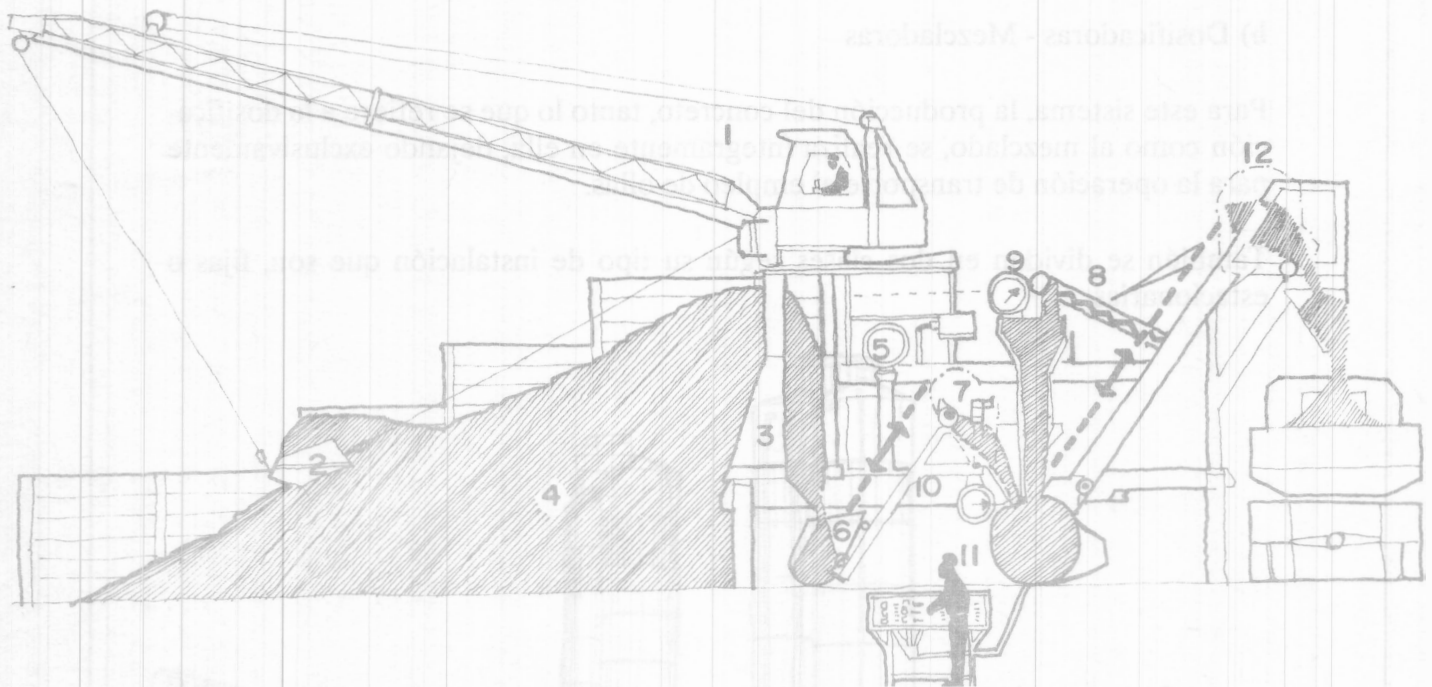


PLANTA FIJA





PLANTA MOVIL



FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE CONCRETO

La escrepa radial (1) acerca los agregados (4) a la estrella dosificadora (3) por medio del cucharón (2). Los agregados se alimentan a la tolva de agregados (6) por gravedad y son dosificados por la báscula de agregados (5). La tolva de agregados al estar cargada sube y descarga (7) a la mezcladora (11). El agua se dosifica con el hidrómetro (10) y también se descarga a la mezcladora (11). Una vez dosificados y

mezclados todos los componentes, la mezcladora continúa mezclando mientras sube y descarga (12).

### *SISTEMA DE DOSIFICACION.*

Los siguientes tipos de dosificadoras son las más usuales.

- Operación manual (volumen requerido 15 m<sup>3</sup>/hr.)
- Dosificador semiautomático (volumen requerido 15 m<sup>3</sup>/hr.)
- Dosificación automática
- Dosificación automática acumulada
- Dosificación individual automática
- Dosificación en seco.

**Dosificación manual.**- Como su nombre lo indica, en este tipo de dosificadora todas las operaciones de pesado y dosificación de los ingredientes del concreto se llevan a cabo manualmente. Este tipo de planta es adecuado cuando se trata de trabajos pequeños que no requieren grandes volúmenes de concreto. Generalmente su uso es aceptable hasta los 400 m de concreto y con una producción horaria de 15 m/hr.

**Dosificación semiautomática.**- En este sistema las compuertas de las tolvas de los agregados para cargar las tolvas pesadoras se operan manualmente mediante botones o interruptores de presión. Las compuertas se cierran automáticamente cuando el peso fijado del material ha sido pesado.

El sistema es tal que impide que la carga y la descarga de la dosificadora ocurra simultáneamente, esto se logra a través de interruptores. Es de suma importancia facilitar la inspección visual de la carátula de la báscula de cada uno de los materiales a pesar.

**Dosificación automática.**- Controlada automáticamente por medio de un solo control de mando. No obstante que requieren de interruptores de secuencia, sobre todo cuando las tolerancias predeterminadas dentro de cualquier secuencia de pesado exceden en lo especificado.

El silo de carga-descarga no se iniciará mientras la compuerta de descarga de la tolva dosificadora esté abierta.



Dentro del equipo suplementario necesario para un correcto funcionamiento de la dosificadora podemos mencionar:

- Selector para el volumen de la mezcla y dosificación.
- Medidores de humedad del agregado fino.
- Compensadores de humedad del agregado (controlados manualmente)
- Dispositivos gráficos o digitales para registrar el peso de cada material de la mezcla.

**Dosificación automática acumulada.**- Por las características de este sistema, es necesario el disponer de controles de secuencia. El pesado se interrumpe cuando las tolerancias predeterminadas son excedidas. Se llama acumulada porque son pesados juntos los agregados grueso y fino.

**Dosificación automática individual.**- Para este sistema, se provee de básculas y tolvas separadas para cada uno de los agregados utilizados así como para los demás materiales que entran en la mezcla. El ciclo de pesado se inicia con un interruptor sencillo y las tolvas medidoras individuales se cargan de manera simultánea.

## *LA MEZCLADORA*

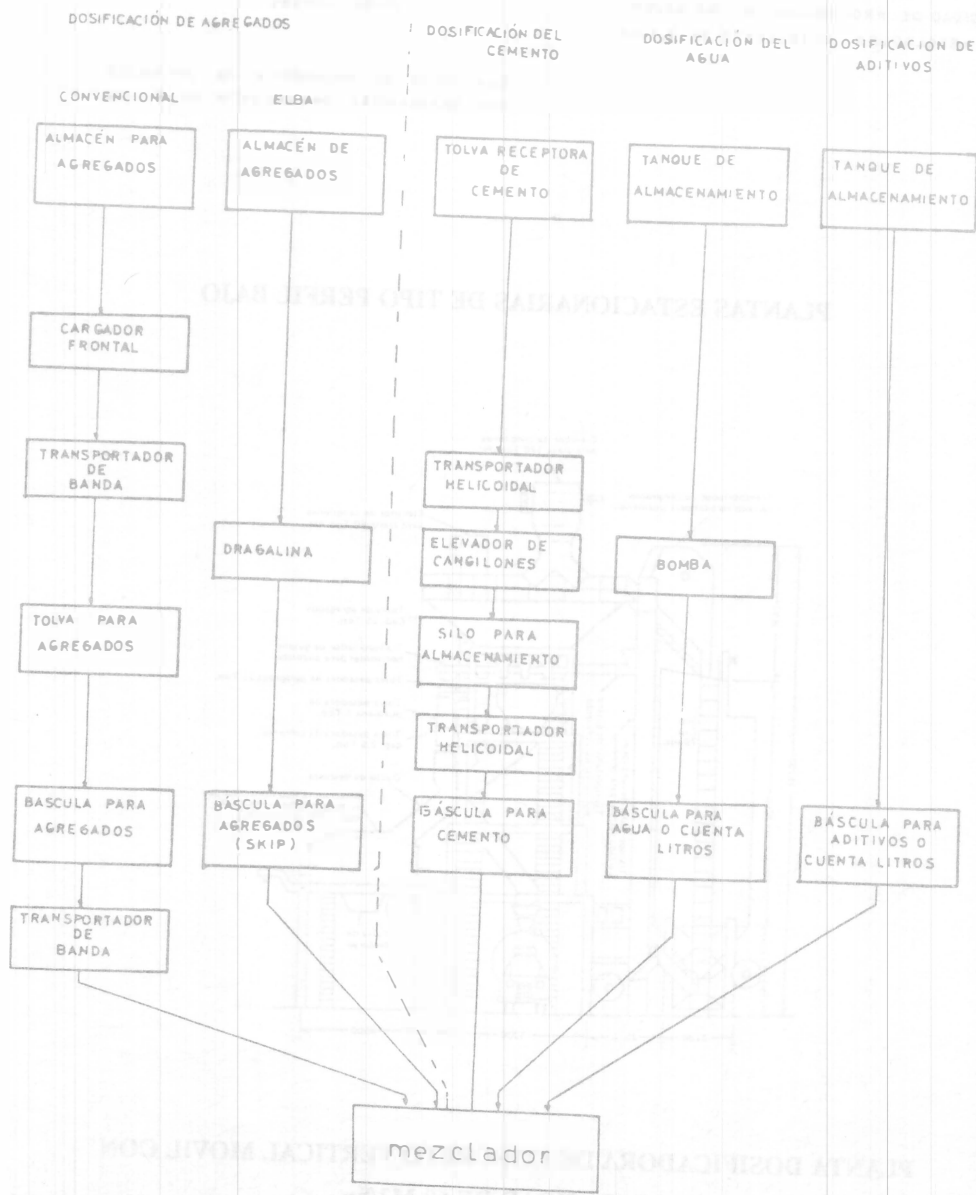
El diseño de una mezcladora, tiene una disposición de las aspas en espiral y forma de tambor para asegurar de extremo a extremo el intercambio de materiales paralelo al eje de rotación y un movimiento que voltea y espansa la mezcla sobre si misma.

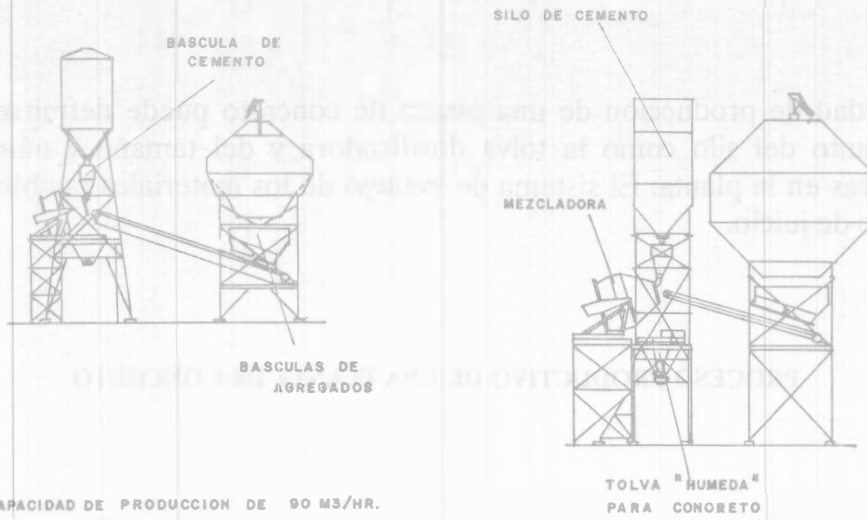
El objeto del mezclado consiste en cubrir la superficie de todas las partículas del agregado con pasta de cemento y a partir de todos los ingredientes del concreto, hacer una masa uniforme. Cabe mencionar que también existe la mezcladora de paleta en espiral.

El tiempo de mezclado que se decida utilizar estará normado por las pruebas de efectividad de la mezcladora que se use. Estos ensayos se efectuarán a intervalos regulares durante las obras. Las especificaciones más comunes mencionan que el mezclado demorará 1 minuto por  $yd^3$ , 1/4 de minuto por  $yd^3$  adicional de capacidad. Esta norma es una guía a la que podemos seguir para establecer el tiempo inicial de mezclado.

La capacidad de producción de una planta de concreto puede definirse por el tamaño tanto del silo como la tolva dosificadora y del tamaño y número de mezcladoras en la planta. El sistema de manejo de los materiales también es un parámetro de juicio.

### PROCESO PRODUCTIVO DE UNA PLANTA DE CONCRETO

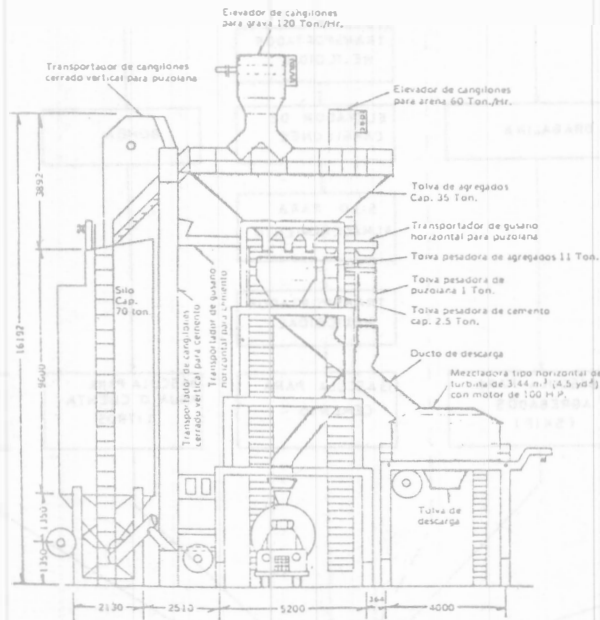




CAPACIDAD DE PRODUCCION DE 90 M<sup>3</sup>/HR.  
CON MEZCLADORA BASCULANTE DE 3.5 M<sup>3</sup>.

CAPACIDAD DE PRODUCCION DE 180 M<sup>3</sup>/HR.  
CON MEZCLADORA BASCULANTE DE 7.5 M<sup>3</sup>.

### PLANTAS ESTACIONARIAS DE TIPO PERFIL BAJO



PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO VERTICAL MOVIL CON  
CAPACIDAD DE 60 M<sup>3</sup>/hr.

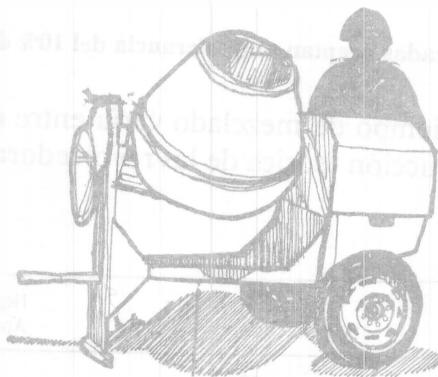
## II.14 REVOLVEDORAS PORTATILES

El concreto es una mezcla de arena, grava cemento y agua, se obtiene por diversos medios mecánicos. El método principal para realizar dicha mezcla es la Revolvedora.

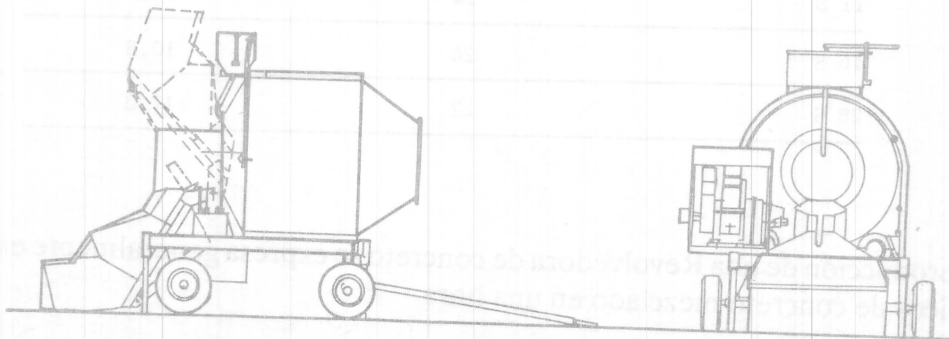
Máquina que realiza la mezcla del concreto al pie de la obra.

Las revolvedoras son un equipo ligero usado generalmente en la edificación y en lugares donde se necesita hacer un concreto y pocas cantidades.

Las revolvedoras portátiles pueden ser de tambor oscilante ó basculante, o de tambor giratorio. En las primeras el tambor tiene 2 movimientos, uno de giro, alrededor de su eje, el otro basculante: el primero corresponde a la fase de amasamiento, y el segundo a las de carga y descarga. Las revolvedoras de tambor giratorio solamente tienen un movimiento de giro alrededor de un eje horizontal que corresponde a la fase de mezcla y a la de carga y descarga.



(1) REVOLVEDORA BASCULANTE



(2) REVOLVEDORA DE TAMBOR GIRATORIO

La antigua práctica de especificar, el tamaño de las revolvedoras en sacos ha sido abandonada en favor de otro tipo de medidas, como puede ser por medio de pies cúbicos o litros. En la siguiente tabla, se muestran los diferentes tamaños de revolvedoras portátiles consideradas como standars y sus equivalentes en pies cúbicos, litros y sacos.

#### CARACTERISTICAS DE LAS REVOLVEDORAS

Modelo	Capacidades		Designación Común en sacos
	pies Cúbicos	Litros	
3 1/2 S	3.5	100	1/2
6 S	6	170	1
11 S	11	310	2
16 S	16	455	3
28 S	28	800	4

**\* NOTA: Las capacidades indicadas aceptan una tolerancia del 10% de sobrecarga.**

**Tiempo de mezclado.** El tiempo de mezclado varía entre dos y tres minutos por carga o revoltura, y la producción teórica de las revolvedoras es como sigue.

Revolvedora	Revoltura por hora	Metros Cúbicos Aprox. por hora.
3.5 S	20	2.0
6 S	24	4.0
11 S	24	7.5
16 S	24	10.5
28 S	22	17.0

La producción de una Revolvedora de concreto se expresa generalmente en metros cúbicos de concreto mezclado en una hora.

Es obvio que la producción variará con el tamaño de la Revolvedora y con las condiciones bajo las cuales se encuentra operando.

Para cualquier Revolvedora dada y ciertas condiciones de la obra la producción será el producto del volumen de la revoltura multiplicada por el número de revolturas por hora.

El número de revolturas producidas por una hora dependerá del tiempo promedio por ciclo, que varía con el tiempo de revoltura y con el método que se emplea para descargar el concreto.

La producción se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$R = \frac{1.865(v) E.}{c + m.}$$

en donde:

v = Volumen del tambor (su número de modelo o volumen en pies cúbicos).

c = Tiempo de carga y descarga de la mezcla en minutos.

m = Tiempo de mezclado en minutos.

E = Factor de eficiencia.

#### EJEMPLO

Calcular el rendimiento de una revolvedora modelo 16 S con un tiempo estimado de carga y descarga de 0.75 minutos y un tiempo de mezclado de 2.25 min. con una eficiencia del 60%.

$$R = \frac{1.865 \times 16 \times 0.60}{0.75 + 2.25} = 5.9 \text{ m}^3/\text{hora}$$

## II.15 BOMBAS DE CONCRETO

Las bombas de concreto se han convertido en el equipo más efectivo para el manejo del concreto en obra.

La característica básica de un equipo de bombeo de concreto es contar con un mecanismo que obligue a fluir al concreto húmedo por la tubería de entrega.

### A) BOMBEO DE PISTON

Las bombas de pistón están compuestas por una tolva de recepción para el concreto mezclado, una válvula de entrada y otra de salida, un pistón y un cilindro. La válvula de salida se sitúa precisamente en la línea de descarga.

En el momento en que el pistón inicia su retroarranque, la válvula de entrada se abre y la válvula de salida se cierra, y justo entonces el pistón empuja al concreto contenido en el cilindro hasta la tubería o manguera por donde fluye el concreto hasta el punto de descarga para su colocación en el área correspondiente de la obra.

Las bombas que actualmente se utilizan, constan de dos pistones, uno que retroacciona cuando el otro se impulsa hacia adelante, el objeto de esto es darle un flujo más uniforme al concreto. Cabe mencionar que en algunas bombas estos pistones pueden funcionar independientemente.

El accionar de los pistones se logra mecánicamente mediante una biela o una cadena, o bien hidráulicamente con aceite o agua. La energía de propulsión de los pistones se obtiene de motores de gasolina, diesel o eléctricos integrados en diversos modelos que ofrecen los fabricantes.

La tolva de recepción del concreto varía en tamaño y capacidad, generalmente están equipadas con aspas remezcladoras que mantienen la consistencia y uniformidad de la mezcla.

Las bombas con este principio de funcionamiento pueden estar montadas sobre un camión, un remolque o bien en un conjunto estacionario.

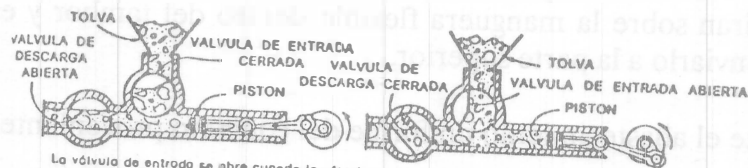


## B) BOMBEO NEUMATICO

Las bombas de concreto cuyo principio de bombeo es neumático, cuentan con un tanque de presión y un abastecedor de aire comprimido, es decir un compresor, con los que realizan su funcionamiento básico. El proceso comienza enviando al tanque de presión el concreto, luego herméticamente se cierra el tanque para que seguido de esto el aire comprimido se inyecte por la parte superior del tanque e impulse a su vez el concreto a través de un tubo conectado al fondo. Al final del tubo se haya una caja mezcladora, mediante la cual se expulsa el aire y se evita la segregación.

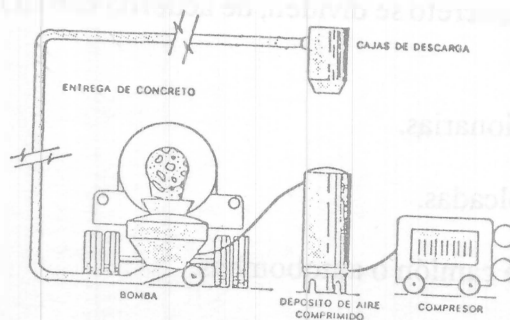
Cada que el tanque de presión se vacía, el aire se expulsa, y entonces se llena nuevamente de concreto el tanque de presión repitiendose así la operación.

En obras grandes son empleados varios tanques de presión con el objeto de proporcionar una dotación continúa de concreto a la obra. Con frecuencia se emplea un tanque receptor de aire para estabilizar el suministro de aire comprimido y asegurar de este modo que fluya constantemente el concreto.



La válvula de entrada se abre cuando la válvula de descarga está cerrada y el concreto se introduce en el cilindro por gravedad y por la succión del pistón. Cuando el pistón avanza se cierra la válvula de entrada, la válvula de descarga se abre, y el concreto es empujado por la tubería hacia la cimbra.

### DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA BOMBA DE CONCRETO TIPO DE PISTON.



El compresor lleno de aire comprimido el tanque, que empuja el concreto en la bomba a través de la tubería.

### DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA BOMBA DE CONCRETO DEL TIPO NEUMATICO.



Cierto tipo de máquinas introducen directamente el concreto en la línea conductora de aire con una secuencia determinada para que de este modo se mantenga un flujo mas o menos uniforme.

Cuando es utilizada la bomba neumática de concreto habrá que poner especial atención y cuidado en la segregación de los materiales, así como en las posibles averías en la cimbra en el momento de la descarga.

### *C) BOMBEO DE RETACADO*

Las bombas de retacado están compuestas por una tolva de alimentación equipada con tres o más aspas remezcladoras. En el fondo de la tolva se conecta una manguera flexible, la cual llega hasta el fondo de un tambor metálico que se mantiene al alto vacío.

La manguera corre alrededor de la periferia interior del tambor saliendo por la parte superior. Además el conjunto cuenta con unos rodillos impulsados hidráulicamente que giran sobre la manguera flexible dentro del tambor y exprimen al concreto para enviarlo a la parte superior.

El vacío permite el abastecimiento uniforme del concreto proveniente de la tolva de alimentación.

Los equipos modernos de hoy en día, difícilmente operan con este principio, sin embargo, muchos de los equipos pioneros de bombeo utilizaron este sistema por lo que se considera histórico hablar del mismo.

Las modernas bombas de concreto se dividen, de acuerdo con su movilidad, en tres tipos:

- Bombas estacionarias.
- Bombas remolcadas.
- Bombas sobre camión o autobombas.

#### **Las bombas estacionarias:**

Están pensadas para trabajar fijas, en un punto cercano a la obra, con la cual está unida por una conducción de tuberías. Se emplean durante períodos prolongados de obra.

### **Las bombas remolcadas:**

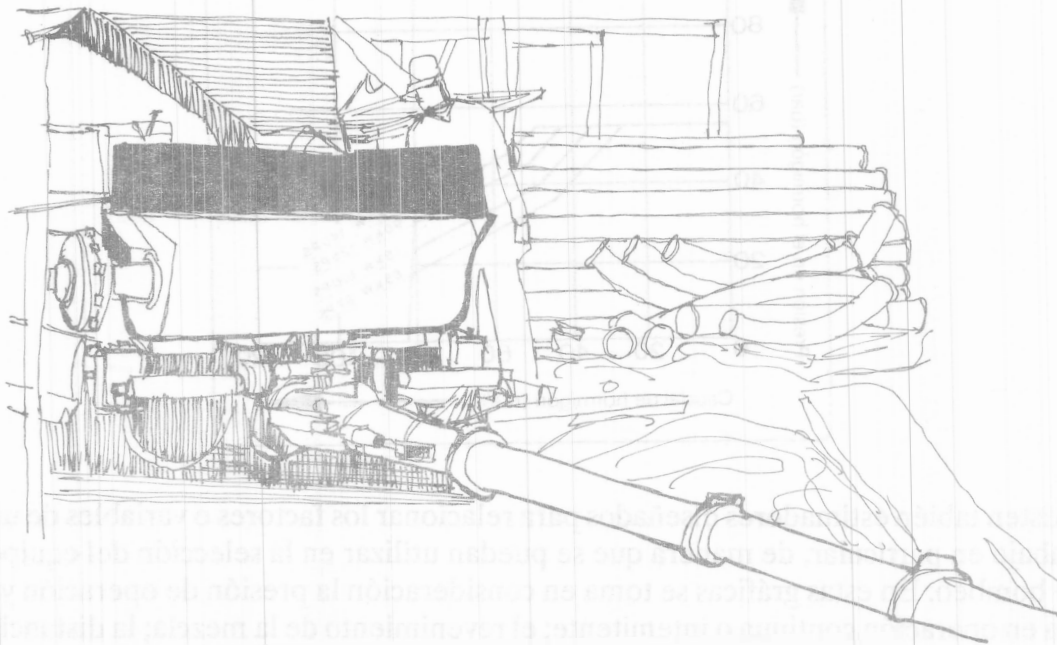
Son aquellas que van montadas sobre un chasis de acero y están dotadas de uno o varios trenes de rodaje con neumáticos, y llevan además dos o cuatro patas ajustables de apoyo. Están equipadas con una barra de remolque graduable en altura, que permite que sea remolcada por cualquier equipo de transporte adecuado.

### **Las autobombas:**

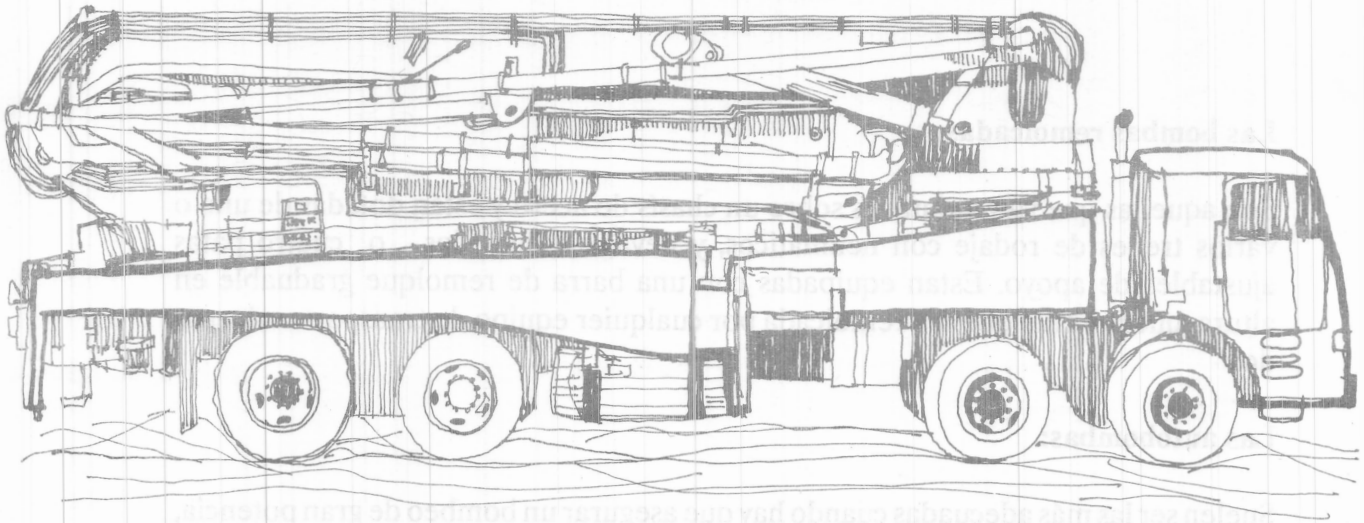
Suelen ser las más adecuadas cuando hay que asegurar un bombeo de gran potencia, y alcance o cuando deba llegarse a puntos de difícil acceso. El vehículo es un camión especialmente diseñado que cuenta con un chasis especial, el cual monta una pluma articulada de gran longitud para guiar las tuberías flexibles.

El rendimiento de las bombas de concreto depende de la presión y de las revoluciones de la bomba centrífuga. Con poca presión y potencia máxima del motor, se aumenta el rendimiento del bombeo.

Para obtener un bombeo satisfactorio, se requiere una dotación constante de concreto bombeable, el cual requiere un buen control de calidad, esto es agregados uniformes debidamente graduados y materiales en cantidades consistentes bien mezclados.



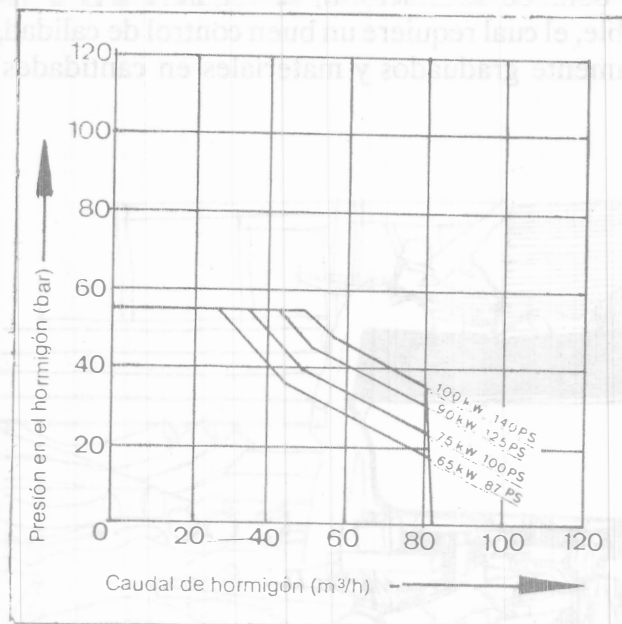
**BOMBAS ESTACIONARIAS**



## AUTOBOMBAS

Los fabricantes proporcionan tablas de rendimientos teóricos de sus equipos tomando en cuenta la presión en el concreto y la potencia desarrollada por el motor.

### TABLAS DE PRODUCCION DE BOMBEO DE CONCRETO

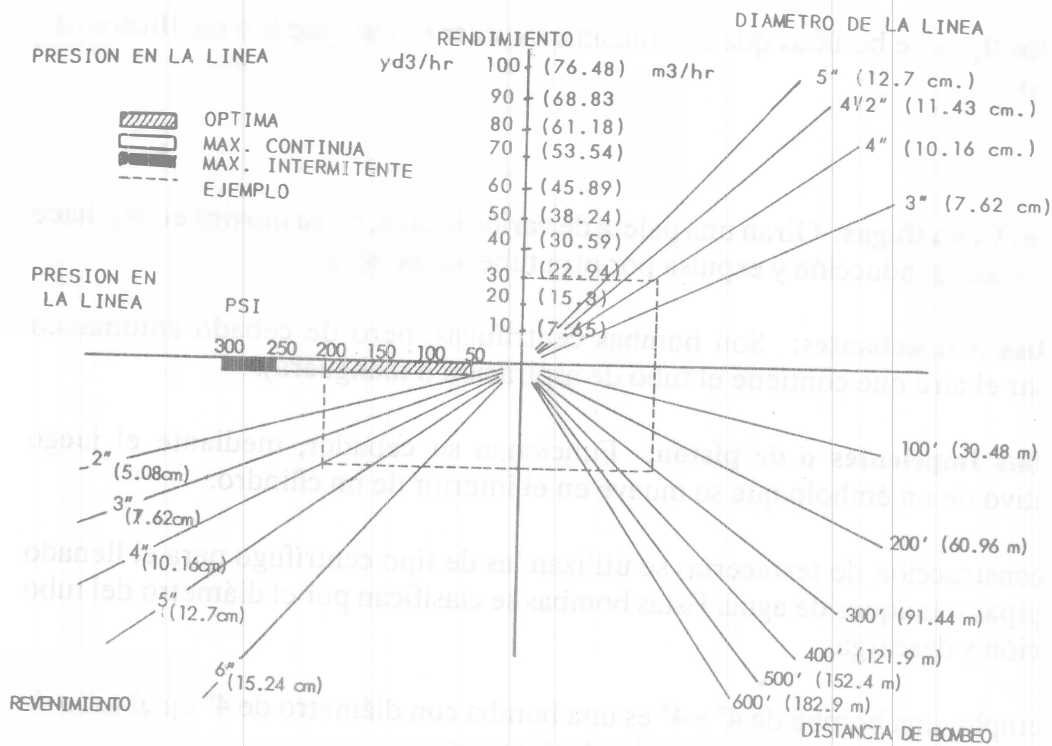


Existen también estimadores diseñados para relacionar los factores o variables de un trabajo en particular, de manera que se puedan utilizar en la selección del equipo de bombeo. En estas gráficas se toma en consideración la presión de operación ya sea en operación continua o intermitente; el revenimiento de la mezcla; la distancia vertical y la distancia en la manguera; y el diámetro de la tubería que se emplee; para finalmente obtener el rendimiento del sistema.

Los calculos están basados en una mezcla de concreto bombeable diseñada con una proporción de 55% de agregado de 1" ó menor.

En el siguiente ejemplo, el contratista escoge trabajar a 140 kg/cm<sup>2</sup> (200 psi) para colocar el concreto de 10 cm. (4") de revenimiento señalado en las especificaciones. Uniendo estos dos puntos por una línea vertical puede pasar ahora a considerar la distancia de bombeo. Suponiendo que el concreto debe colocarse en el 5to. piso de un elevado edificio y que la bomba debe colocarse a 15 m de la base de la estructura y otros 15 m. de carrera vertical, para alcanzar el quinto piso.

### PRODUCCION DE LAS BOMBAS DE CONCRETO.



Para alcanzar la esquina más alejada de la plataforma tomará 30.5 m de tubería y 7.5 m de manguera de distribución. La distancia es entonces de 68 m aproximadamente y si a esto le agregamos la longitud vertical y la de la manguera, tendremos una distancia total de bombeo de 90.5 m. Extendiéndose horizontalmente la línea hasta interceptar la línea de 90 m (300'). El contratista ahora ha de considerar el diámetro de la tubería de conducción, en este caso se eligió de 4" (10.16 cm). Localizando el punto de la intersección de la línea de 4" con la vertical extendida desde el punto anterior localizado, se traza una línea horizontal para obtener el rendimiento del equipo, que en el ejemplo resultó de 23 m<sup>3</sup>/hr. (30 yd<sup>3</sup>/hr).

## II.16 BOMBAS DE AGUA.

Son máquinas montadas sobre ruedas neumáticas o sobre una base metálica, y están acopladas a motores de gasolina, diésel o eléctricos.

El cuerpo de la bomba es una caja rígida que sirve de soporte al mecanismo de bombeo y como tanque de almacenamiento para el surtidor de agua.

Son máquinas que operan arrojando el agua que entra a través de una manguera por medio de aspas que giran rápidamente, elevan el agua u otro líquido y le dan impulso en una dirección determinada.

Todos los tipos de bombas que se utilizan en construcción, pueden clasificarse en tres grupos.

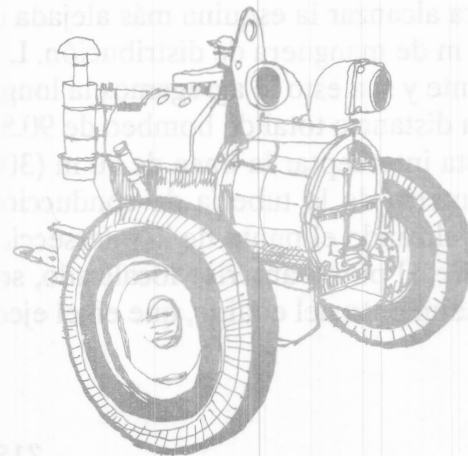
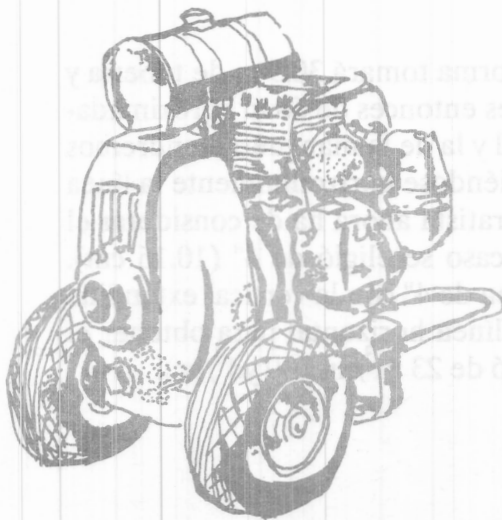
- **Bombas Centrífugas:** Giran una paleta de varios brazos, en su movimiento y hace subir por una conducción y expulsa por otra tubería las aguas.

- **Bombas Autocebantes:** Son bombas centrífugas, pero de cebado automático (expulsar el aire que contiene el tubo de aspiración o manguera).

- **Bombas Impelentes o de pistón:** Funcionan su cebador, mediante el juego alternativo de un émbolo que se mueve en el interior de un cilindro.

En la construcción de terracerías se utilizan las de tipo centrífugo para el llenado de las pipas o tanques de agua. Estas bombas se clasifican por el diámetro del tubo de succión y descarga.

Por ejemplo, una bomba de 4" x 4" es una bomba con diámetro de 4" en el tubo de succión y de 4" de diámetro en el tubo de descarga.



**RENDIMIENTO DE LAS BOMBAS**

Este es función de la ubicación de la bomba con relación al espejo de agua, de la altura total de bombeo y de la potencia del motor.

En las tablas siguientes se listan los gastos en litros por minuto en función de las alturas y la potencia del motor.

**BOMBAS DE 3" CON MOTOR DE 12.0 H.P. A 3,600 r.p.m. LITROS POR MINUTO**

Altura total de bombeo en Mts	ALTURA DE LA BOMBA SOBRE EL NIVEL DEL AGUA EN MTS			
	3.1.1	4.6.6	6.0.0	7.6.6
11.3.3	1400	1260		
15.5	1350	1190	977	850
19.7	1250	1050	910	815
23.5	1000	890	840	735
27.6	820	756	690	690
31.3	620	620	620	620

NOTA: En general para su mayor rendimiento debe procurarse que la altura de succión o sea la distancia vertical entre el espejo del agua y la bomba sea la mínima posible.

**BOMBA DE 4" CON MOTOR DE 18.2 H.P. A 3,600 r.p.m. LITROS POR MINUTO**

Altura total de bombeo en Mts	ALTURA DE LA BOMBA SOBRE EL NIVEL DEL AGUA EN MTS			
	3.1.1	4.6.6	6.0.0	7.6.6
7.6.6	2180			
9.2.2	2160	1885	1550	1145
12.2.2	2090	1850	1490	1125
15.3.3	1985	1750	1465	1090
18.3.3	1830	1615	1395	1060
21.4.4	1640	1465	1305	985
24.4.4	1350	1220	1090	840
27.7	930	833	768	635
30.5	475	408	370	275

**BOMBA DE 4" CON MOTOR DE 36 H.P. A 2,200 r.p.m. LITROS POR MINUTO**

Este es función de la ubicación de la bomba con relación al espejo de agua, de la

Altura total de bombeo en Mts.	ALTURA DE LA BOMBA SOBRE EL NIVEL DEL AGUA EN MTS			
	3.1	4.6	6.0	7.6
7.6	2510			
9.2	2490	2170	1795	1340
12.2	2440	2140	1750	1320
15.3	2340	2060	1720	1306
18.3	2210	1925	1640	1265
21.4	2020	1795	1550	1190
24.4	1750	1550	1380	1060
27.4	1420	1230	1136	835
30.5	950	816	740	550
33.5	246	226	189	151

Para calcular el rendimiento de las bombas por medio de reglas y formulas habrá que tomar en cuenta que:

Por definición de potencia

$$H = \frac{P}{\gamma Q}$$

donde:

P = es la potencia de la máquina

$\gamma$  = es el peso volumétrico del líquido

Q = es el gasto que circula

H = es la energía neta que se transmite al líquido por efecto de la máquina

Sin embargo hasta aquí no hemos tomado en cuenta la eficiencia del equipo. Entonces tomando en cuenta la potencia nominal del equipo y su eficiencia, la fórmula queda:

$$H = \frac{76 P_e}{Q \gamma e}$$

o bien

$$P_n = \frac{\gamma Q H}{76 e}$$

donde:

$P_n$  = es la potencia nominal de la bomba en HP

$\gamma$  = es el peso volumétrico del líquido en Kg/m<sup>3</sup>

$Q$  = es el gasto en m<sup>3</sup>/s

$H$  = es la energía neta transmitida al flujo en m

$e$  = es la eficiencia de la bomba

**NOTA: 1 HP = 76 kgm/s**

## EJEMPLO

Una bomba de flujo axial eleva agua desde un canal y la descarga a una zanja cuyo nivel se encuentra 9.0 m por encima del nivel del canal, tal como se muestra en la figura. Si el gasto requerido es de 2.16 m<sup>3</sup>/min. y la eficiencia de la bomba es del 65%, determinar la potencia aproximada que requiere el motor.



## SOLUCION

De la ecuacion de la energía

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H + h_r$$

despreciando pérdidas y expresando la velocidad en función del gasto tenemos

$$H = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{Q^2}{A^2 2g}$$

donde:

$$A = \frac{(.1016)^2}{4} = 0.0081 \text{ m}^2$$

$$H = 9 + 0.20 + \frac{0.036}{0.0081^2(2)(9.81)} = 10.208 \text{ m}$$

de la ecuación de potencia

$$P = \frac{1000 (0.046)(10.208)}{76(0.65)}$$

$$P = 7.44 \text{ HP}$$

Por lo tanto una bomba de 8HP será suficiente para realizar el trabajo.

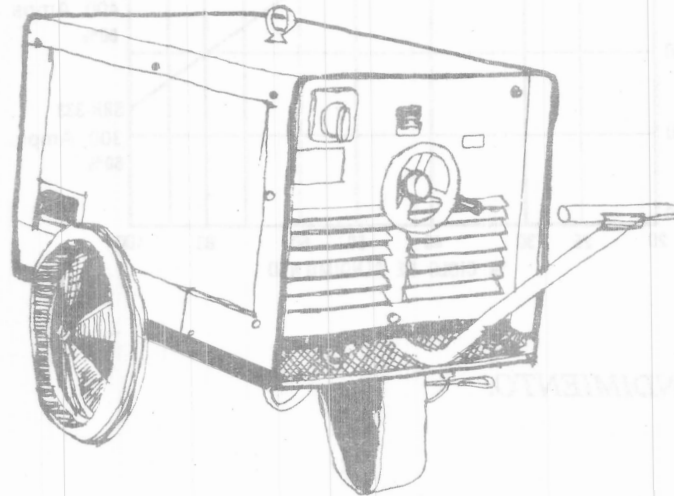
**NOTA:** Para el calculo más exacto sobre la potencia requerida por la bomba habrá que tomar en cuenta las pérdidas que se presentan.

## II.17 EQUIPOS DE SOLDADURA

En construcción, la soldadura se utiliza para el montaje de estructuras metálicas, empleando al efecto instalaciones portátiles de diversos modelos. La mayoría de ellos, están proyectados para la soldadura manual al arco comprimido con flujo de gas, de costuras a tope, solapados y rebordeados de acero pobres, en carbón e inoxidable, aunque pueden ser utilizados también para la soldadura corriente de argón al arco, con electrodos infusibles.

Un equipo completo de soldadura comprende los siguientes elementos: el rectificador de soldadura, el control de mandos, los sopletes, el calentador y secador de gas carbónico, así como el dispositivo distribuidor del mismo, el reductor y los correspondientes conductores, además de la fuente de alimentación, en el caso de que la posea propia incorporada al grupo.

Las modernas máquinas para soldar, aseguran una elevada calidad de las uniones soldadas, con un amplio diapasón de regulación en la corriente de soldadura, aparte de otras características que permiten mejorar los resultados, con mayor comodidad y en tiempos más rápidos.



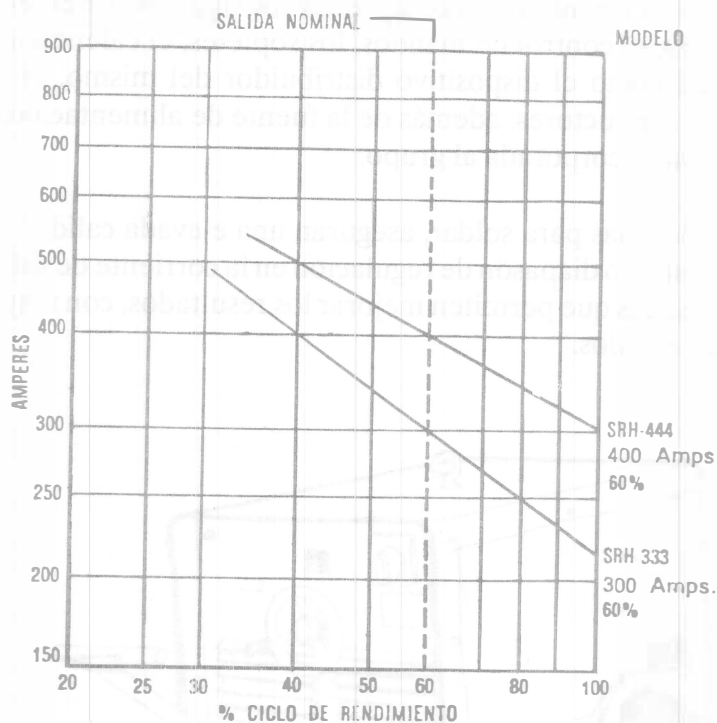
Principales usos:

Pailería, estructuras, mantenimiento en general, línea de producción, construcción, Institutos técnicos de capacitación.

El ciclo de rendimiento está basado en un período de 10 minutos para todas las máquinas.

Una soldadora con 100% de ciclo de rendimiento esta diseñada para trabajar continuamente sin requerir tiempo de enfriamiento.

Una soldadora de 300 amperes, 32 volts de carga, 60% ciclo de rendimiento esta diseñada para trabajar 6 minutos y enfriar, 4, cuando el amperaje requerido es menor el ciclo de rendimiento aumenta como se lo indica la gráfica.



### *CICLO DE RENDIMIENTO.*

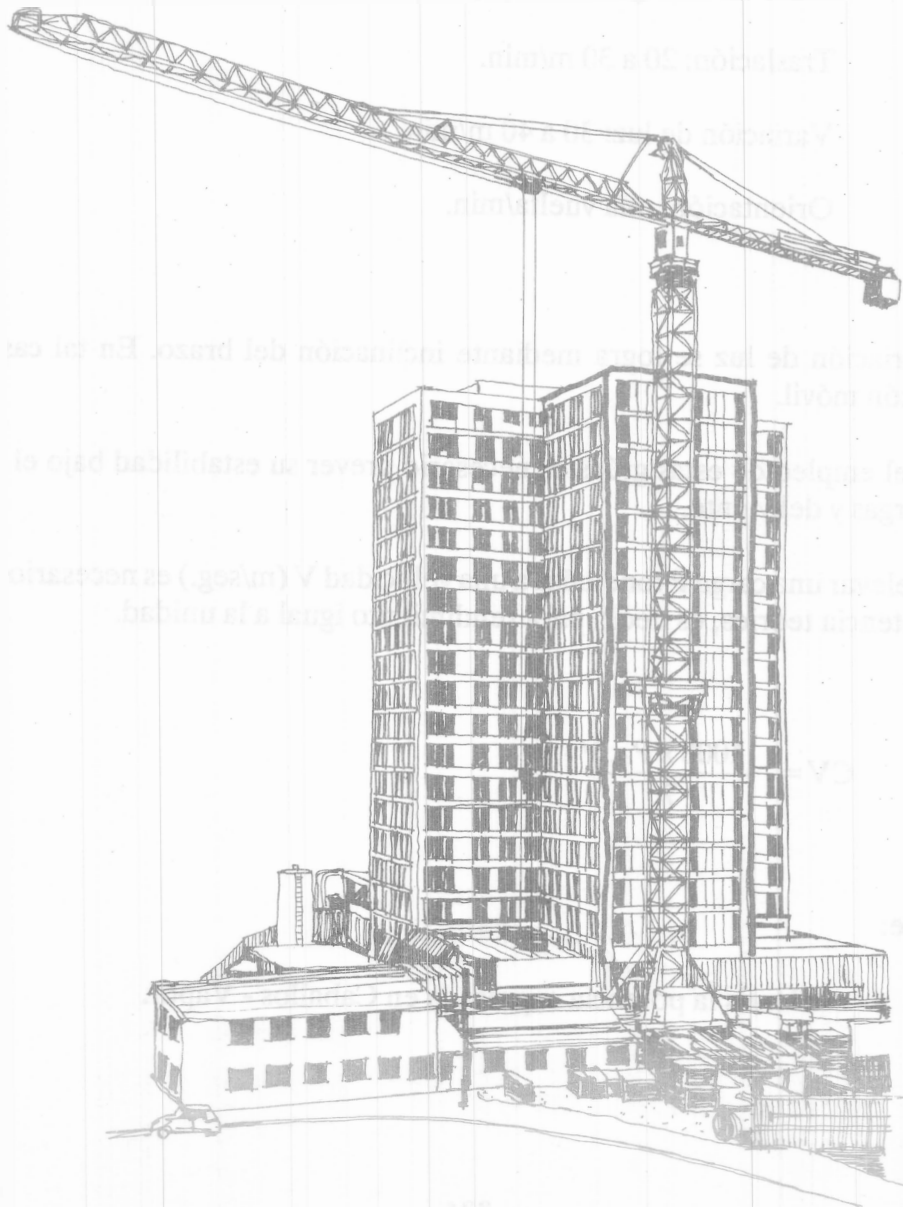
Pueden conectarse en paralelo o en serie dos o más máquinas, para obtener la mayor cantidad de amperaje o voltaje posible según las necesidades. El diseño está previsto para formar baterías sin interferir con la ventilación de cada soldadora, dando así fluidez a la zona de trabajo.

## II.18 GRUA TORRE

Una grúa torre se compone de un pórtico que rueda sobre carriles. Este pórtico sustenta una torre metálica giratoria de rotación total alrededor de un eje vertical. En la parte superior, un brazo metálico solidario con la torre forma un camino de rodamiento horizontal sobre el cual puede desplazarse un carretón móvil eléctrico.

Un cabrestante instalado en la torre eleva la carga mediante un cable que pasa por poleas de retorno las últimas de las cuales son sustentadas por el carretón móvil. Un contrapeso posterior equilibra el peso del brazo y de la carga.

Esta máquina permite tomar o dejar una carga en cualquier punto del círculo descrito por el brazo.



Estas grúas tienen una altura de 30 a 60 m. La torre está constituida por elementos empalmados que permiten conseguir fácilmente la altura deseada.

Las luces son de 8 a 30 m a partir del eje.

La fuerza de elevación depende de la potencia del cabrestante y de la luz de trabajo (Momento de vuelo); puede variar de 1 a 6 Ton. con momentos de vuelco de 10 a 240 Tm. Estas máquinas pesan de 5 a 70 Ton. y con lastre de 7 a 150 Ton. Las velocidades de las diferentes operaciones son normalmente las siguientes:

Elevación: (según la carga) 15 a 60 m/min.

Traslación: 20 a 30 m/min.

Variación de luz: 30 a 40 m/min.

Orientación: una vuelta/min.

La variación de luz se logra mediante inclinación del brazo. En tal caso no hay carretón móvil.

Para el empleo de estas grúas es necesario prever su estabilidad bajo el efecto de las cargas y del viento.

Para elevar una carga  $P$  toneladas a una velocidad  $V$  (m/seg.) es necesario un motor de potencia teórica, es decir, para rendimiento igual a la unidad.

$$CV = \frac{1000 \times P \times V}{75}$$

donde:

CV: Es la potencia expresada en Caballos - Vapor.

Por consiguiente, el motor deberá ser tanto más poderoso cuanto más pesada es la carga a elevar y la velocidad de elevación es mayor.

Un motor de potencia dada debe trabajar lentamente para elevar cargas pesadas mientras que puede trabajar a más velocidad para elevar cargas más ligeras.

El valor que acabamos de dar para determinar la potencia a alcanzar por un motor de elevación es teórico. Para encontrar la potencia práctica es necesario dividir por un coeficiente de rendimiento comprendido entre 0.6 y 0.8 cuyo valor depende de la realización mecánica del aparato.

## II.19 CABLEVIAS

### II.19.1 EQUIPO DE TRANSPORTACION TIPO CABLEVIA.

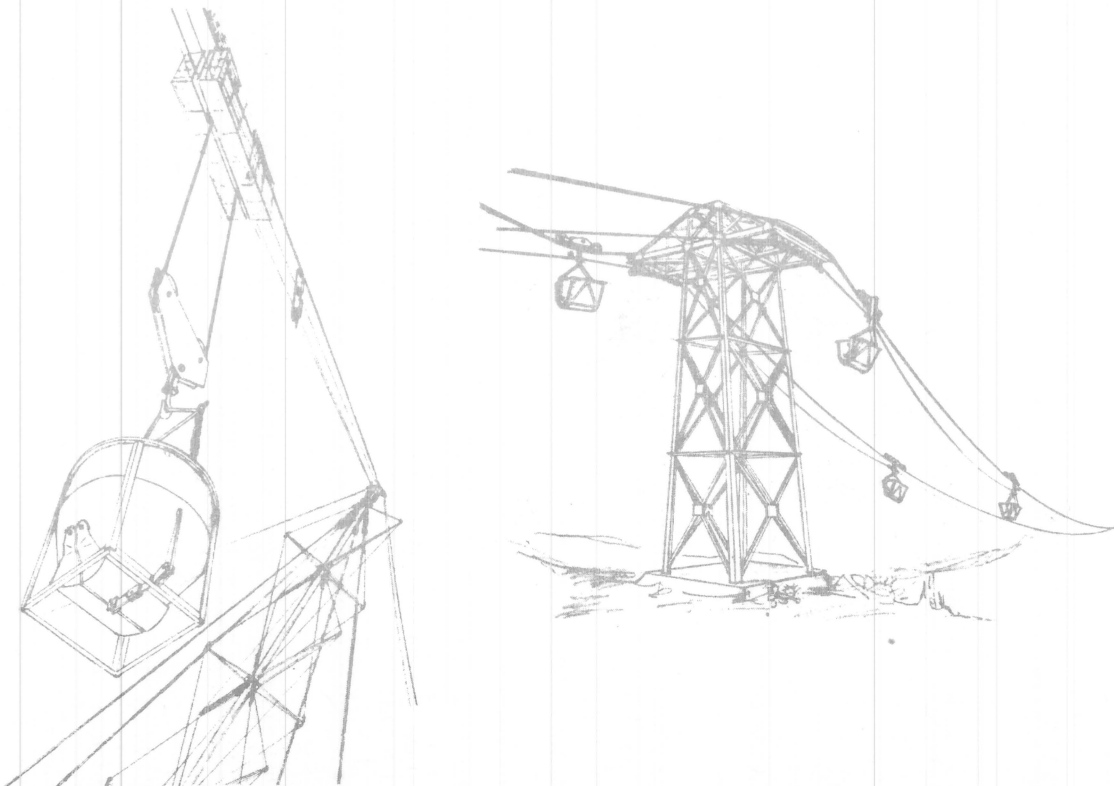
Este sistema es de transporte aéreo. El sistema consiste en fijar dos torres en los extremos conectados por un cable, y por medio de poleas a barchas o vagonetas. Todo el sistema esta controlado y sujeto a la acción malacates.

Este sistema permite transportes en terreno muy accidentado, sea en horizontal o con pendiente fuerte.

Presta grandes servicios en las obras de montaña y es muy usado para transportar: Materiales, concreto, Herramienta, equipo, cimbras, elementos estructurales prefabricados, etc.

Este sistema se emplea en la construcción de presas de concreto, puentes, etc.

Los transportadores de cablevía pueden ser de 2 tipos: de vaivén o continuos.



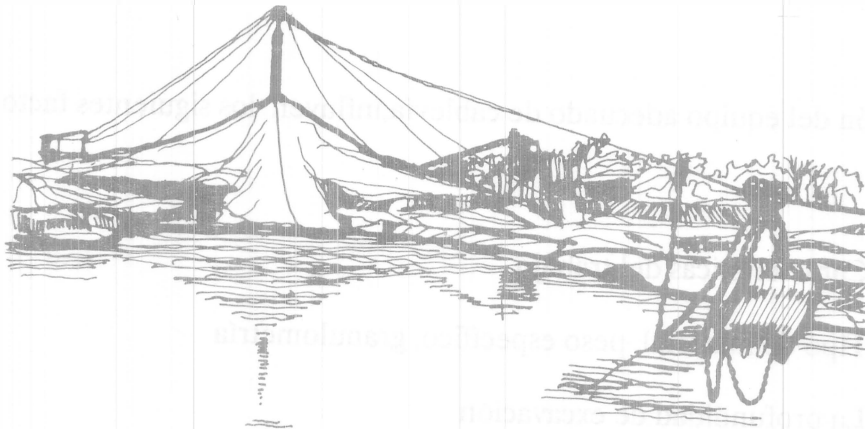
El rendimiento de transportadores continuos puede calcularse de la forma siguiente:

Si la velocidad del cable es de 12 km/hr. (3.30 m/seg.) y si las bachas están colgadas cada 50 m, por cada estación pasa una bacha cada 15 segundos, o sea 240 bachas por hora, y si cada bacha lleva 2t se transportan aproximadamente 500 t/hora.

Si la longitud de la línea es de 1km, el rendimiento horario teórico es de 500 t/km. Si la longitud de la línea es de 3 km, es de 1500 t/km.

Vemos que con la instalación en marcha continua, el rendimiento medio en t/km depende de la distancia del transporte entre las bachas, que depende del tiempo necesario en las estaciones extremas para la carga y descarga.

## II.19.2 EQUIPO DE EXCAVACION TIPO CABLEVIA.

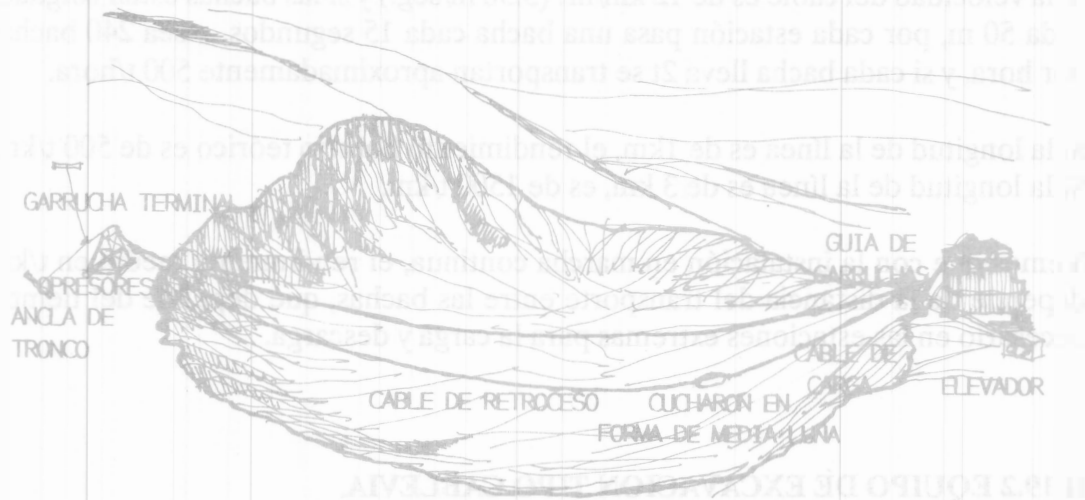


El nombre de excavadora de tipo cablevía es un término general que comprende cualquier máquina operada por cable que utiliza un cucharón para excavar, moviéndose entre una estructura principal y un extremo anclado a una distancia de cientos de metros. La estructura principal es mástil con retenidas, pero puede ser una torre de estabilidad propia o un caballete. El ancla terminal generalmente se proyecta para moverse a lo largo de un arco, cuyo radio le determina la longitud de los cables de operación.

Se usan torres viajeras en ambos extremos en la construcción de bordos y trabajos semejantes, en los cortes que deben ser paralelos en vez de radiales. La torre principal y la secundaria en estas obras se cambian al mismo tiempo. Generalmente



a éste tipo de excavadoras se les da el nombre de Dragas Sauerman y la excavación puede ser simple o con transporte aéreo.



En la selección del equipo adecuado de cablevía, influyen los siguientes factores:

- Características del trabajo
- Tipo de material, peso específico, granulometría
- La profundidad de excavación
- Longitud y anchura del banco y altura sobre el nivel del mar
- Eficiencia horaria de trabajo
- Tipo de motor de la excavadora: Eléctrico o diésel

Las siguientes tablas muestran los rendimientos para excavadoras tipo en función de la longitud, capacidad del cucharón y tipo de potencia que utilice.

DRAGAS SAUERMAN DE EXCAVACION SIMPLE

CAPACIDAD DE CUCCHARON Yd <sup>3</sup> ( m <sup>3</sup> )	PRODUCCION SEGUN LA LONGITUD PROMEDIO DE ACARREO yd <sup>3</sup> /hr(m <sup>3</sup> /hr)				
	100 ft ( 30.43m.)	200 ft ( 60.86m.)	300 ft (91.29m)	400 ft (121.72m)	500 ft (152.15m)
1/2 (.3823)	40 (30.58)	24(18.35)	18 (13.76)	14 (10.70)	-- 0 -
3/4 (.5735)	62 (47.41)	34(25.99)	25 (19.11)	20 (15.29)	16 (12.23)
1 (.7646)	82 (62.69)	48(36.70)	35 (26.76)	27 (20.64)	21 (16.06)
1 1/2 (1.1469)	130 (99.40)	75(57.35)	53 (40.52)	42 (32.11)	33 (25.23)
3 (2.2938)	293 (224.03)	172(131.51)	120(91.75)	93 (71.11)	76 (58.11)
4 (3.0584)	391 (298.96)	230(175.86)	161(123.10)	123(94.05)	100(76.46)
5 (3.823)	488 (373.12)	288(220.20)	200(152.92)	155(118.51)	126(96.34)

LONGITUD DE ACARREO ft (m)	PRODUCCION SEGUN LA CAPACIDAD DEL CUCCHARON yd <sup>3</sup> /hr ( m <sup>3</sup> / hr )				
	6yd <sup>3</sup> ( 4.58m <sup>3</sup> )	8yd <sup>3</sup> (6.12m <sup>3</sup> )	10yd <sup>3</sup> (7.65m <sup>3</sup> )	12yd <sup>3</sup> (9.17m <sup>3</sup> )	15yd <sup>3</sup> (11.47m <sup>3</sup> )
100 (30.43)	420(321.13)	560(428.18)	700(535.22)	840(642.26)	1050 (802.83)
200 (60.86)	282(215.62)	375(286.73)	470(359.36)	564(431.23)	705 (539.04)
300 (91.29)	215(164.39)	280(214.08)	350(267.61)	420(321.13)	525 (401.42)
400 (121.72)	168(128.45)	224(171.27)	280(214.08)	336(256.91)	420 (321.13)
500 (152.15)	138(105.51)	184(140.69)	230(175.86)	276(211.03)	345 (263.79)
600 (182.58)	120(91.75)	160(122.34)	200(152.92)	240(183.50)	300 (229.38)
700 (213.01)	108(82.58)	144(110.10)	180(137.63)	216(165.15)	270 (206.44)
800 (243.44)	96(73.40)	128(97.87)	160(122.34)	192(146.80)	240(183.50)
900 (273.87)			140(107.04)	168(128.45)	210(160.57)
1000 (304.3)			130(99.40)	156(119.28)	195(149.09)

DRAGAS SAUERMAN CON TRASPORTE AEREO

TIPO DE POTENCIA	CAPACIDAD DE CUCHARON yd <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	LONGITUD A TRAVESAR ft (m)	PRODUCCION CON EXCAVACION A 30 PIES POR DEBAJO DEL MASTIL SEGUN LA LONGITUD DE ACARREO INDICADA yd <sup>3</sup> /hr (m <sup>3</sup> /h)					
			150 ft (45.65m)	200 ft (60.86m)	250 ft (76.08m)	300 ft (91.29)	400 ft (121.72m)	500 ft (152.15m)
ELECTRICO DIESEL	1/2 (.3823)	400(121.72)	25 (19.115)	22 (16.82)	20 (15.29)	17 (12.99)		
	1/2 (.3823)	400(121.72)	25(19.115)	22 (16.82)	20 (15.29)	17 (12.99)		
ELECTRICO DIESEL	3/4 (.5735)	500(152.15)	39(29.82)	37 (28.29)	36 (27.53)	33 (25.23)		
	3/4 (.5735)	500(152.15)	57(43.58)	54 (41.29)	51 (38.99)	46 (35.17)		
ELECTRICO DIESEL	1 (.7646)	600(182.58)	51(38.99)	50 (38.23)	46 (35.17)	43 (32.88)	37 (28.29)	
	1 (.7646)	600(182.58)	83(63.46)	80 (61.17)	70 (53.52)	65 (49.69)	55 (42.05)	
ELECTRICO DIESEL	11/2(1.1469)	700(213.01)		79 (60.40)	76 (58.11)	73 (55.82)	66 (50.46)	57(43.58)
	11/2(1.1469)	700(213.01)		97 (74.17)	91 (69.58)	84 (64.23)	72 (55.05)	61(46.64)
ELECTRICO DIESEL	2 (1.5292)	800(243.44)			94 (71.87)	90 (68.81)	80 (61.17)	70(53.52)
	2 (1.5292)	800(243.44)			114(87.16)	110(84.11)	98 (74.93)	84(64.23)
ELECTRICO DIESEL	21/2(1.9115)	900(273.87)			113(86.40)	112(85.64)	105(80.28)	95(72.64)
	21/2(1.9115)	900(273.87)			150(114.69)	147(112.39)	125(95.58)	107(81.81)
ELECTRICO DIESEL	3 1/2(2.6761)	1000(304.3)				156(119.28)	140(107.04)	129(98.63)
	3 1/2(2.6761)	1000(304.3)				182(139.16)	161(123.10)	143(109.34)

# **CAPITULO III**

**MOVIMIENTOS, CICLOS Y RENDIMIENTOS**

**DEL EQUIPO BALANCEADO.**

### III.1 GENERALIDADES

Toda máquina de construcción, para poder realizar los trabajos de su competencia, necesita ejecutar una serie concatenada de movimientos elementales que conjugados integran un ciclo completo de trabajo de la misma, el que a su vez deberá ser realizado en forma conjugada con los movimientos y ciclos de otras máquinas con las que colabora para realizar un cierto trabajo específico.

En todos los capítulos anteriores quedaron consignadas las características, especificaciones de fabricación, movimientos, y ciclos de cada uno de ellos. Dentro de cada capítulo en particular, y en su turno, se expuso lo concerniente a cómo quedan influidos los rendimientos de la maquinaria por la forma en que la misma realiza sus movimientos elementales, y a su vez, los ciclos de trabajo integrados por aquéllos.

**Movimientos y ciclos.-** En la práctica de la ejecución de las obras de construcción, por lo general en cada frente de trabajo operan varias máquinas en forma balanceada y coordinada; es por ello que tanto los movimientos elementales e individuales de cada máquina, como sus ciclos completos, no son independientes, sino que ya en la realidad obedecen, o deben obedecer a un concepto racional basado en un programa de trabajos. No es raro que los rendimientos de una máquina sean sacrificados en aras de que la misma preste un mejor apoyo a las restantes, lo que al final de cuentas redundará en un trabajo de conjunto más económico, más rápido y más eficiente.

Estos juicios nos orientan a una serie de reflexiones que por obvias nos abstenemos de exponer, limitándonos a señalar la conclusión lógica de las mismas, como sigue:

*En toda obra en la que se trabaja siguiendo los lineamientos y directrices emanados de un programa de trabajos racionalmente concebidos los precios unitarios correspondientes a los diversos trabajos, no deberán basarse en los rendimientos de las diversas máquinas aisladas, sino en rendimientos correspondientes a grupos de equipo balanceado, los que con suma frecuencia son más reducidos, puesto que el rendimiento del conjunto de equipo encargado de un frente, no es más que el correspondiente al rendimiento de la máquina de operación crítica dentro de la secuencia, el que a su vez, obviamente, podrá aumentarse o reducirse en función directa del apoyo prestado por el resto del equipo que integre al conjunto balanceado.*

La conclusión anterior trae aparejados ciertos conceptos especiales que por su importancia merecen una especial atención, ya que implícitamente, por lo antes dicho, todo movimiento, todo ciclo e incluso, frecuentemente hasta los rendimientos de ciertas máquinas, deberán estar subordinados jerárquica y económicamente,

a la concepción de equipo balanceado, y ésta a su vez, al programa de trabajos que gobierne a las actividades en cuestión.

### ***EQUIPO BALANCEADO.***

El proyecto, planeación y ejecución de las grandes obras de Ingeniería Civil, suele estar orientado hacia fines utilitarios, frecuentemente en beneficio de grandes colectividades. Ello implica que por encima de todas las demás consideraciones técnicas y/o económicas, las obras deban ejecutarse orientadas en forma tal de lograr el funcionalismo para el que fueron concebidos, subordinándose a esto los restantes considerados.

Para que un gran proyecto, en el que frecuentemente se realizan cientos de trabajos elementales radicalmente diferenciados entre sí, ejecutados por miles de hombres pueda llevarse a feliz terminación, no es posible ni conveniente dejar que los acontecimientos; se presenten por sí solos; pues todo lo contrario, como la experiencia y la razón aconsejan, es preciso formular un programa, o varias alternativas de programas de ejecución de la obra, en las que deberán preverse todas las posibles eventualidades que podrán ocurrir en el curso de las mismas.

Es obligación ineludible del ingeniero programador, prever situaciones tanto ponderables como imponderables, pues también estas últimas pueden acontecer.

Todo lo anterior implica que, cualquier obra de importancia, en la que de una forma u otra se jueguen serios intereses, amerita, justifica y obliga a una planeación preconcebida en la que deberán estudiarse múltiples posibilidades de ejecución, previendo los acontecimientos, eventualidades y circunstancias especiales que podrán o no presentarse.

#### **El programa servirá adicionalmente para:**

- a).- Juzgar y elegir sobre el equipo de construcción necesario y suficiente para ejecutar la obra.
- b).- Elegir todas y cada una de las máquinas, ya sea basándose en considerandos técnicos exclusivamente, o bien si las circunstancias así lo obligan, tomando en consideración el equipo con que efectivamente se cuenta.
- c).- Establecer en forma gráfica accesible a los elementos responsables de la ejecución de la obra, la secuencia racional, lógica y funcional en que deberán de

ejecutarse todos y cada uno de los trabajos, a fin de evitar que por imprevisión se lleguen a situaciones adversas a la normal prosecución de los trabajos.

d).- Fijar los tiempos de ejecución de cada parte de la obra, de los diversos conceptos de trabajo que la formen, y consecuentemente, la fuerza de construcción que será necesario y suficiente disponer en actividad y en reserva para el cumplimiento de los plazos programados.

e).- Del programa de ejecución de trabajos, y de la fuerza de construcción seleccionada, frecuentemente se derivarán limitaciones a los rendimientos de las máquinas, lo que a su vez se reflejará en los precios unitarios.

### EJEMPLO

Si se trata de realizar una excavación de  $1,000 \text{ m}^3$  de tierra en condiciones normales, empleando una draga "Bucyrus Erie" Mod. 30-B de capacidad nominal de  $1\text{-}1/2 \text{ yd}^3$ , cuya hora máquina importa \$ 1,350.12; podríamos tener los dos casos siguientes, elegidos entre mil posibilidades:

*PRIMERO.* Que la excavación se realizará en condiciones normales, sin ningún género de limitaciones, en cuyo caso, el rendimiento de la máquina sería el óptimo, aceptado lo cual, el costo unitario por excavación empleando exclusivamente la draga y tirando lateralmente el material, sería de: (Factor de rendimiento de trabajo igual a 0.75):

$$\frac{\$ 1,350.12/\text{hora-máquina}}{(190 \times 0.765)\text{m}^3/\text{h.} \times 0.75} = \$12,35 \text{ m}^3$$

*SEGUNDO.* En una situación de emergencia, el mismo volumen de  $1,000 \text{ m}^3$  de tierra deberá ser excavado en una cimentación de muy reducidas dimensiones, con planta rectangular, en tan sólo 4 horas o menos, empleando dragas de la misma capacidad señalada para el caso anterior. La única forma de realizar el trabajo en el plazo estipulado, dictado por una emergencia sería colocando una máquina en cada lado del rectángulo, por lo que las mismas trabajarían en condiciones difíciles derivadas de: a) congestiónamiento, b) interferencias mutuas, c) inadaptabilidad de las máquinas a la obra en particular, etc. En situación tal, se ha estimado que

manteniendo fijas otras variables, por simplificación se considerará el mismo rendimiento óptimo, pero aplicando un factor de eficiencia de 0.50. El precio unitario de la excavación sería de:

$$\frac{\$ 1,350.12/\text{hora} \times 4 \text{ dragas}}{4 \times (190 \times 0.765) \text{ m}^3/\text{h.} \times 0.50} = 18.60/\text{m}^3$$

**De todo lo antes expuesto concluimos en que:**

Será EQUIPO BALANCEADO, solo aquel que haya sido seleccionado en función de un programa, y que resulte capaz de cumplir con los plazos estipulados por el mismo, previendo incluso causas de fuerza mayor.

Será EQUIPO BALANCEADO, solo aquel en el que todas y cada una de las máquinas que trabajen en un frente de trabajo se apoyen mutuamente, reduciendo al mínimo sus interferencias, tiempos ociosos y demás irregularidades.

Será EQUIPO BALANCEADO, solo aquel que haya sido organizado en forma tal que la máquina de rendimiento crítico del conjunto haya sido correctamente seleccionada.

Será EQUIPO BALANCEADO, solo aquel que realmente tenga capacidad sobradamente suficiente para realizar los trabajos que se le encomienden; esto implicará que todo equipo siempre deberá tener una reserva de fuerza adicional a la máxima demanda por las operaciones normales de construcción.

EL EQUIPO BALANCEADO, el PROGRAMA DE CONSTRUCCION y los PRECIOS UNITARIOS DE UNA OBRA, siempre serán tres análisis interdependientes indisolublemente conjugados, pues si en uno de ellos se tuvieren deficiencias, a su tiempo se presentarán en los restantes.

Cualquier conjunto de equipo de construcción que solo cumpla parcialmente algunas de las condiciones arriba señaladas, solo estará parcialmente balanceado, y frecuentemente operará desbalanceado.

Por todo lo anterior esperamos haber dejado claramente establecido que el concepto de EQUIPO BALANCEADO, tiene múltiples facetas que forman parte de un solo todo; la faceta funcional, la faceta económica, la faceta cronológica, la derivada de una correcta previsión, etc.

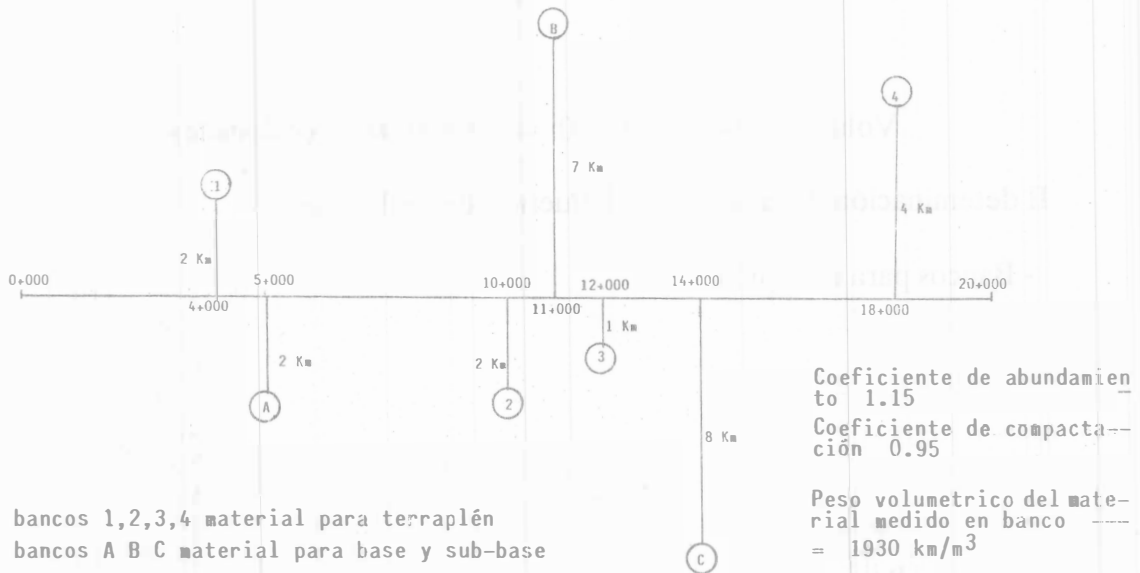


Es aquí oportuno y justo señalar que, para lograr el efectivo balance del equipo de construcción, éste deberá estar cabalmente satisfecho en sus necesidades auxiliares, por parte de los servicios de intendencia, contando con una red de comunicaciones idóneas, y una dirección técnica y administrativa eficiente: condiciones éstas "sine que non".

### III.2 PROBLEMA

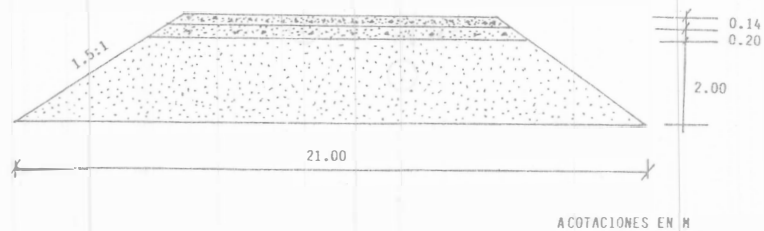
Determinar el equipo necesario para realizar el movimiento de tierras de la obra vial en 6 meses, trabajando 2 turnos de 8 horas cada uno y 25 días efectivos al mes.

El trabajo consiste en apilar el material de los bancos con tractor y efectuar la carga y acarreo hasta el sitio de su colocación.



bancos 1,2,3,4 material para terraplén  
 bancos A B C material para base y sub-base

La sección del camino es la siguiente:



## SOLUCION

### I Calculo de volúmenes de material

- Terraplén

$$\text{Area} = \frac{(21 + 15)2}{2} = 36.00 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 36 \times 20\,000 = 720,000.00 \text{ m}^3 \text{ (colocados)}$$

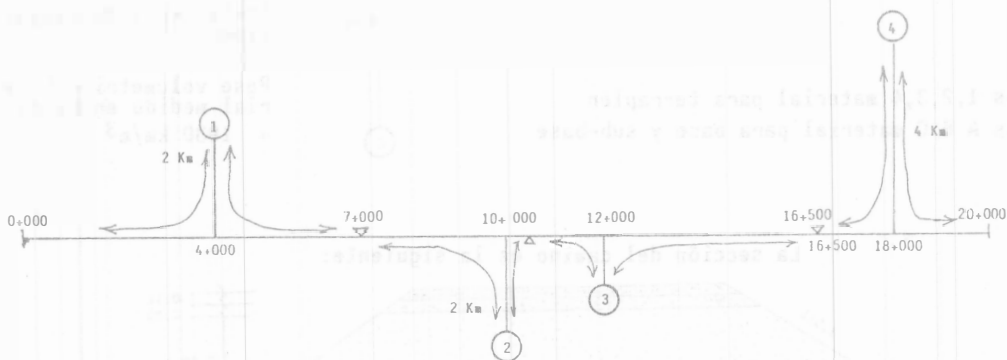
- Base y sub-base

$$\text{Area} = \frac{(15 + 14) 0.34}{2} = 4.93 \text{ m}^2$$

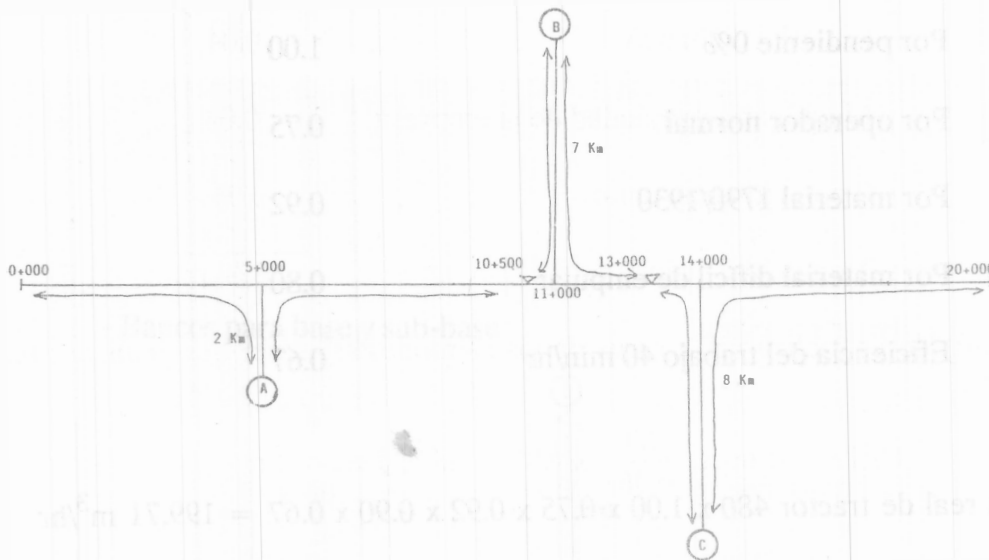
$$\text{Volumen} = 4.93 \times 20\,000 = 98,600.00 \text{ m}^3 \text{ (colocados)}$$

### II deteminación de las zonas de influencia de los bancos.

- Bancos para terraplén



- Bancos para base y sub-base



### III Selección de maquinaria para terraplén

- Tractores

Volumen requerido por hora

$$\frac{720,000.00 \text{ m}^3}{6 \text{ meses}} \times \frac{1 \text{ mes}}{25 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{16 \text{ hr.}} = 300.00 \text{ m}^3/\text{hr. (colocados)}$$

Volumen en banco requerido por hora

$$\frac{300.00}{0.95} = 315.79 \text{ m}^3/\text{hr. (banco)}$$

Producción teórica de un tractor D8L considerando una distancia de acarreo de 45 mts:  $480 \text{ m}^3/\text{hr}$

CORRECCIONES	FACTOR
Por pendiente 0%	1.00
Por operador normal	0.75
Por material 1790/1930	0.92
Por material difícil de empujar	0.80
Eficiencia del trabajo 40 min/hr	0.67

Producción real de tractor 480 x 1.00 x 0.75 x 0.92 x 0.90 x 0.67 = 199.71 m<sup>3</sup>/hr (suelos)

$$\frac{199.71}{1.16} = 172.16 \text{ m}^3/\text{hr (banco)}$$

Número de tractores necesarios

$$N = \frac{315.79}{172.16} = 1.83 \hat{=} 2$$

Se necesitarán 2 tractores

#### - CARGADORES

La producción que obtendremos con los 2 tractores será de 344.32 m<sup>3</sup>/hr suelos (un 10% arriba de la producción requerida con la que se obtiene una holgura en el tiempo de realización).

Producción de un cargador 916 con cucharón de 1.4 m<sup>3</sup>(1.75 yd<sup>3</sup>)

Tiempo básico 0.40

Correcciones	
Material de banco	+ 0.04
Maquinaria propiedad de la empresa	- 0.04
Operación constante	- 0.04
Tiempo del ciclo	<u>0.36 min.</u>

Los cargadores realizaron la carga de los camiones sin tener que realizar ningún acarreo.

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60}{0.36} \times 0.80 = 133.33 \text{ ciclos/hr}$$

$$\text{Capacidad real del cucharón} = 1.4 \times 1.10 = 1.54 \text{ m}^3$$

$$\text{Producción} = 133.33 \frac{\text{ciclos}}{\text{hr}} \times 1.54 \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} = 205.33 \text{ m}^3/\text{hr} \text{ (suelos)}$$

Número de cargadores necesarios

$$\frac{344.32}{205.33} = 1.67 = 2$$

Se necesitarán 2 cargadores

- CAMIONES

Se cuenta con camiones 769 C de 35 Ton. de capacidad.

RESISTENCIA TOTAL (considerando camino tipo II, con pendiente promedio de 1% en la ida)

$$Rt \text{ ida} = 30 + 10 = 40 \text{ Kg/Ton}$$

$$Rt \text{ regreso} = 30 - 10 = 20 \text{ Kg/Ton}$$

$$Rt \text{ ida} = 4\%$$

$$Rt \text{ regreso} = 2\%$$

### *VELOCIDADES MAXIMAS*

De la curva VRT

$$\text{Velocidades ida} = 27 \text{ km/hr}$$

$$\text{Velocidad regreso} = 69 \text{ km/hr}$$

### *VELOCIDADES MEDIAS*

$$\text{Velocidad ida} = 21.6 \text{ km/hr}$$

$$\text{Velocidad regreso} = 55 \text{ km/hr}$$

### *TIEMPO DE CARGA*

Número de ciclos necesarios del cargador para llenar un camión.

$$\frac{17.4 \text{ m}^3}{1.54 \text{ m}^3/\text{ciclo}} = 11.3 = 11 \text{ ciclos}$$

Tiempo de carga

$$0.36 \frac{\text{min}}{\text{ciclo}} \times 11 \text{ ciclos} = 3.96 \text{ min.}$$

### *TIEMPO DEL CICLO*

$$T \text{ ida} + T \text{ regreso} + T \text{ carga} + T \text{ fijo} = T \text{ ciclo}$$

$$\text{Tiempos fijos} = 0.5 \text{ min.}$$

Para el banco 1

Distancia media de acarreo  $d = 4$  km

$$T_{\text{ida}} = \frac{4 \text{ km}}{27 \text{ km/hr}} \times 60 \frac{\text{min.}}{\text{hr}} = 8.89 \text{ min.}$$

$$T_{\text{regreso}} = \frac{4 \text{ km}}{55 \text{ km/hr}} \times 60 \frac{\text{min.}}{\text{hr}} = 4.36 \text{ min.}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 8.89 + 4.36 + 3.96 + 0.5 = 17.71 \text{ min.}$$

Número de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos

$$N = \frac{17.71}{3.96} = 4.47 \approx 5$$

como se trabaja con dos cargadores se necesitarán 10 camiones

Para el banco 2

Distancia media de acarreo  $d = 3.5$  km

$$T_{\text{ida}} = \frac{3.5}{27} \times 60 = 7.78 \text{ min.}$$

$$T_{\text{regreso}} = \frac{3.5}{55} \times 60 = 3.82 \text{ min.}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 7.78 + 3.82 + 3.96 + 0.5 = 16.06$$

$$N = \frac{16.06}{3.96} = 4.06 \approx 4$$

entonces se necesitarán 8 camiones

**Para el banco 3**

Distancia media de acarreo  $d = 3.25$  km

$$T_{\text{ida}} = \frac{3.25}{27} \times 60 = 7.22 \text{ min.}$$

$$T_{\text{regreso}} = \frac{3.25}{55} \times 60 = 3.55 \text{ min.}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 7.22 + 3.55 + 3.96 + 0.5 = 15.23 \text{ min.}$$

$$N = \frac{15.23}{3.96} = 3.83 = 4$$

Entonces se necesitarán 8 camiones

**Para el banco 4**

Distancia media de acarreo  $d = 5$

$$T_{\text{ida}} = \frac{5}{27} \times 60 = 11.11 \text{ min.}$$

$$T_{\text{regreso}} = \frac{5}{55} \times 60 = 5.45 \text{ min.}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 11.11 + 5.45 + 3.96 + 0.5 = 21.02$$

$$N = \frac{21.02}{3.96} = 5.31 = 6$$

Entonces se necesitarán 12 camiones



## Resumen maquinaria para terraplén

DESCRIPCION		CANTIDAD
Tractores	D8 o similares	2
Cargadores	916 o similares	2
Camiones	769 o similares	12

### IV Selección de la maquinaria para base sub-base

Se considera que estos trabajos se realizarán en 4 meses

Producción requerida por hora

$$P = \frac{98,600 \text{ m}^3}{4 \text{ meses}} \times \frac{1 \text{ mes}}{25 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{16 \text{ horas}} = 61.63 \text{ m}^3/\text{hr (colocados)}$$

$$P = \frac{61.63}{0.95} = 64.87 \text{ m}^3/\text{hr (banco)}$$

### - TRACTORES

Producción teórica de un D6 considerando una distancia de acarreo de 30 m: 275 m<sup>3</sup>/hr

### CORRECCIONES

Operador normal 0.75

Por material 0.80

Eficiencia 0.67

$$\text{Producción real} = 275 \times 0.80 \times 0.67 \times 0.75 = 110.5 \text{ m}^3/\text{hr (suelos)}$$

$$P = \frac{110.5}{1.15} = 96.13 \text{ m}^3/\text{hr (banco)}$$

por lo tanto un tractor D6 será suficiente.

## CARGADORES

Si utilizamos el mismo tipo de cargadores utilizados en la construcción del terraplén vemos que uno solo sería suficiente pero su utilización estaría sobrada ya que su producciones mucho mayor a la del tractor. Por lo que optamos por un cargador más pequeño.

Producción de un cargador de 65 HP con cucharón de 1.25 yd<sup>3</sup> (1.0 m<sup>3</sup>)

Tiempo básico	0.40
Material de banco	+ 0.04
Maquinaria propiedad de la empresa	- 0.04
Operación constante	- 0.04
Tiempo del ciclo	<u>0.36 min.</u>

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60}{0.36} \times 0.80 = 133.33 \text{ ciclos/hr}$$

$$\text{Capacidad real del cucharón} = 1.00 \times 1.00 = 1.00 \text{ m}^3$$

$$\text{Producción} = 133.33 \frac{\text{ciclos}}{\text{hr}} \times 1.00 \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} = 133.33 \text{ m}^3/\text{hr (suelos)}$$

Considerando una eficiencia del trabajo de 0.75

$$\text{Producción real} = 133.33 \times 0.75 = 100.00 \text{ m}^3/\text{hr (suelos)}$$

Por lo que un cargador de 1.25 yd<sup>3</sup> será suficiente.

## - CAMIONES

Utilizando los camiones de 35 ton. por disponibilidad de los mismos y haciendo las mismas consideraciones para el cálculo.

### Para el banco A

Distancia media de acarreo  $d = 4.25 \text{ Km}$

$$T_{\text{ida}} = \frac{4.25}{27} \times 60 = 9.44 \text{ min.}$$

$$T_{\text{regreso}} = \frac{4.25}{55} \times 60 = 4.64 \text{ min.}$$

Tiempo de carga

Número de ciclos necesarios del cargador para llenar un camión.

$$\frac{17.4 \text{ m}^3}{1.00 \text{ m}^3/\text{ciclo}} \doteq 18 \text{ ciclos}$$

$$T_{\text{carga}} = 18 \times 0.36 = 6.48 \text{ min.}$$

Tiempo del ciclo

$$T_{\text{ciclo}} = 9.44 + 4.64 + 6.48 + 0.5 = 21.06 \text{ min.}$$

Número de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

$$N = \frac{21.06}{6.48} = 3.25 \doteq 4 \text{ camiones}$$

**Para el banco B**

Distancia media de acarreo  $d = 8$  km

$$T_{\text{ida}} = \frac{8}{27} \times 60 = 17.78 \text{ min.}$$

$$T_{\text{regreso}} = \frac{8}{55} \times 60 = 8.73 \text{ min.}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 17.78 + 8.73 + 6.48 + 0.5 = 33.49 \text{ min.}$$

Número de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos

$$N = \frac{33.49}{6.48} = 5.17 \div 6 \text{ camiones}$$

**Para el banco C**

Distancia media de acarreo  $d = 7$  km

$$T_{\text{ida}} = \frac{11}{27} \times 60 = 24.44 \text{ min.}$$

$$T_{\text{regreso}} = \frac{11}{55} \times 60 = 12.00 \text{ min.}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 24.44 + 12.00 + 6.48 + 0.5 = 43.42 \text{ min.}$$

Número de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

$$N = \frac{43.42}{6.48} = 6.70 = 7 \text{ camiones}$$

Nótese que por ser considerablemente más grande la distancia de acarreo del último banco al eje del proyecto el número de camiones necesarios aumenta también considerablemente, por lo que para balancear correctamente el equipo habrá de analizarse factores tales como la disposición del equipo para ese período de la construcción o bien buscar otras alternativas.

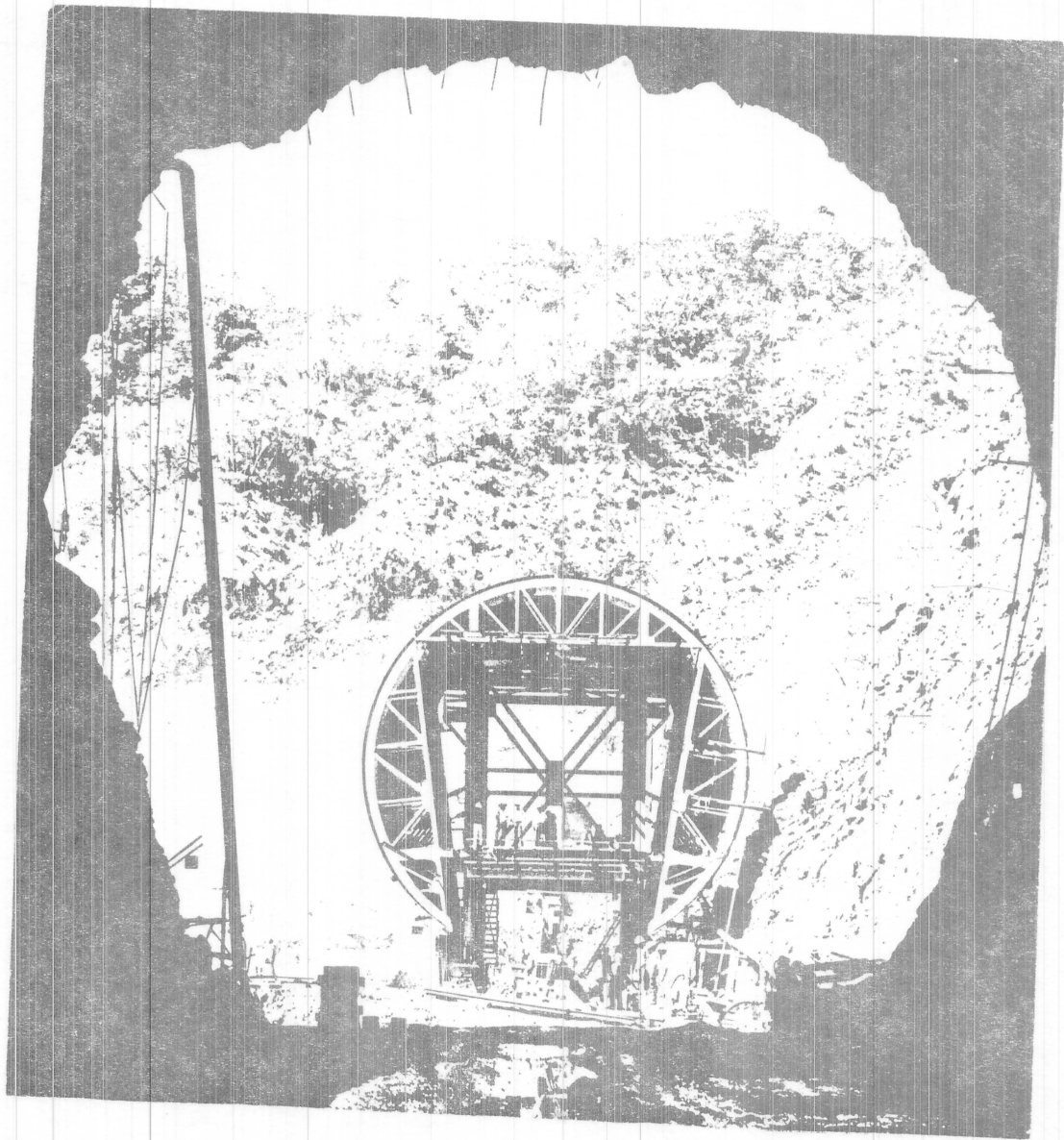
#### RESUMEN DE MAQUINARIA PARA BASE Y SUB-BASE

DESCRIPCION		CANTIDAD
Tractores	D6 o similar	1
Cargadores	910 o similares	1
Camiones	769 o similares	7

# **APENDICE I**

## **CICLO DE EXCAVACION EN TUNELES**

## CICLO DE EXCAVACION EN TUNELES



**GENERALIDADES.-** A continuación se plantea la secuela del cálculo de rendimientos por concepto de excavaciones en túneles, particularmente aplicable a excavaciones en roca con el empleo de explosivos. En la práctica de la construcción de las obras hidráulicas e hidroeléctricas, la mayoría de los túneles se excavan en materiales formados por rocas para cuya remoción se requiere del empleo de explosivos.

Para la aplicación de la secuela expuesta partiremos de la premisa de que cualquiera que sea el túnel de que se trate, el mismo habrá sido previamente planeado y programado, por lo que las operaciones relativas a su excavación se conducirán en una forma rítmica, racional y balanceada de acuerdo con la siguiente secuencia lógica común a todas las operaciones en túneles:

- 1.- Instalación del equipo de barrenación (junbo y perforadoras) y barrenación en el frente.
- 2.- Poblado y tronado del frente, previo retiro del equipo de barrenación.
- 3.- Ventilación después de la tronada, para **eliminación** de los gases y polvo tóxico.
- 4.- Rezagado y transporte de la roca tronada, **previo amacizado**.
- 5.- Bombeo de agua filtrada, cuando este sea **necesario**.
- 6.- Erección de las estructuras de ademe para **sostener el techo y paredes**, cuando esto sea necesario, y trabajos de afine.
- 7.- Colocación de las formas para los **colados de concreto (Esta operación queda fuera de lo discutido en este trabajo)**.
- 8.- Revestimiento de los túneles por medio de concreto.

**ESTADÍSTICAS.-** El control estadístico de tiempos de trabajo cuidadosamente conducidos, ha permitido establecer **correlaciones** entre los tiempos empleados en la diversas operaciones elementales **que integran el trabajo de las excavaciones de túneles en roca con empleo de explosivos, comparando y analizando los datos fundamentales estadísticos obtenidos de tales estudios, ha sido posible establecer con relaciones, perfectamente definidas y aplicables en la práctica, entre los tiempos empleados y los diversos factores que intervienen en los trabajos, tales como: avance de tronada (cuele), número de barrenos, longitud total de barrenación por**



cuele, número de perforadoras necesarias, consumo de explosivos, etc.; tiempos y valores que varían en función de la magnitud de las áreas de las secciones transversales de los frentes de ataque en los túneles.

Gracias a los estudios estadísticos y a las correlaciones realizadas por la Atlas Copco, ha sido posible determinar para un túnel cualquiera de dimensiones definidas la fuerza de construcción necesaria para conducir las operaciones en forma organizada, racional y conómica.

Los trabajos en **cuya recopilación** estadística se basa la secuela de cálculo aquí desglosada, han sido realizados empleando perforadoras neumáticas con pesos del orden de 42 a 57 libras, equipadas con dispositivos o mecanismos empujadores neumáticos (piernas telescópicas y columnas de drifter), barrenas del tipo integral con insertos de carburo de tungsteno en la broca correspondiente, siendo operada cada máquina por un solo hombre, y trabajando a una presión del orden de 6 a 7  $\text{kg/cm}^2$  (85 a 100 libras por pulgada cuadrada), utilizando agua a una presión media del orden de 4 a 5  $\text{kg/cm}^2$  (57 a 71 psi) Las investigaciones cubrieron rocas suaves, de dureza media, duras y muy duras; y los resultados fueron comparados para fines de control, con los obtenidos en trabajos similares realizados en explotaciones mineras.

**NOMENCLATURA**- Para facilitar la utilización de este estudio, a continuación se consigna la nomenclatura empleada en el mismo:

**A** Área de la sección transversal teórica del túnel (en  $\text{m}^2$ ).

**Bv** Velocidad de penetración de las brocas, lo que equivale a considerar rendimientos instantáneos de perforación (cm/min.)

**N** Número total de barrenos en el frente de ataque de la sección del túnel.

**G** Longitud total barrenada en el frente del túnel para un cuele (metros).

**H** Profundidad nominal de cada barreno (metros)

**M** Número de operarios empleados en la barrenación.

**b** Longitud de las barras de acero integral de barrenación (metros).

T Tiempo total empleado en completar cada ciclo de excavación (minutos).

t tiempo parcial correspondiente a la operación indicada por el subíndice respectivo (minutos).

**Tronada:** Operación de hacer volar la carga explosiva con que previamente fueron poblados los barrenos del frente de ataque.

**Ciclo:** Tiempo total empleado en completar una etapa de excavación desde el instante de iniciar la colocación del equipo de barrenación en el frente de ataque, hasta el instante de terminar totalmente el rezagado de la roca.

**Ciclo de Barrenación:** Tiempo total empleado en barrenar y volar un cuele, contando a partir del momento de colocar el equipo en posición de ataque, hasta el momento de disparar la tronada, y el tiempo empleado en amacizar el techo y paredes después de la misma.

**CUELE O AVANCE POR TRONADA.**- El avance obtenido en un túnel después de cada tronada, mejor conocido como "cuele por tronada", está limitado por razones prácticas tales como:

profundidad de los barrenos consumo económico de explosivos, grado de fragmentación de la roca, etc. En la práctica se ha determinado que el cuele por tronada suele ser una función del área transversal de la excavación, como se ilustra en la gráfica de la *fig. 1* construida con valores promedio basados en observaciones estadísticamente conducidas, correlacionando el avance por tronada con el área de la sección transversal del túnel excavado.

**BARRENACION POR TRONADA.**- El número de barrenos que es necesario perforar en cada frente de ataque de un túnel, depende de la resistencia específica de la roca a ser volada, del diámetro de los barrenos, del tipo deseado en la roca y del equipo de rezagado que se va a utilizar.

Por lo general, una vez determinado el cuele que se va a obtener en la tronada, cada barreno solo perfora hasta una profundidad de 10% (diez por ciento) mayor que la profundidad del cuele planeado.

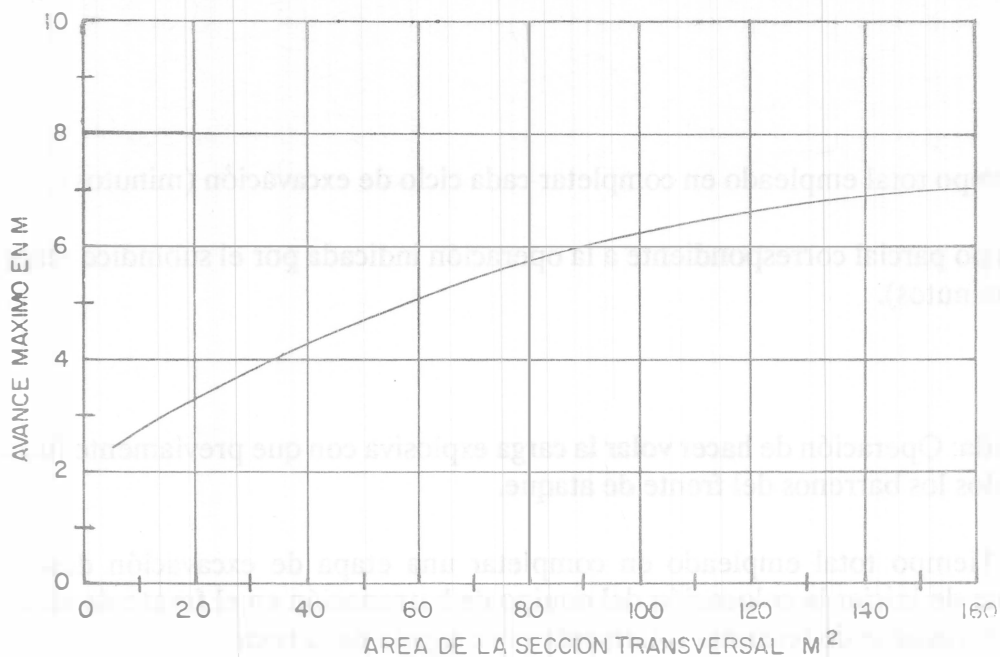


Fig. 1 Avance o cuele por tronada en función del área transversal (Atlas Copco Mexicana, S.A.)

Una vez determinado el valor de  $V$ , el espaciamiento de los barrenos auxiliares se ajusta de acuerdo con los coeficientes, que son valores aproximados, los que se deberán afinar de acuerdo con cada caso en particular.

En la *fig. 2* Se consigna una gráfica que muestra la correlación entre la sección transversal de un túnel y el número de barrenos necesarios para su tronada, la cual puede ser de utilidad en trabajos relativos a planificación de las obras; desde luego que el número real podrá variar de acuerdo con las variaciones en el diámetro de los barrenos. Para fines de análisis de costos y precios unitarios se aconseja el empleo de la gráfica de la *fig. 3*.

**CONSUMO DE EXPLOSIVOS.-** El consumo de explosivos en la excavación de túneles varía ampliamente entre 0.8 y 3.5 Kilogramos por metro cúbico de roca tronada, y su magnitud depende de la resistencia específica de la roca, del grado de fragmentación deseado y del sistema y organización de la barrenación, así como del tipo de disparo, aunque en la actualidad se ha generalizado el disparo con empleo de estopines con retardos de milisegundos, para auxiliar en la fragmentación, disminuir el lanzamiento del material y disminuir las vibraciones durante la explosión, ya que es frecuente que en el interior de los túneles y en zonas cercanas a los frentes se encuentren estructuras, por ejemplo, además, que se deben proteger contra vibraciones muy intensas.

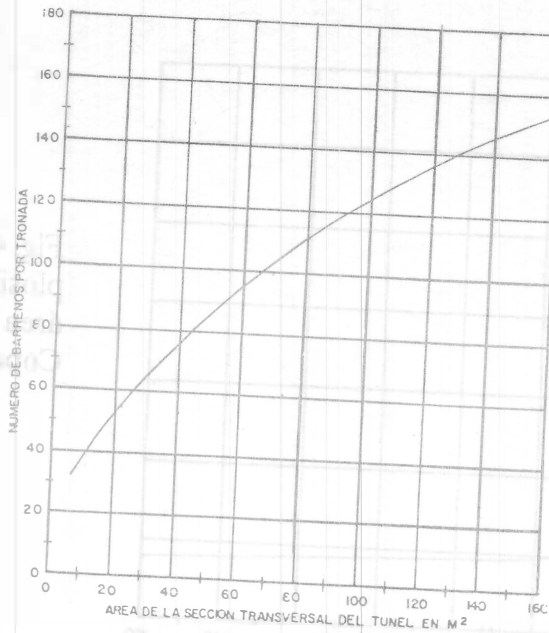


Fig. 2.- Correlación entre el número de barrenos necesarios y el área del túnel (Atlas Copco Mexicana, S.A.)

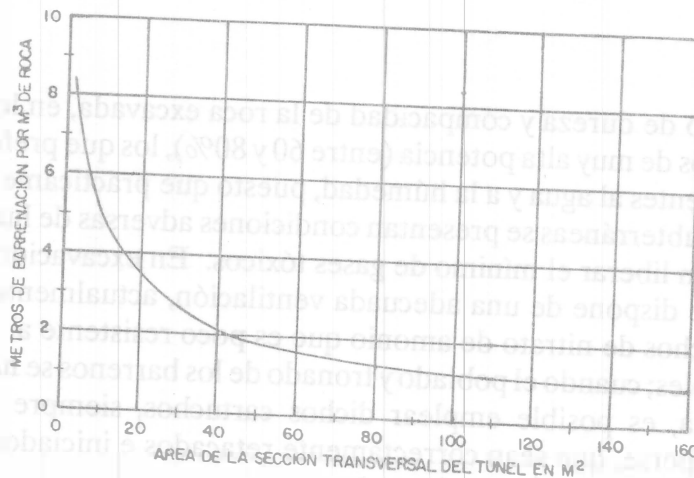


Fig. 3.- Metros de barrenación por m<sup>3</sup> de roca en función del área del túnel (Atlas Copco Mexicana, S.A.)

En la gráfica de la fig. 4, se presenta una curva que correlaciona el consumo de explosivos, expresado en Kg/m<sup>3</sup> de roca tronada, con el área de la sección transversal del túnel. Dicha gráfica corresponde a condiciones medias, y la roca es medida en banco. Puesto que el consumo de explosivos está íntimamente ligado con la resistencia específica de la roca, en cada caso se podrán afinar los valores obtenidos de la fig. 4.

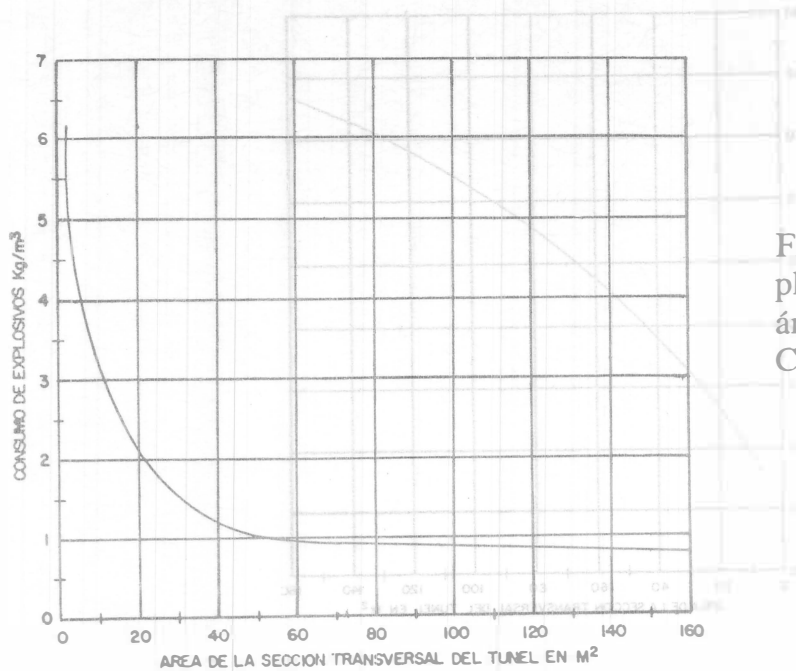


Fig. 4. Consumo de explosivos en función del área del túnel (Atlas Copco Mexicana, S.A.)

Según sea el grado de dureza y compacidad de la roca excavada, en los túneles se emplean explosivos de muy alta potencia (entre 60 y 80%), los que preferiblemente deberán ser resistentes al agua y a la humedad, puesto que prácticamente en todas las excavaciones subterráneas se presentan condiciones adversas de humedad. Los explosivos deberán liberar el mínimo de gases tóxicos. En excavaciones subterráneas en las que se dispone de una adecuada ventilación, actualmente ya se están empleando cartuchos de nitrato de amonio que es poco resistente al agua, ya que sus sales son solubles; cuando el poblado y tronado de los barrenos se hace en forma rápida y oportuna, es posible emplear dichos cartuchos, siempre y cuando se coloquen sin romperse, que sean correctamente retacados e iniciados, y que en el túnel disponga de una ventilación adecuada.

El nitrato de amonio, al estallar genera gases tóxicos que deben ser eliminados y diluidos hasta un grado de concentración adecuado. Puesto que existe una marcada tendencia a confiar demasiado en este tipo de agente explosivo, cuando sea empleado en excavaciones subterráneas, deberán adoptarse medidas especiales de seguridad para comprobar que la concentración de gases sea conveniente cuando el personal regrese al frente de los trabajos; descuidar dicha vigilancia podrá causar muy serios accidentes.

**TIEMPO TOTAL EMPLEADO EN BARRENACION Y TRONADO.-** En los trabajos de excavación de túneles con empleo de explosivos, el tiempo Total "T" empleado en el conjunto de operaciones realizadas desde el momento de iniciar la barrenación hasta el disparo, está integrada por diversos tiempos elementales. Los

estudios estadísticos de tales tiempos han sido conducidos en tal forma que nos permiten expresar dichos "tiempos elementales" por medio de las siguientes expresiones:

**1.-** Tiempo empleado en la aproximación y retiro del personal, antes y después de la barrenación, el cual está integrado por las siguientes. Antes de iniciar la barrenación y después determinada respectivamente.

Se entiende que el personal emplea 4.0 minutos en aproximarse y retirarse del frente de trabajo, lo cual corresponde al siguiente porcentaje de tiempo total "T".

$$t = \frac{4 \times 100}{T} = \% \text{ del tiempo total T.}$$

**2.-** Tiempo empleado en la instalación y retiro del equipo, antes y después de la barrenación, el cual está integrado por las siguientes operaciones:

- a) Transporte del equipo de barrenación hasta el frente de ataque y su instalación en el mismo, dejándolo listo para trabajar; desmantelamiento y retiro al terminarse la barrenación (en algunos casos las plataformas empleadas en la barrenación se utilizan para el poblado de los explosivos).
- b) Tiempo de espera mientras se dibuja o traza sobre el "frente de barrenación" la plantilla o cuadrícula de barrenación.
- c) Montaje y desmantelamiento de las tuberías de abastecimiento de agua, aire y ventilación en las inmediaciones del frente de ataque.
- d) Transporte del acero de barrenación hasta el frente de ataque.
- e) Tiempo empleado en conexiones de mangueras y otros ajustes, así como en las desconexiones antes de retirar el equipo al terminarse la barrenación.
- f) Anclado y remoción de los dispositivos de soporte de las perforadoras neumáticas.

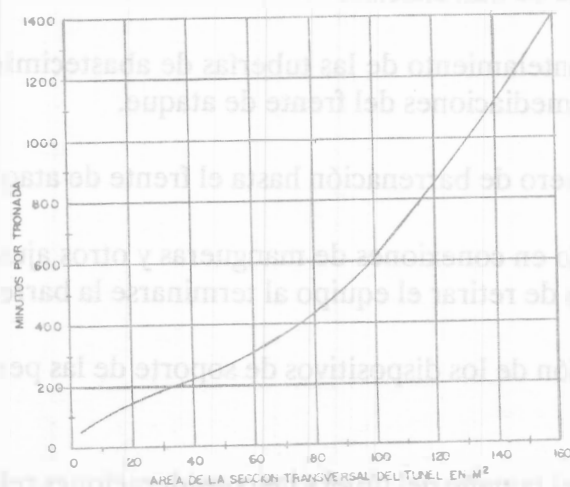
Desde luego que es el tamaño del túnel y las consideraciones relativas a la economía en los trabajos, lo que dicta la conveniencia de utilizar un carro de perforación (jumbo) de dimensiones adecuadas. El tiempo empleado en transportar y colocar

una plataforma de perforación será determinado después de haber estudiado minuciosamente las operaciones y organización de los trabajos. En túneles cuyas operaciones sean conducidas sobre la base de turnos de trabajos alternados, es necesario tener en cuenta que el transporte de las plataformas de perforación será realizado por el equipo de transporte utilizado en el acarreo de la rezaga, lo cual reducirá los tiempos empleados en tal maniobra, hasta en un 21% (veintiuno por ciento).

Una plataforma de barrenación usualmente es necesaria en túneles cuya altura exceda a 2.10 m. (7'). La forma y dimensiones de la misma definirán la manera de ser transportada, así como el número de operarios necesarios para ello, o bien, la fuerza tractiva; cuando las plataformas son remolcadas por un vehículo mecanizado, suele bastar con 3 hombres para la maniobra. Para reducir al mínimo el tiempo empleado en el transporte, colocación y remoción, deberá planearse una cuidadosa y adecuada organización.

Evidentemente existen multiples y variadas técnicas y organizaciones para realizar el transporte, colocación, y retiro del equipo de barrenación, pero en la práctica se ha visto que tales variaciones no afectan apreciablemente a los tiempos totales empleados en realizarlas.

En la *fig. 5*. Se ilustra una gráfica que correlaciona el tiempo ( $t_2$ ) empleando en el conjunto de operaciones de instalación, desmantelamiento y transportación del equipo de barrenación, con el área de la sección transversal del túnel; obviamente los valores consignados en la misma, son promedios estadísticos. La curva de la gráfica de referencia es aplicable tanto a túneles en los que no se necesita una plataforma especial de barrenación como aquellos en los que se requiere una o dos.



*Fig. 5.-* Tiempo total en la instalación y retiro del equipo de perforación en función del área de la sección transversal del túnel (Atlas Copco Mexicana, S.A.)



3.- Operaciones de preparación y limpieza antes y después del poblado de explosivos en el frente de trabajo, que comprende las siguientes operaciones elementales.

- a) Arreglo de las barras retacadoras (fineros), mangueras y tubos de soplado.
- b) Limpieza de los barrenos por medio de soplado de los mismos.
- c) Arreglo de las cajas de estopines de la máquina explosora.
- d) Recolección y retiro de todos los artículos y accesorios sobrantes, antes de disparar la tronada

El tiempo total empleado y la limpieza antes y después del poblado de explosivos, se determina a partir del número de operarios que forman la cuadrilla o cuadrillas de pobladores y se dimensiona de tal forma que avance o cuele por tronada este en proporción igual a mitad del ancho o altura del frente de trabajo, aproximadamente.

En la gráfica de la *fig. 6.* se consigna una curva que correlaciona el tiempo empleado en estas operaciones, con el área de la sección transversal del túnel. En dicha gráfica se puede obtener el tiempo  $t_3$

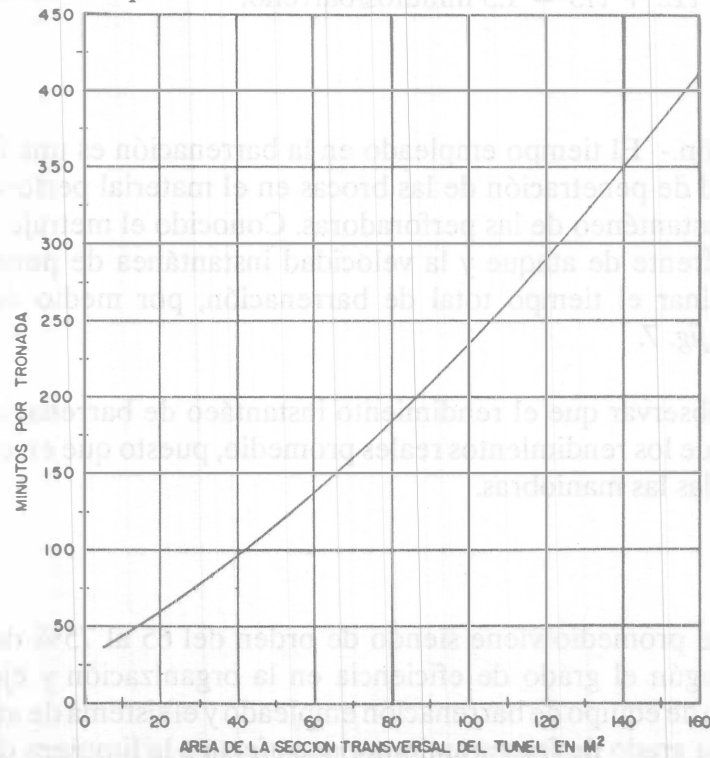


Fig. 6.- Tiempo de instalación y retiro de equipo antes y después del poblado y explosivos (Atlas Copco Mexicana, S.A.)



4.- Tiempos empleados en el movimiento de una perforadora de un barreno al subsecuente, el que estadísticamente se ha determinado que en promedio es del orden de  $t_4 = 0.7$  minutos/barreno.

5.- Tiempo empleado en el transporte de diversos materiales necesarios durante la barrenación y poblado, el que estadísticamente se ha determinado que tiene un valor de  $t_5 = 2.5\%$  del tiempo total  $T$  empleado en el trabajo completo de barrenación y tronado.

6 a 11.- Tiempos empleados en impartir instrucciones al personal y diversos tiempos perdidos normales en este tipo de trabajos.

Estadísticamente se ha determinado que estos tiempos, de  $t_6$  a  $t_{11}$ , computan un total de:

$$t_6 \text{ a } t_{11} = 16\% \text{ del tiempo total } T$$

12 y 13.- Medida y trazado de los sitios correspondientes a los barrenos, así como el emboquillado de los mismos, cuando es necesario.

Según datos estadísticos estas operaciones implican un tiempo igual a:

$$t_{12} + t_{13} = 1.5 \text{ minutos/barreno.}$$

14.- Barrenación.- El tiempo empleado en la barrenación es una función directa de la velocidad de penetración de las brocas en el material perforado, esto es, el rendimiento instantáneo de las perforadoras. Conocido el metraje total de barrenación en un frente de ataque y la velocidad instantánea de penetración  $B_v$ , se puede determinar el tiempo total de barrenación, por medio del nomograma ilustrado en la *fig. 7*.

Es oportuno observar que el rendimiento instantáneo de barrenación difiere muy notablemente de los rendimientos reales promedio, puesto que en estos últimos se incluyen ya todas las maniobras.

El rendimiento promedio viene siendo de orden del 65 al 75% del rendimiento instantáneo, según el grado de eficiencia en la organización y ejecución de los trabajos, el tipo de equipo de barrenación empleado y el sistema de ataque, así como por ejemplo, su grado de fracturamiento, que afecta a la limpieza de los barrenos.

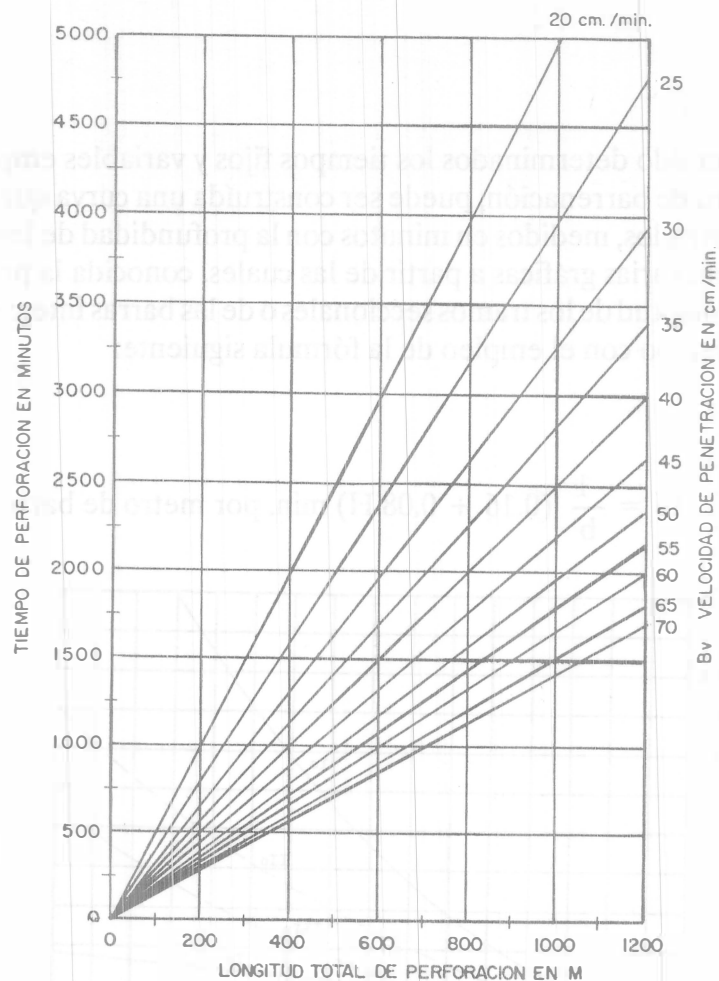


Fig. 7.- Tiempo de perforación en función de la velocidad de penetración (Atlas Copco Mexicana, S.A.).

15.- Ajustes de las mangueras de aire y "soplado" de emergencia en los barrenos. Observaciones estadísticas han conducido a considerar que en estas operaciones elementales se emplea un tiempo promedio  $t_{15} = 0.15$  minutos/metro de barrenación.

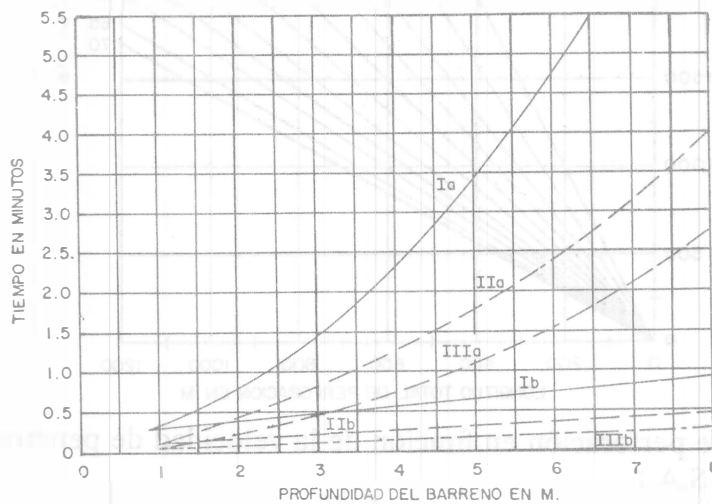
16.- Cambios de acero de barrenación. El tiempo consumido en los cambios del acero de barrenación incluye; tanto los tiempos fijos como los variables.

Los tiempos fijos son independientes de la profundidad del barreno; en tanto los tiempos variables son una función directa de la profundidad del barreno, dependiendo de la longitud de los tramos de acero de barrenación empleado.

Con el objeto de reducir al mínimo los tiempos empleados en los cambios de acero de barrenación, conviene perforar simultáneamente varios barrenos en forma tal que las barras empleadas en un cierto grupo de barrenos puedan ser pasadas a otro grupo cercano, en tanto que las máquinas se encuentran perforando un tercer grupo. Operando en esta forma los tiempos pueden ser reducidos en un 30% o 40% con respecto al tiempo normal que se emplearía si cada barreno fuera perforado independientemente sin consideración a los demás.

Una vez que han sido determinados los tiempos fijos y variables empleados en los cambios de acero de barrenación, puede ser construída una curva que correlacione los tiempos empleados, medidos en minutos con la profundidad de los barrenos. en la *fig. 8* se ilustran varias gráficas a partir de las cuales, conocida la profundidad de un barreno y la longitud de los tramos seccionales o de las barras integrales, se puede determinar el tiempo con el empleo de la fórmula siguiente:

$$t_{16} = \frac{1}{b} (0.16 + 0.08 H) \text{ min. por metro de barreno.}$$



- a ) Tiempo en minutos en cada barreno
- b ) Tiempo por metro de barrenación
- Ia y Ib Varillas de perforación de 0.80 m.
- IIa y IIb Varillas de perforación de 1.60 m.
- IIIa y IIIb Varillas de perforación de 2.40 m.

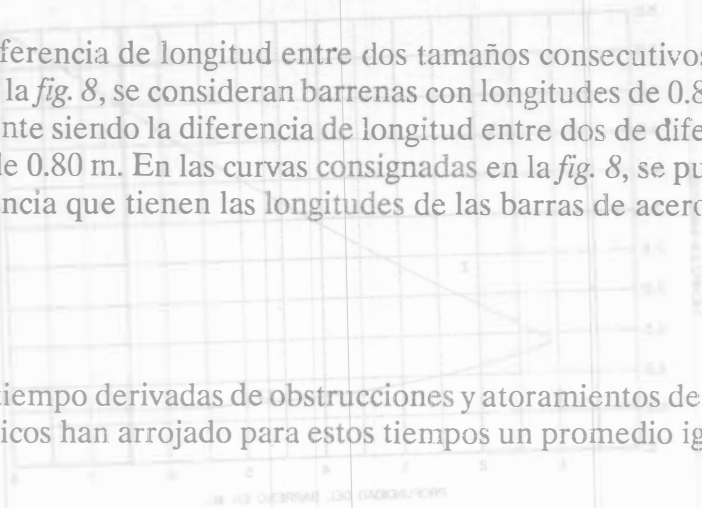
*Fig. 8.-* Tiempo empleado en cambios de acero de barrenación en función de la longitud de las varillas de perforación (Atlas Copco Mexicana, S.A.)

Para obtener los valores prácticos de  $t_{16}$  para una tronada o tanda de barrenación en particular, en la que la profundidad media  $H$  de los barrenos sea expresada por la relación  $G/N$ , la expresión anterior queda en la forma siguiente:

$$t_{16} = \frac{1}{b} (0.16 + 0.80 G) \text{ minutos por metro de barreno}$$

Para llegar a la anterior ecuación se ha supuesto que las barras de acero de barrenación de diferentes tamaños tienen longitudes que son múltiplos del valor

absoluto de la diferencia de longitud entre dos tamaños consecutivos. En el caso de las gráficas de la *fig. 8*, se consideran barrenas con longitudes de 0.80, 1.60 y 2.40 m., respectivamente siendo la diferencia de longitud entre dos de diferentes tamaños inmediatos de 0.80 m. En las curvas consignadas en la *fig. 8*, se puede apreciar la decisiva influencia que tienen las longitudes de las barras de acero de barrenación.



17.- Pérdidas de tiempo derivadas de obstrucciones y atoramientos de las barrenas. Estudios estadísticos han arrojado para estos tiempos un promedio igual a:

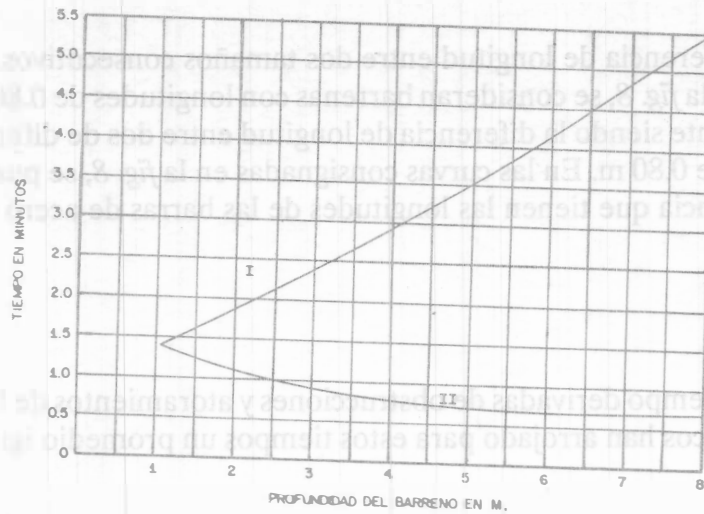
$$t_{17} = 0.10 \text{ minutos por metro de barrenación.}$$

18.- Tiempo empleado en el poblado de barrenos con las cargas de explosivos. El tiempo de carga y poblado de explosivos se ha determinado estadísticamente, y sobre la base de considerar que los explosivos ocuparán un 70% de la longitud total de cada barreno, se determina a partir de la fórmula siguiente:

$$t_{18} = 0.44 + 0.01 \frac{G}{N} \text{ en minutos por metro de barrenación.}$$

El tiempo  $t_{18}$  puede también obtenerse a partir de la gráfica ilustrada en la *fig. 9*, la cual fué construída considerando una operación de poblado en la que se utilicen barras retacadoras manuales y cartuchos de 1" a 1-3/16" de diámetro, aunque se puedan aceptar los mismos rendimientos cuando el poblado sea hecho con cartuchos de 13/16" a 1" de diámetro.

El empleo de las máquinas cargadoras actualmente en uso, no reduce apreciablemente los tiempos empleados en el poblado o carga de los barrenos, pero sí en cambio rinden un atacado de los mismos más uniforme, con el consecuente incremento de la densidad por unidad de longitud.



Carga mana empleando cartuchos de 6 a 8 pulgadas de longitud

Curva I : Tiempo de carga por barreno

Curva II : Tiempo de carga por metro

Fig. 9.- Tiempo empleado en el poblado en función de la profundidad del barreno (Atlas Copco Mexicana, S.A.)

19.- Retacado de la carga explosiva. Puesto que en las operaciones en túneles, el retacado de los barrenos se realiza solamente en forma eventual, aquí despreciaremos los tiempos derivados de tal operación.

20.- Instalación y conexiones del circuito de disparo. Estudios estadísticos han demostrado que, independientemente de las dimensiones de los túneles, la instalación o conexiones del circuito de disparo, toman un promedio de 0.75 minutos por barreno, considerándose por separado un tiempo de 15 minutos empleados en la instalación, tendido y conexión de la línea de conducción de fuerza.

Por tanto:

$$t_{20} = 15 + 0.75 N \text{ (en minutos)}$$

21.- Prueba eléctrica del circuito de disparo. Independientemente de las dimensiones del túnel, o magnitud de la tronada, se emplea un tiempo de  $t_{21} = 5$  minutos en probar eléctricamente el circuito de disparo de cada tronada o voladura.

22 y 23.- Alcance de posiciones de abrigo y disparo. El tiempo que el personal poblador emplea en tomar sus posiciones de abrigo, y en el que se realiza el disparo, se ha determinado que es independiente de las dimensiones de la tronada, para fines prácticos, y se estima por la siguiente ecuación:

$$t_{22} + t_{23} = \frac{4 \times 100}{T} \% \text{ del tiempo total } T$$

24.- Reglaje de los barrenos. Estadísticamente se ha determinado que en esta operación se emplea un tiempo promedio de:

$$t_{24} = 0.35 \text{ minutos/barreno.}$$

25.- Lubricación del equipo. El tiempo empleado en esta operación queda incluido en  $t_2$ .

El tiempo total empleado en la secuencia completa antes descrita, desde las operaciones preliminares para la barrenación, hasta el disparo, está integrado por todos y cada uno de los tiempos elementales enumerados en los párrafos anteriores. El tiempo total de la secuencia, designado por el símbolo  $T$ , podemos calcularlo por medio de la siguiente ecuación que agrupa todos los factores:

$$T = 1.25 \left[ \frac{G}{b} \left( 0.16 + 0.08 \frac{G}{N} \right) + G \left( 0.69 + 0.01 \frac{G}{N} \right) + 20 + 4.01 N + \frac{G \times 100}{Bv} + t_2 + t_3 \right] \frac{\text{minutos}}{\text{tanda}}$$

En la ecuación arriba consignada, los tiempos  $t_2$  y  $t_3$  se incorporan calculándose a partir de la gráfica ilustrada en la fig. 10. El coeficiente 1.25 que afecta a toda la expresión dentro del paréntesis mayor incorpora los factores correspondientes a los tiempos 1, 5, 6 a 11, 22, y 23.

Para facilitar la evaluación del tiempo  $T$ , se han construido los dos nomogramas consignados en las figs. 11 y 12 para túneles con secciones transversales comprendidas entre 2 y 30 m<sup>2</sup> (fig. 11) se incluyeron todos los factores y tiempos antes enumerados, pero se consideró que la perforación se realizará empleando acero de barrenación en tramos que se incrementarán de 1.60 en 1.60 metros. Para otras longitudes de acero de barrenación se podrán hacer las correcciones pertinentes empleando para ello la gráfica de la fig. 8.

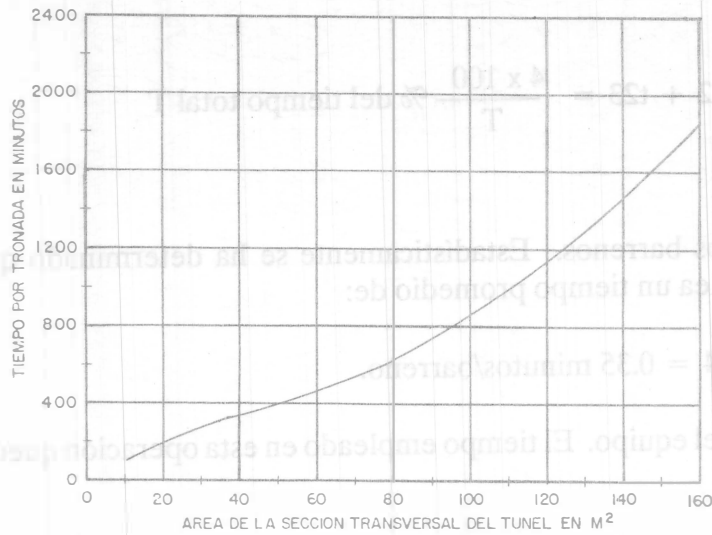


Fig. 10.- Tiempo de organización, instalación y retiro del equipo antes y después de la perforación y poblado (Atlas Copco Mexicana, S.A.)

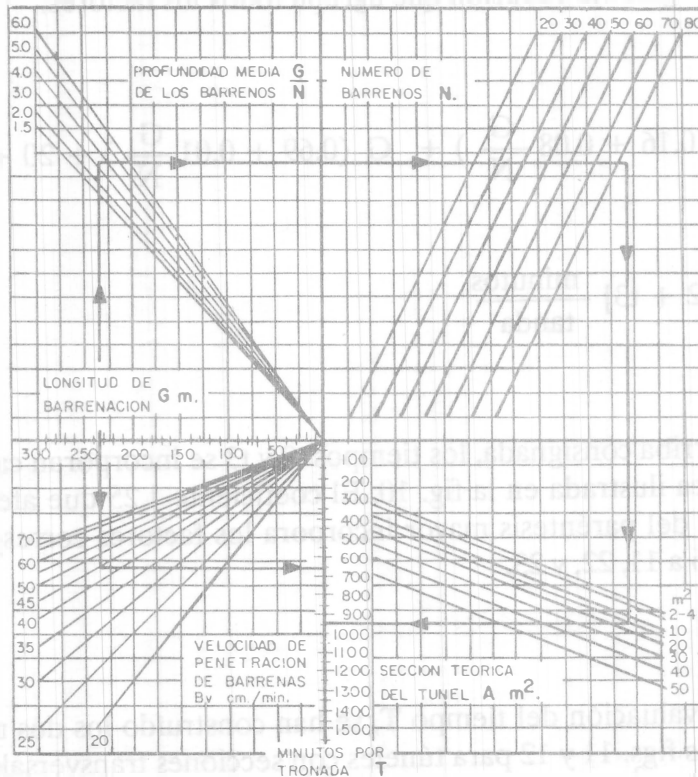
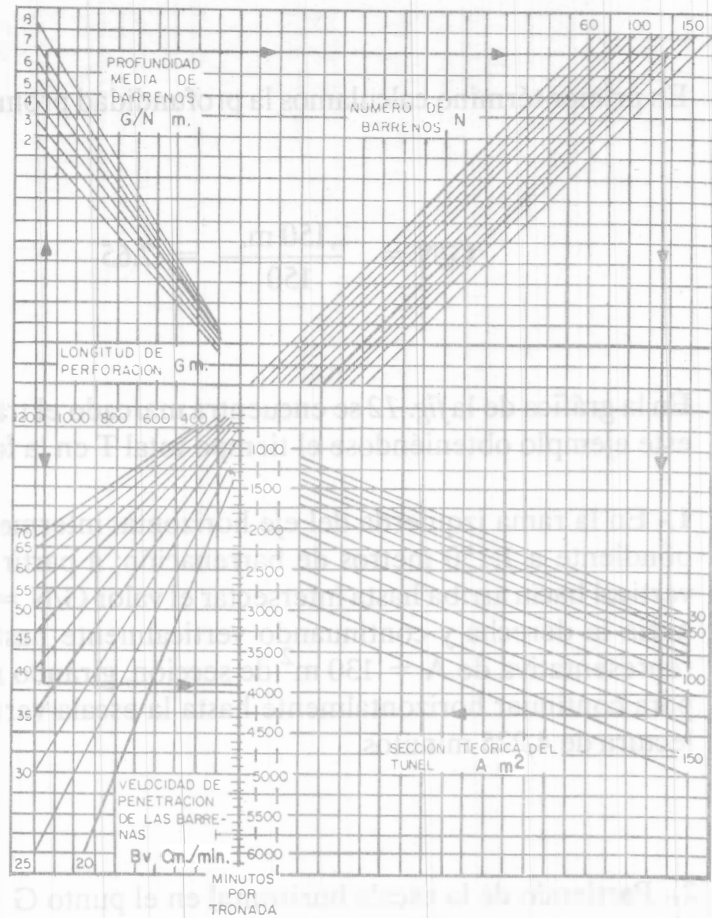


Fig. 11.- Nomograma para calcular el tiempo total empleado en la secuencia completa de barrenación y tronado de túneles con sección transversal comprendida entre 2 y 30 m<sup>2</sup> de frente. (Atlas Copco Mexicana, S.A.)

Fig. 12.- Nomograma para calcular el tiempo total empleado en la secuencia completa de barrenación y tronado de túneles con sección transversal comprendida entre 30 y 160 m<sup>2</sup> de frente (Atlas Copco Mexicana, S.A.)



Ejemplo del empleo de los Nomogramas de las figuras 11 y 12.

Para ilustrar el manejo de los nomogramas, a continuación se expone un ejemplo de cálculo, basado en los datos siguientes:

$$A = 130 \text{ m}^2.$$

$$N = 150 \text{ barrenos.}$$

$$G = 1,150 \text{ m de barrenación.}$$

$$b = 1.60 \text{ m.}$$

$$Bv = 37 \text{ cm/min.}$$

$$M = \text{Incógnita.}$$



En primer término calculamos la profundidad promedio de los barrenos la cual es:

$$G/N = \frac{1,150 \text{ m.}}{150} = 7.65$$

En la gráfica de la *fig. 12* se encuentra marcado el trazo seguido para la solución de este ejemplo obteniéndose el tiempo total  $T$  en la forma siguiente:

1.- En la rama izquierda del eje horizontal intermedio marcamos el valor correspondiente a 1,150 metros de barrenación; a partir del mismo se traza una línea vertical hacia arriba hasta intersectar el valor  $G/N = 7.65$  m., girando entonces  $90^\circ$  hacia la derecha y continuando verticalmente hasta la intersección con la línea representativa de  $A = 130 \text{ m}^2$  de sección, girando nuevamente  $90^\circ$  a la izquierda para continuar horizontalmente hasta la escala vertical, en la que se obtiene una lectura de 4,225 minutos.

2.- Partiendo de la escala horizontal en el punto  $G = 1,150$  m, de barrenación, se traza una línea auxiliar vertical hasta intersectar la línea inclinada representativa de  $B_v = 37 \text{ cm/min.}$ , girando entonces  $90^\circ$  a la derecha, para continuar horizontalmente con el trazo auxiliar hasta llegar a la escala vertical del centro en la cual se hace lectura de 3,900 minutos.

3.- Sumando los dos tiempos parciales antes obtenidos, se obtiene el tiempo total correspondiente a la tanda de barrenación y tronado, como sigue:

$$T = 4,225 \text{ min.} + 3,900 \text{ min.} = 8,125 \text{ min.}$$

4.- El tiempo  $T$  se afecta por el correspondiente factor de rendimiento de trabajo en el cual ya se incluyen todos los tiempos perdidos por causas diversas; en este caso supondremos un factor de rendimiento de trabajo igual a 0.78, por tanto el tiempo efectivo será.

$$T = \frac{8,125 \text{ minutos}}{0.78} = 10,420 \text{ minutos}$$

5.- Para que la tanda completa de barrenación y tronado se realice en un turno se necesitará el siguiente número de perforistas.

$$M = \frac{10,420 \text{ minutos}}{480 \text{ min./turno}} = 22 \text{ perforistas}$$

6.- De gran interés es determinar la fuerza de construcción formada por las perforadoras necesarias para realizar el trabajo en forma eficiente y oportuna.

Partimos de una velocidad de penetración (rendimiento instantáneo de barrenación con valor de 0.37 m/min.) Tendremos por consiguiente Tiempo efectivo de barrenación, por barreno:

$$\frac{7.65 \text{ m/barreno}}{0.37 \text{ /min.}} = 20.65 \text{ min./barreno}$$

Desplazamiento de la perforadora de un barreno al siguiente:

$$t_4 = 0.7 \text{ min./barreno}$$

Ajuste de las perforadoras y soplado de emergencia:

$$t_{15} = 0.15 \text{ min./m. de barrenación.}$$

$$t = 0.15 \times 7.65 = 1.15 \text{ min./barreno}$$

cambio de acero de barrenación:

$$t_{16} = \frac{1}{1.6} (0.16 + 0.08 \times 7.65) \times 7.65 = 3.7 \text{ min./barreno}$$

Tiempo empleado en perforar cada barreno:

$$20.65 + 0.7 + 1.15 + 3.7 = 26.20 \text{ min./barreno}$$

Velocidad efectiva de perforación promedio:

$$B_m = \frac{7.65 \text{ m/barreno}}{26.2 \text{ min/barreno}} = 29.2 \text{ cm./min.} = 17.5 \text{ m./h.}$$

Consiguientemente en la barrenación se empleará un tiempo total de:

$$t_b = \frac{1,150 \text{ metros}}{17.5 \text{ m./h.}} = 65.7 \text{ h-máquina} = 3,945 \text{ min-máquina}$$

Considerando un factor de rendimiento de trabajo igual a 0.78

$$t_b = \frac{3,945 \text{ min.}}{0.78} = 5,050 \text{ min.-máquina.}$$

Si se dispone de 20 perforadoras, el trabajo de barrenación se realizará en:

$$t_b = \frac{5,050 \text{ min-máquina}}{20 \text{ maq.} \times 60 \text{ min./h.}} = 4.22 = 4 \text{ horas con } 13 \text{ min.}$$

Evidentemente que en la ejecución de los túneles ejercerá notable influencia el número de perforadoras de que se disponga, pues si resulta limitado, los tiempos se alargarán, en tanto que con mayor número se acortarán.

La secuela de cálculo expuesta en párrafos anteriores, sobre los tiempos empleados en la secuencia completa de barrenación y tronado en túneles, ha sido cotejado con resultados obtenidos a partir de observaciones sobre trabajos de tunelería realizados en períodos hasta de un año, habiéndose encontrado una aproximación muy satisfactoria. No existe razón de importancia para que tal procedimiento no sea aplicado al cálculo de tiempos en trabajos.

# **APENDICE II**

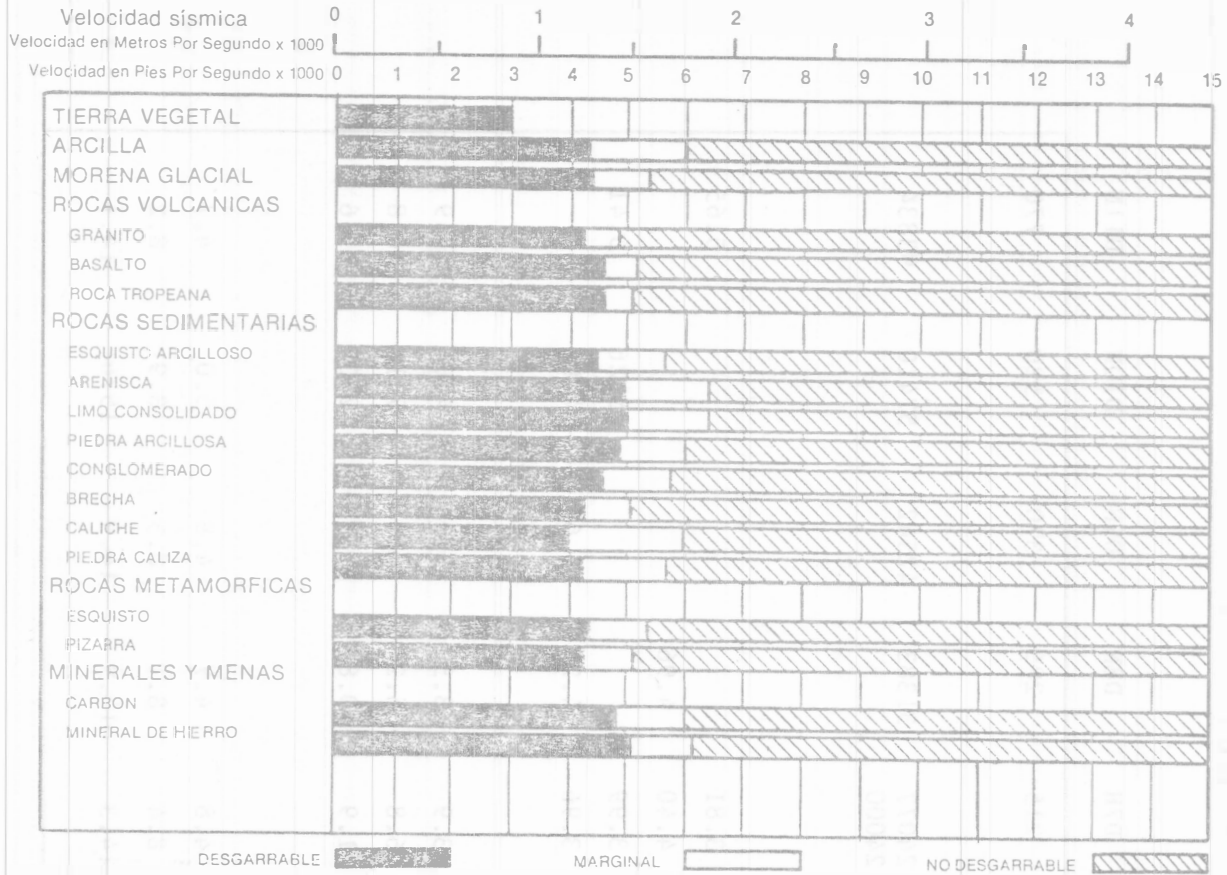
**ESPECIFICACIONES DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE  
CONSTRUCCION**

PRINCIPALES ESPECIFICACIONES DE TRACTORES CATERPILLAR

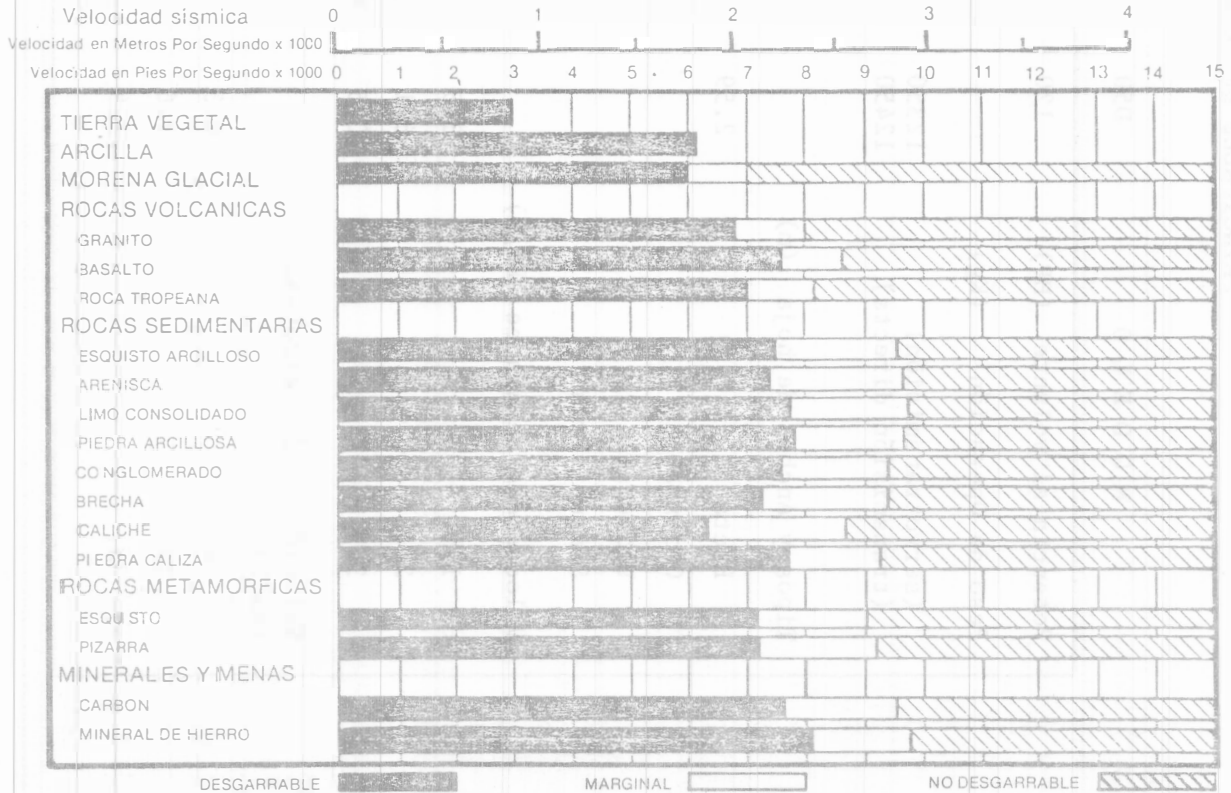
M O D E L O	D5H	D6H	D7H	D8N	D9N	D10N	D11N
Potencia al volante (HP)	120	165	215	285	370	520	770
Peso de Operación (Kg)							
(servotransmisión)	12350	17464	24077	31383	42542	57410	93834
(transmisión directa)	12450	17511	24000				
Tipos y Anchos de hoja (m)							
Recta	2.59	3.25	3.81				5.65
Orientable		4.16	4.40	4.96			
Universal			3.99			5.26	6.41
Semiuniversal		3.26	3.96	4.26	4.66	4.86	
Velocidades de Avance (Km/h)							
1a.	3.5	3.7	3.9	3.5	3.9	4.0	3.9
2a.	6.1	6.6	6.8	6.2	6.9	7.1	6.8
3a.	10.5	11.3	11.9	10.8	12.1	12.0	11.6
Velocidades de retroceso (Km/h).							
1a.	4.3	4.8	4.8	4.7	4.8	5.0	4.7
2a.	7.6	8.4	8.4	8.1	8.5	8.9	8.2
3a.	12.9	14.4	14.3	13.9	14.9	15.6	14.1

ESPECIFICACIONES DE DESGARRADORES CATERPILLAR

D7G



D8L





**ESPECIFICACIONES DE MOTOCONFORMADORAS CATERPILLAR**

M O D E L O	140 B	130 G	14 G	16 G
Potencia en el volante	150 HP	135 HP	180 HP	250 HP
Peso básico en operación	12 715 Kg	12 450 Kg	18 440 Kg	24 520 Kg
Veloc. máx. de avance	37.6 km h	39.4 km h	42.9 km h	43.6 km h
Veloc. máx. de retroceso	25.6 km h	39.4 km h	49.8 km h	43.6 km h
Long. de la hoja estándar	3.96 m	3.66 m	4.27 m	4.83 m

VELOCIDADES	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.	7a.	8a.
	km h	km h	km h	km h	km h	km h	km h	km h
120 B-Avance	4.2	6.4	10.1	15.6	22.7	35.4	- -	- -
Retroceso	7.2	11.4	15.4	23.8	- -	- -	- -	- -
140 B-Avance	4.5	6.9	10.7	16.5	24.4	37.6	- -	- -
Retroceso	7.7	12.0	16.7	25.6	- -	- -	- -	- -
120 G								
Avance y Retroceso	3.9	6.2	9.8	16.2	25.9	40.9	- -	- -
130 G								
Avance y Retroceso	3.7	6.0	9.5	15.6	25.0	39.4	- -	- -
12 G								
Avance y Retroceso	3.7	6.0	9.5	15.6	25.0	39.4	- -	- -
140 G								
Avance y Retroceso	3.9	6.3	9.8	16.2	26.0	41.0	- -	- -
14 G-Avance	3.8	5.3	7.2	10.5	15.8	22.2	30.1	43.5
Retroceso	4.4	6.2	8.4	12.2	18.4	25.8	34.9	50.6
16 G								
Avance y Retroceso	3.8	5.3	7.2	10.5	15.7	22.1	29.9	43.3



## ESPECIFICACIONES DE CARGADORES CATERPILLAR

### CARGADORES SOBRE NEUMATICOS

M O D E L O	916	930	936	966 D	988 B	992 C
Potencia en el volante	85 HP	100 HP	125 HP	200 HP	375 HP	690 HP
Velocidades de avance	km h	km h	km h	km h	km h	km h
1ª	6.7	6.4	7.4	6.6	6.4	6.8
2ª	13.0	11.9	13.1	11.7	11.5	12.1
3ª	24.8	19.3	22.3	20.3	20.4	20.9
4ª	-	44.2	34.4	34.3	36.2	-
Velocidades de retroceso.						
1ª	6.8	7.8	8.3	7.5	7.4	7.5
2ª	13.3	14.3	14.6	13.2	13.2	13.2
3ª	25.0	23.3	24.9	22.8	23.3	23.3
4ª	-	-	38.4	38.1	41.4	-
CUCHARON ESTANDAR						
Capacidad colmada	1.2 m <sup>3</sup>	1.73m <sup>3</sup>	2.1 m <sup>3</sup>	3.1 m <sup>3</sup>	6.3 m <sup>3</sup>	9.9 m <sup>3</sup>
Capacidad al ras	1.09m <sup>3</sup>	1.29m <sup>3</sup>	1.87m <sup>3</sup>	2.6 m <sup>3</sup>	5.4 m <sup>3</sup>	8.31m <sup>3</sup>

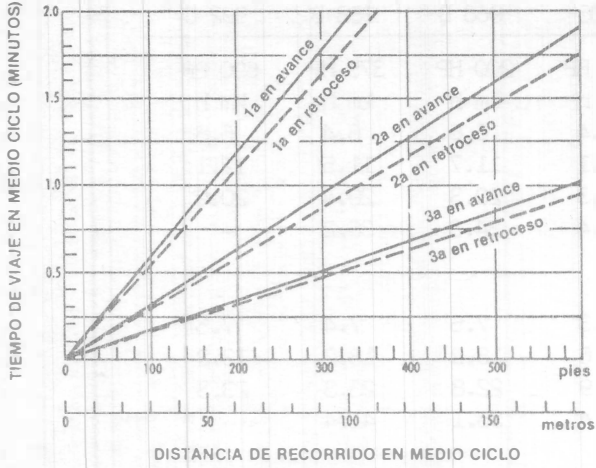
### CARGADORES SOBRE ORUGAS

M O D E L O	931B	943	953	963	973
Potencia en el volante	65 HP	80 HP	110 HP	150 HP	210 HP
Peso en orden de trabajo.	7271 Kg	11 469 Kg	13 825 Kg	18 094 Kg	24 429 Kg
Velocidades de avance	km h	km h	km h	km h	km h
1ª	3.0	0-9.5	0-10.3	0-10.0	0-10.3
2ª	5.7	infini.	infini.	infini.	infini.
3ª	10.5	variable	variable	variable	variable
Retroceso					
1ª	3.2	0-9.5	0-10.3	0-10.0	0-10.3
2ª	6.1	infini.	infini.	infini.	infini.
3ª	11.2	variable	variable	variable	variable
CUCHARON ESTANDAR					
Capacidad colmada	0.8 m <sup>3</sup>	1.15m <sup>3</sup>	1.5 m <sup>3</sup>	2.0 m <sup>3</sup>	2.8 m <sup>3</sup>
Capacidad a ras	0.67m <sup>3</sup>	0.99m <sup>3</sup>	1.29m <sup>3</sup>	1.69m <sup>3</sup>	2.46m <sup>3</sup>

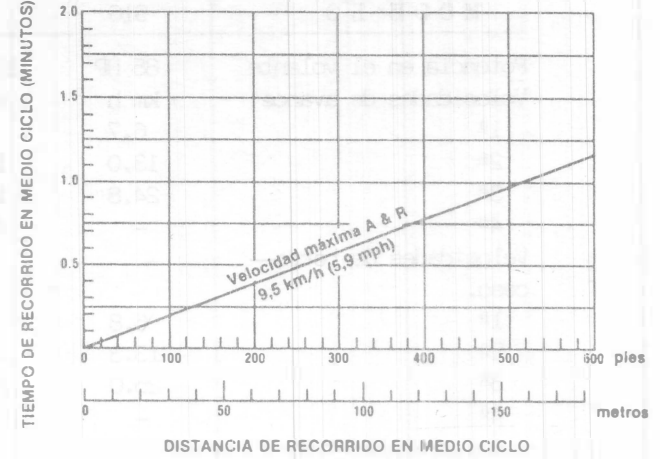
# CARGADORES (continuación)

## CARGADORES SOBRE ORUGAS

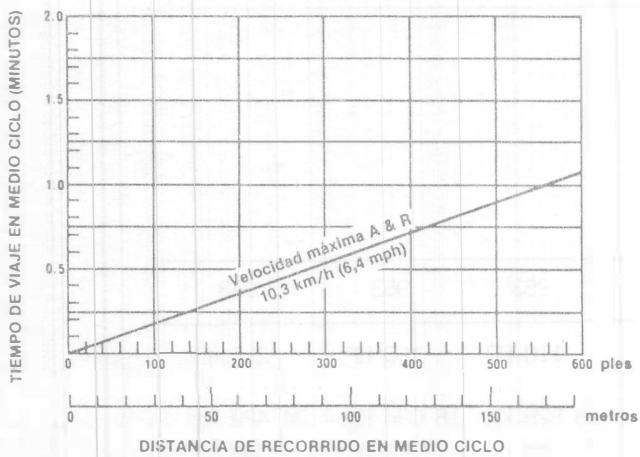
931B



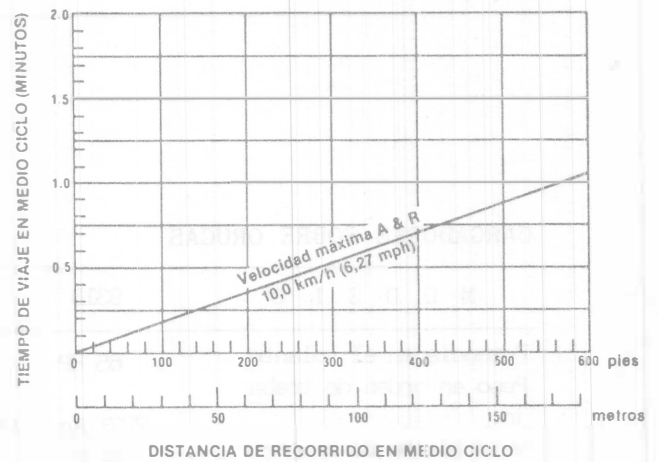
943



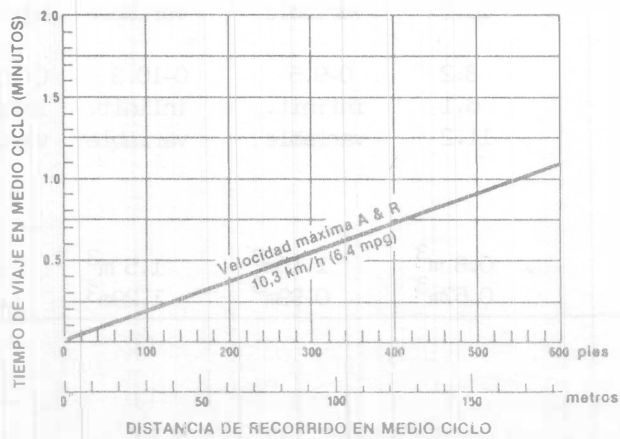
953



963

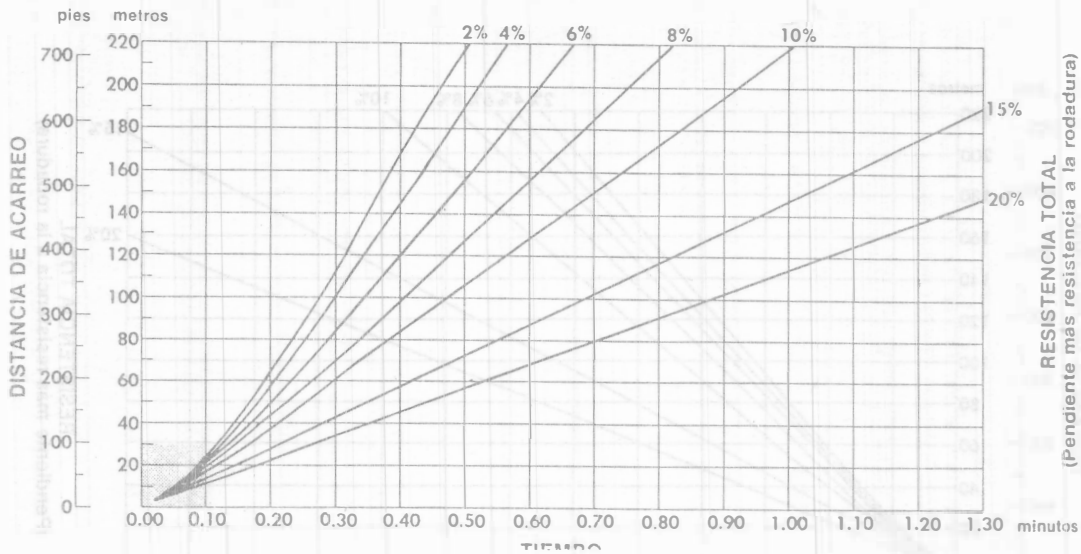


973

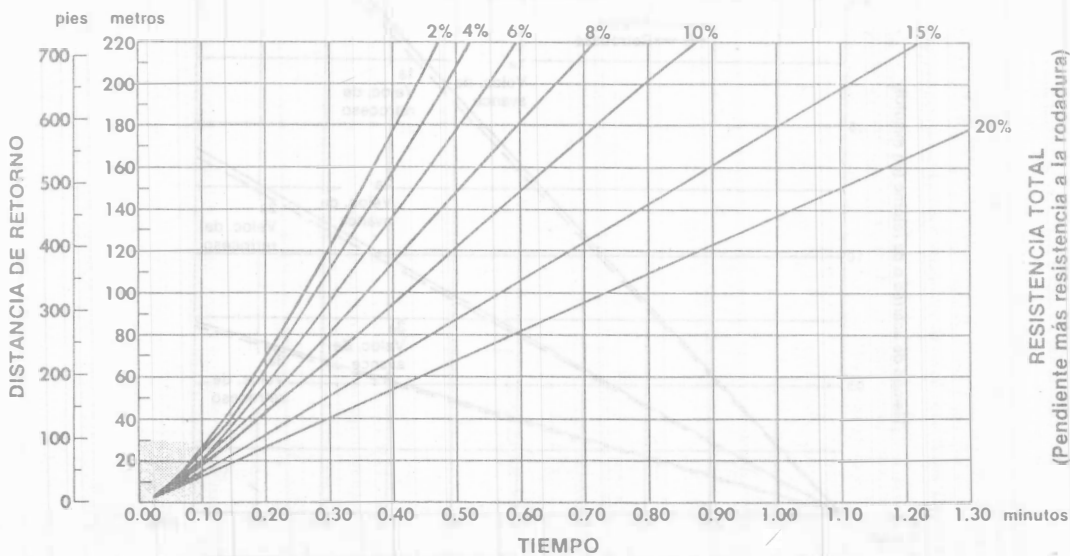


## CARGADORES (continuación)

Cargadores de ruedas | El 966D cargado -

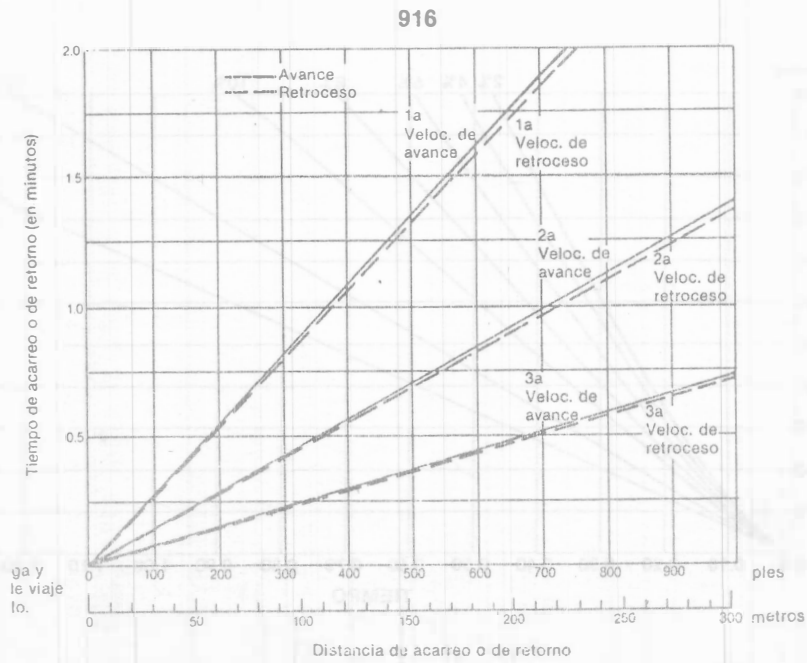
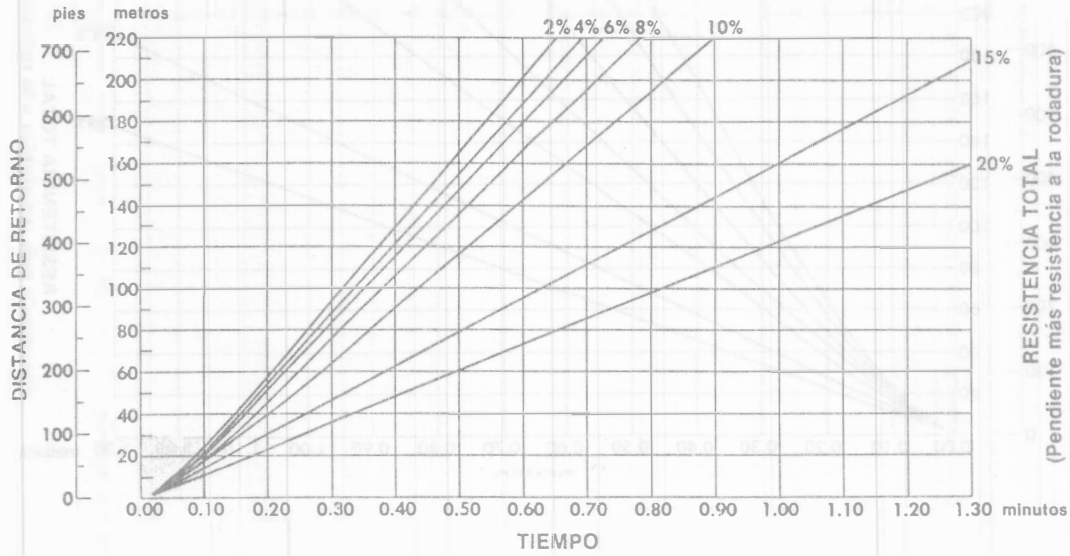


El 988B



# CARGADORES (continuación)

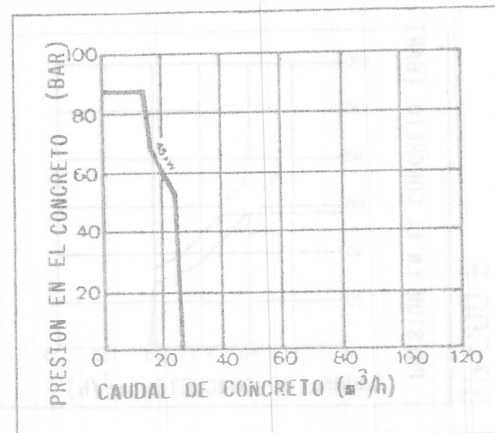
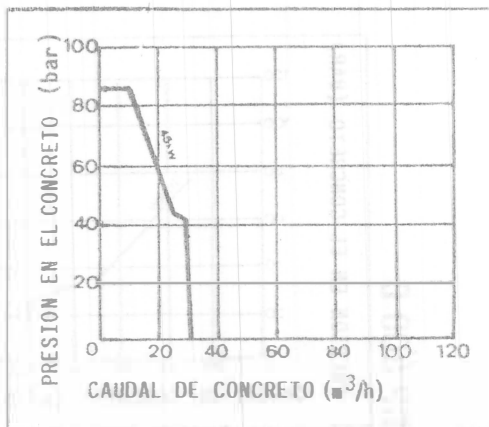
El 992C vacío -



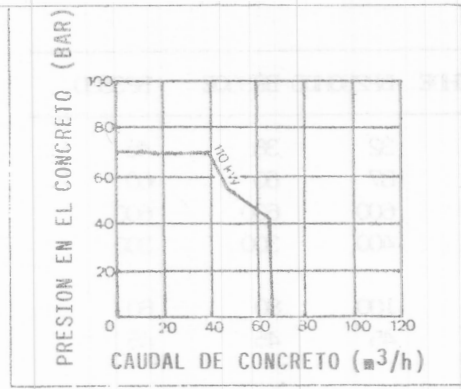
## ESPECIFICACIONES DE BOMBAS DE CONCRETO SCHWING

M O D E L O		BP250HDE	BP250HDD	BP350E	BP350D
Caudal de concreto máx teórico	m <sup>3</sup> /h	27	32	38	46
Presión máx. en el concreto	bar	87	87	60	60
Capacidad de la tolva	lts.	600	600	600	600
Distancia máx. de bombeo	m	400	400	300	300
o altura máx. de bombeo posi - ble hasta	m	100	100	80	80
Potencia del motor	KW	45	45	45	45
Peso propio, inclusive aceite y carburante	Kg	2800	3000	2900	3100
Diámetro de la tubería	mm	100-150	100-150	100-150	100-150

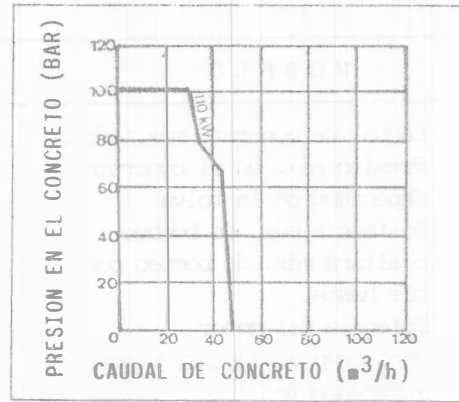
M O D E L O		BP 550 HD 550 HD-18	BP 550 HD-15	BP 800 E	BP 800 D
Caudal de concreto máx teórico	m <sup>3</sup> /h	66	47	82	100
Presión máx. en el concreto	bar	70	101	57	57
Capacidad de la tolva	lts.	600	600	600	600
Distancia máx. de bombeo	m	400	700	300	300
o altura máx. de bombeo posi - ble hasta	m	100	180	80	80
Potencia del motor Acción -- eléctrica	KW	100	75/90/110	90/110	90/110
Acción Diesel	KW	75/90/110	111	111	111
Peso propio, inclusive aceite y carburante	Kg	4900	4900	5000	4900
Diámetro de la tubería DN	mm	125-150	125-150	125-150	125-150



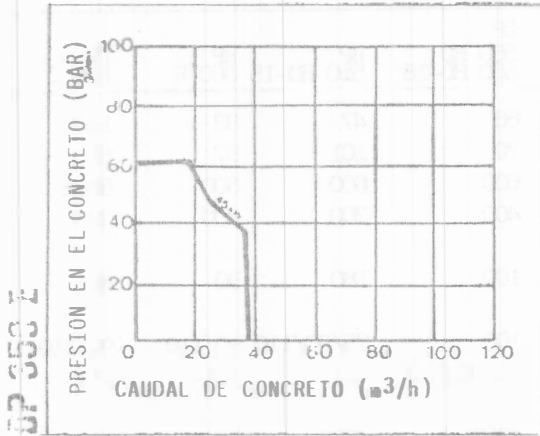
BOMBAS DE CONCRETO SCHWING



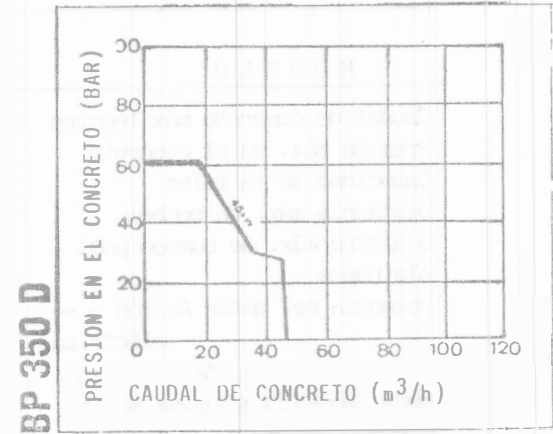
BP 550 HDE  
550 HDD



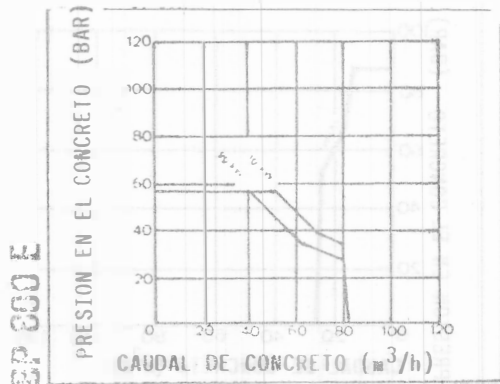
BP 550 HDE-15  
550 HDD-15



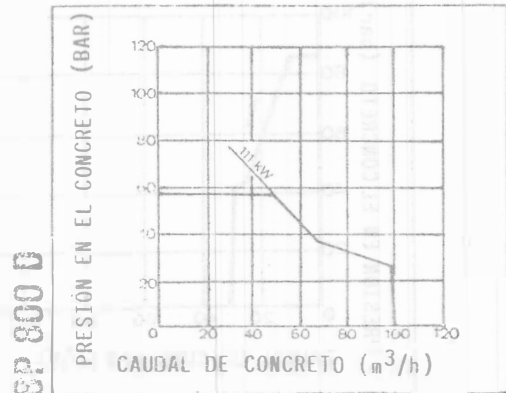
BP 353 E



BP 350 D



BP 800 E



BP 800 D

ESPECIFICACIONES DE COMPACTADORES

COMPACTADORES PARA ASFALTO DE DOS TAMBORES VIBRATORIOS CATERPILLAR

M O D E L O	CB-224	CB-314	CB-414	CB-514	CB-614
Potencia en el volante	33 HP	55 HP	70 HP	91 HP	155 HP
Velocidad máxima	10.6 km h	9 Km h	13.7 Km h	11.3 Km h	11.3 Km h
Peso en orden de trabajo.	1450 Kg	3357 Kg	5780 Kg	9730 Kg	11340 Kg
Rendimiento en pendientes.	35 %	40 %	30 %	30 %	30 %
Ancho del tambor	1200 mm	1120 mm	1397 mm	1739 mm	1981 mm

COMPACTADORES DE NEUMATICOS CATERPILLAR

M O D E L O		
Potencia en el volante	70 HP	70 HP
Velocidad máxima	38.6 km h	38.6 km h
Configuración de las - ruedas	5 delanteros/4 traseros	5 delanteros/4 traseros
Peso en orden de trabajo (vacío sin lastre)	3044 Kg	4318 Kg
Peso en orden de trabajo, lleno (lastre máx)	12343 Kg	16905 Kg
Ancho de compactación	1728 mm	1727 mm

**COMPACTADORES DE TAMBOR LISO VIBRATORIO CATERPILLAR**

M O D E L O	CS-433	CS-551	CS-553	TSM-54
Potencia en el volante	80 HP	155 HP	155 HP	35 HP
RPM indicadas del motor	2500	2400	2400	2800
Número de cilindros	4	8	8	2
Velocidad máxima	10 km h	12.1 km h	10.5 km h	- ° -
Peso en orden de trabajo.	6720 Kg	10 400 Kg	10 780 Kg	2160 Kg
Rendimiento en pendientes.	50 %	33 %	45 %	- ° -
Ancho del tambor	1524 mm	2130 mm	2130 mm	1370 mm

**COMPACTADORES DE TIERRA CON TAMBOR DE PISONES VIBRATORIO CATERPILLAR**

M O D E L O	CP-433	CP-553	TSF-54
Potencia en el volante	80 HP	155 HP	35 HP
Velocidad máxima	10 km h	13 km h	- ° -
Peso en orden de trabajo.	6750 kg	12 290 kg	2160 kg
Rendimiento de pendientes.	59 %	47 %	- ° -
Ancho del tambor	1520 mm	2130 mm	1370 mm



**ESPECIFICACIONES RETROEXCAVADORAS CATERPILLAR**

RETROEXCAVADORAS SOBRE ORUGAS

M O D E L O	245	235 B	225SA CUSTOM 180 S1
Potencia en el volante	325 HP	215 HP	145 HP
Peso de operación	65 745 kg	41 686 kg	31 661 kg
Cucharones-Capacidad - colmada	1.330-3.012 m <sup>3</sup>	0.880-2.100 m <sup>3</sup>	0.570-1.240 m <sup>3</sup>

M O D E L O	225 BLC	215 BSA	215 B
Potencia en el volante	103 HP	105 HP	105 HP
Peso de operación	25 402 kg	20 321 kg	18 960 kg
Cucharones-Capacidad - colmada	0.570-1.240 m <sup>3</sup>	0.380-0.960 m <sup>3</sup>	0.380-0.960 m <sup>3</sup>

RETROEXCAVADORAS SOBRE NEUMATICOS

M O D E L O	224	214	212	206
Potencia en el volante				
-Perkins	124 HP	102 HP	94 HP	81 HP
-Deutz	143 HP	101 HP	84 HP	67 HP
Peso de operación	19 000 kg	15 600 kg	13 700 kg	12 145 kg
Cucharones - Capacidad colmada	0.355-1.200 m	0.245-0.855 m	0.245-0.855 m	0.245-0.725 m

**RETROEXCAVADORAS**  
(continuaciòn)

M O D E L O	PC10-2	PC20-2	PC30-1	PC40-2	PC-60-1
Potencia en el volante	16.8 HP	21.3 HP	26.2 HP	35 HP	50 HP
RPM indicadas en el motor	2200	2200	2700	2250	2400
Peso de operaciòn Kg	1990	2850	3200	4335	6200
Cucharones (capacidad colmada) m <sup>3</sup>	0.05-0.06	0.06-0.07	0.09-0.10	0.11-0.12	0.25-0.28

M O D E L O	PC60-1	PC50-1	PC100-2	PC100L-2	PC120-2
Potencia en el volante	50 HP	60 HP	81 HP	81 HP	90 HP
RPM indicadas en el motor	2400	2100	2100	2100	2400
Peso de operaciòn Kg	6700	7700	10500	12700	11500
Cucharones (capacidad colmada) m <sup>3</sup>	0.25-0.28	0.32-0.36	0.40-0.44	0.40-0.44	0.45-0.50

M O D E L O	PC200-2 PC200LC-2	PC220-2 PC220 LC-2	PC-400-1	PC300-1
Potencia en el volante	105 HP	136 HP	233 HP	180 HP
RPM indicadas en el motor	2150	2350	1800	1850
Peso de operaciòn Kg	18800	21800	40000	29000
Cucharones (capacidad colmada) m <sup>3</sup>	0.70-0.80	0.90-1.00	1.6-1.8	1.2-1.3

RETROEXCAVADORAS SOBRE NEUMATICOS KOMATSU

M O D E L O	PW60-1	PW60N-1
Potencia en el volante	50 HP	50 HP
RPM indicadas en el motor	2400	2400
Peso de operaciòn Kg	6650	6300
Cucharones (capacidad colmada) m <sup>3</sup>	0.25 - 0.28	0.25 - 0.28

ESPECIFICACIONES DE PALAS HIDRAULICAS CATERPILLAR

M O D E L O	235 B	245
Potencia en el volante	195 HP	325 HP
Peso de operación		
Con cucharón de desc.		
Por delante	41 340 kg	65 360 kg
Con cucharón de desc.		
Por debajo	42 740 kg	67 530 kg
Cap. de cucharón		
-desc. por delante	2.3 m <sup>3</sup>	3.8 m <sup>3</sup>
-desc. por detras	1.8 m <sup>3</sup>	3.1 m <sup>3</sup>

M O D E L O	PC400	PC650
Potencia en el volante	233 HP	410 HP
Peso de operación	43 000 kg	68 500 kg
Cucharones capacidad - colmada m <sup>3</sup>	2.5 m <sup>3</sup>	3.8 m <sup>3</sup>

## ESPECIFICACIONES DE EQUIPO PESADO DE ACARREO

### MOTOESCREPAS ESTANDAR CATERPILLAR

M O D E L O	621 E	631 E
Potencia en el volante	330 HP	450 HP
Peso de operación (vacía)	30 479 kg	43 945 kg
Capacidad de la motoescrēpa		
- a ras	10.7 m <sup>3</sup>	16 m <sup>3</sup>
- colmada	15.3 m <sup>3</sup>	23.7 m <sup>3</sup>
Carga especificada	21 700 kg	34 000 kg
Ancho de corte	3.02 m	3.50 m
Profundidad máx. de corte	333 mm	437 mm
Espesor máx. al esparcir	522 mm	480 mm

### CAMIONES FUERA DE CARRETERA CATERPILLAR

M O D E L O	769 C	773 B	777 B
Potencia en el volante	450 HP	650 HP	870 HP
Peso de operación (vacía)	31 343 kg	39 295 kg	58 514 kg
Velocidad máxima (cargado)	69 km/h	61 km/h	60 km/h
Peso bruto de la máquina	63 095 kg	84 655 kg	135 626 kg
Capac. en ton. (caja estandar)	31.8 t	45.4 t	77.1 t
A ras (S.A.E.)	17.4 m <sup>3</sup>	26.0 m <sup>3</sup>	36.3 m <sup>3</sup>
Colmada (2 a 1) (S.A.E.)	23.5 m <sup>3</sup>	34.1 m <sup>3</sup>	51.3 m <sup>3</sup>

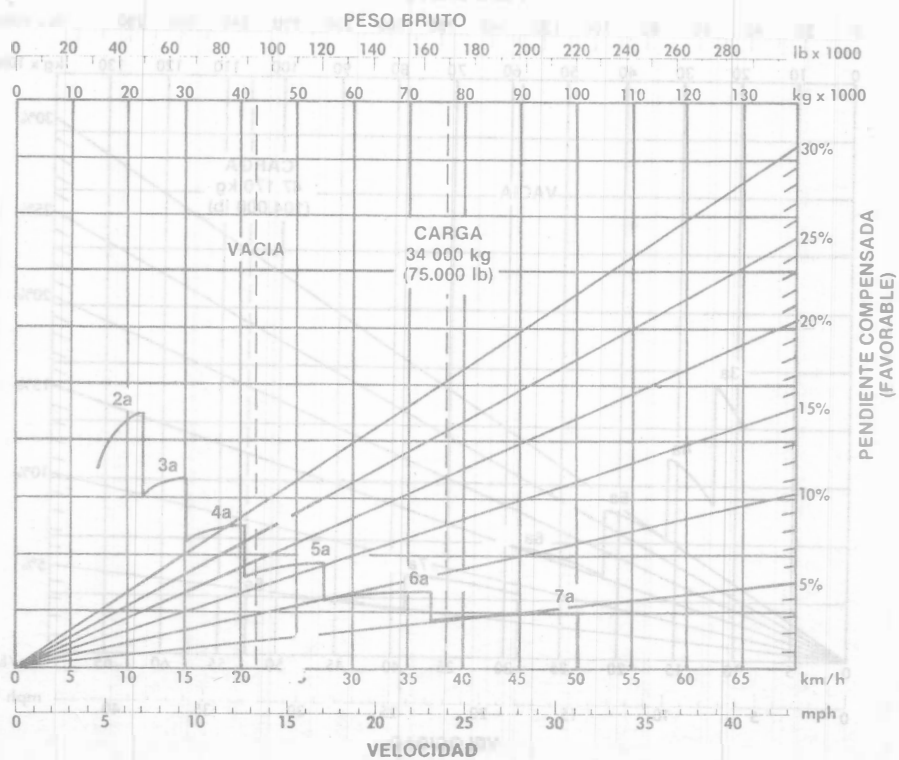
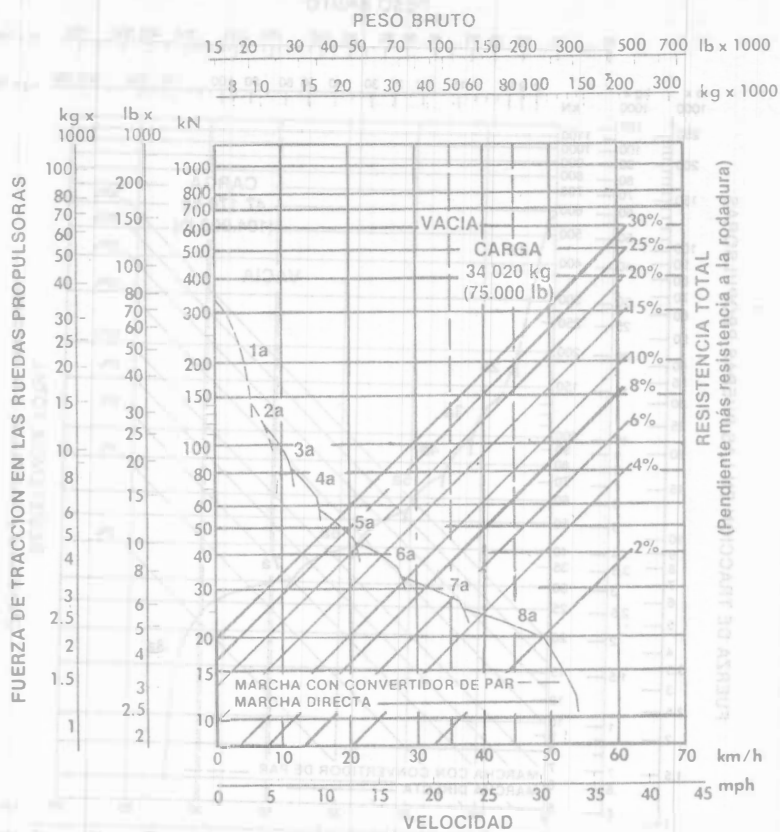
### VOLQUETES CATERPILLAR

M O D E L O	D400	D550	D350C
Potencia en el volante	385 HP	460 HP	260 HP
Peso de operación (vacío)	27 764 kg	37 830 kg	23 315 kg
Velocidad máxima (cargado)	61 km/h	48 km/h	53 km/h
Peso bruto de la máquina	62 052 kg	87 726 kg	55 067 kg
Capac. en ton. (caja estándar) m <sup>3</sup>			
- A ras (S.A.E.)	17.7 m <sup>3</sup>	24.0 m <sup>3</sup>	15.8 m <sup>3</sup>
- Colmada (2 a 1) (S.A.E.)	22.5 m <sup>3</sup>	32.2 m <sup>3</sup>	20.5 m <sup>3</sup>
Modelo de motor	406	3408	3306
Número de cilindros	6	8	6
Capac. del tanque de combustible	420 L	871 L	420 L

# MOTOESCREPAS

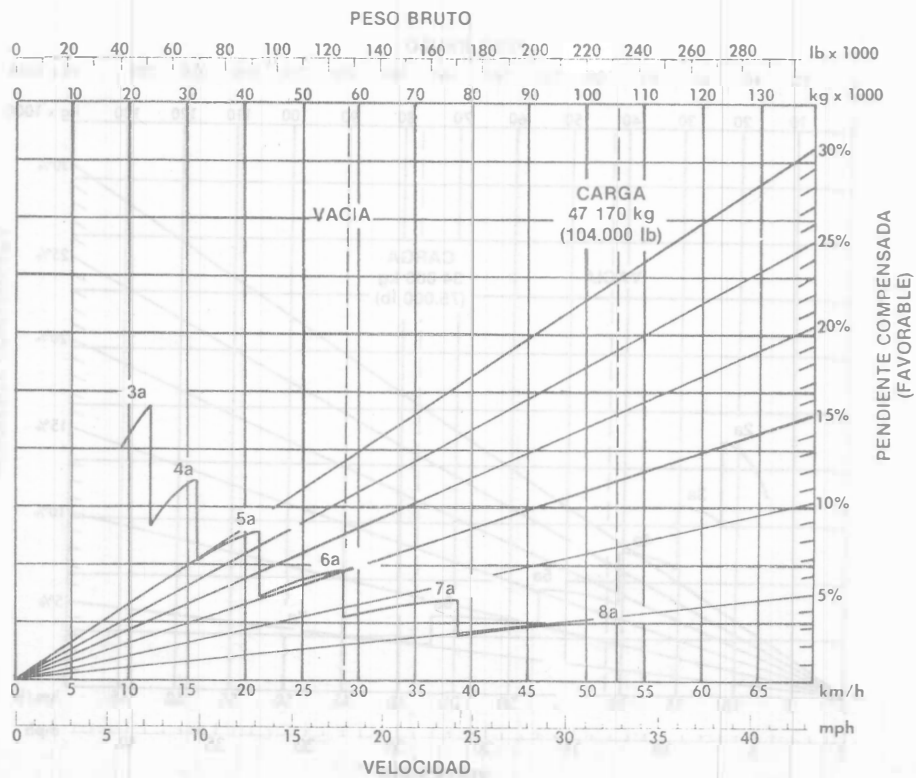
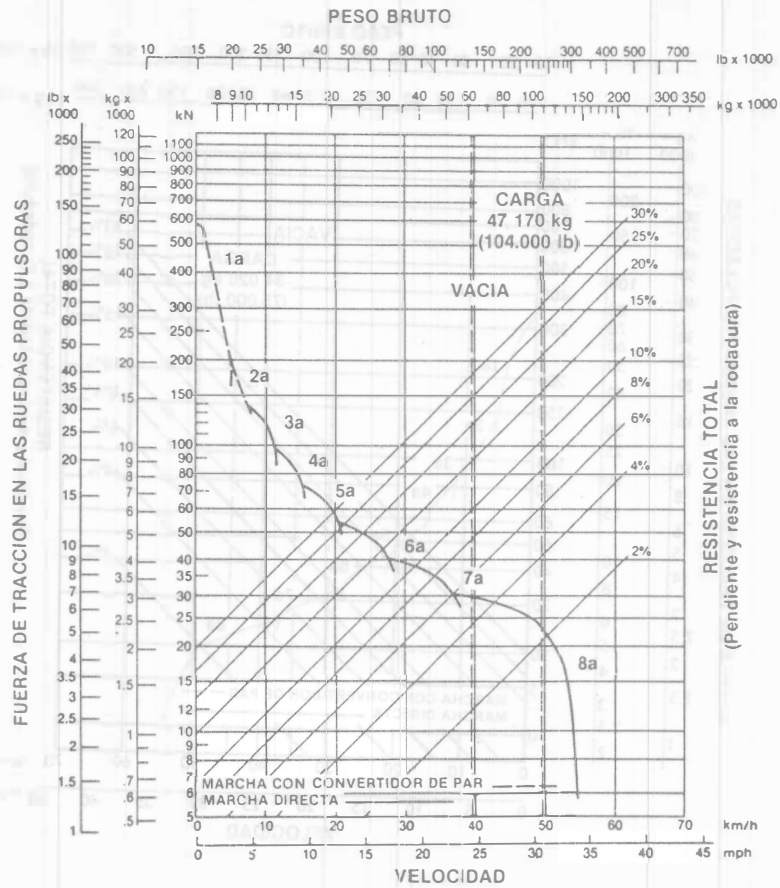
(continuación)

631-E



# MOTOESCREPAS (continuación)

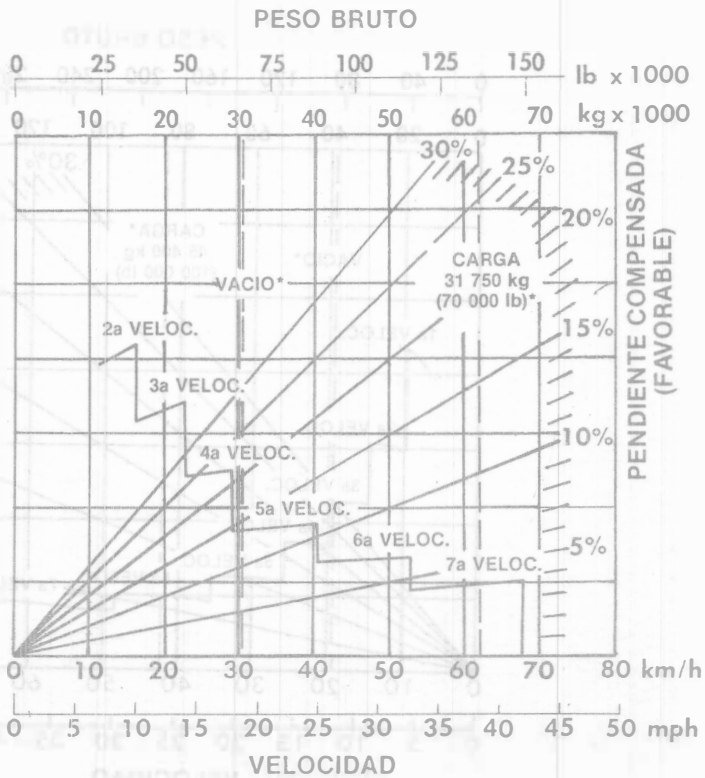
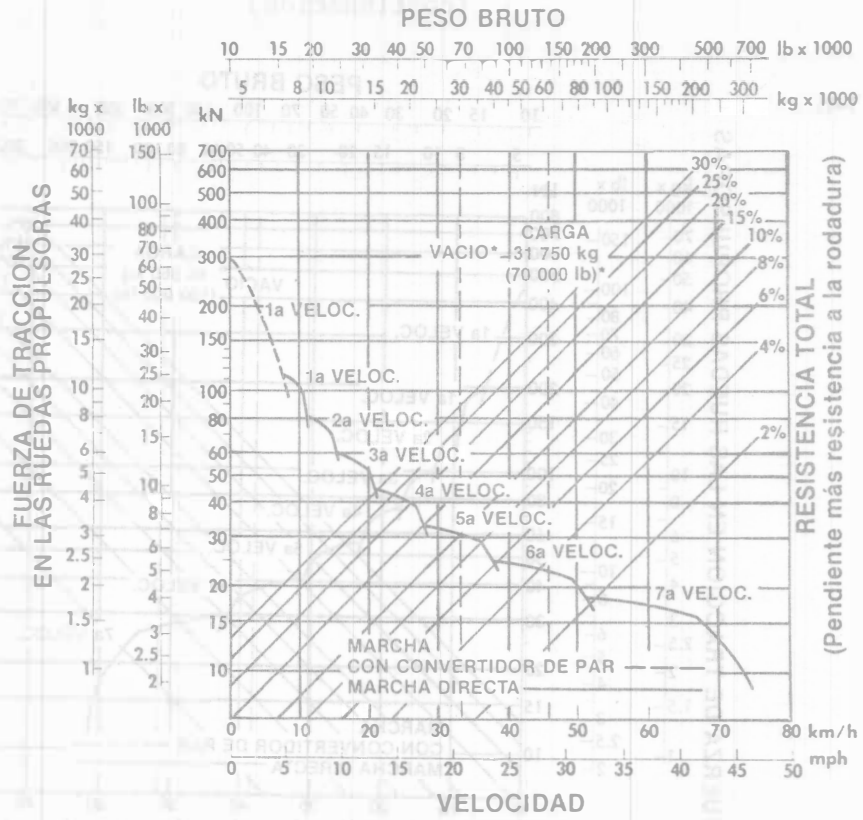
651--E



CAMIONES FUERA DE CARRETERA

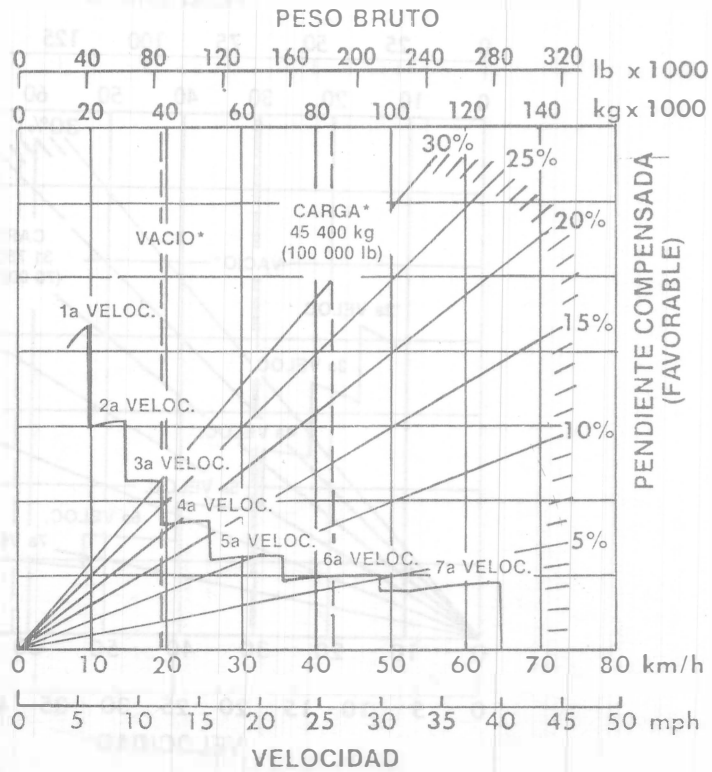
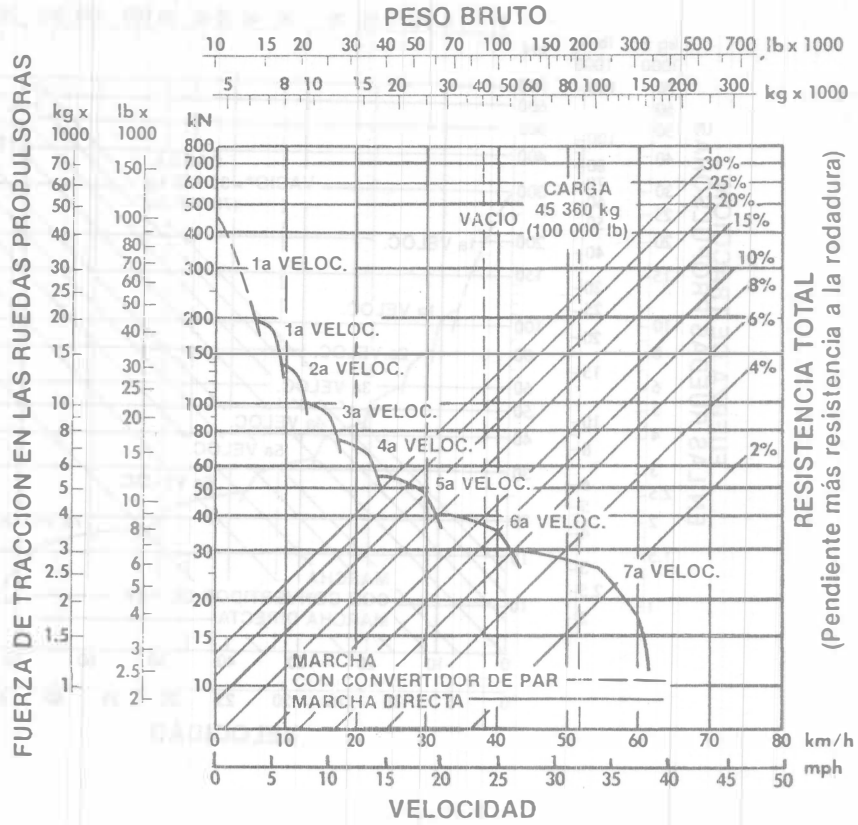
(continuación)

769-C



CAMIONES FUERA DE CARRETERA  
(continuación)

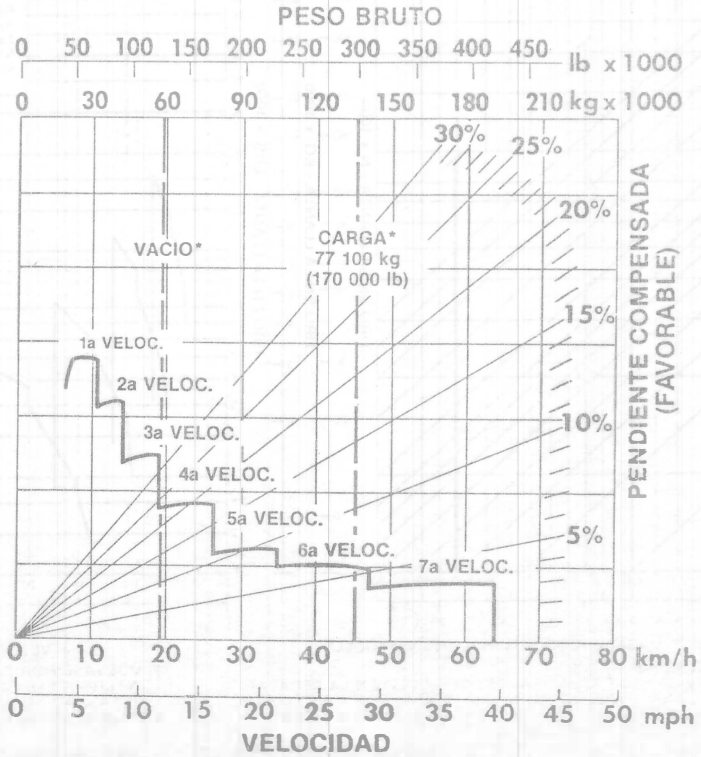
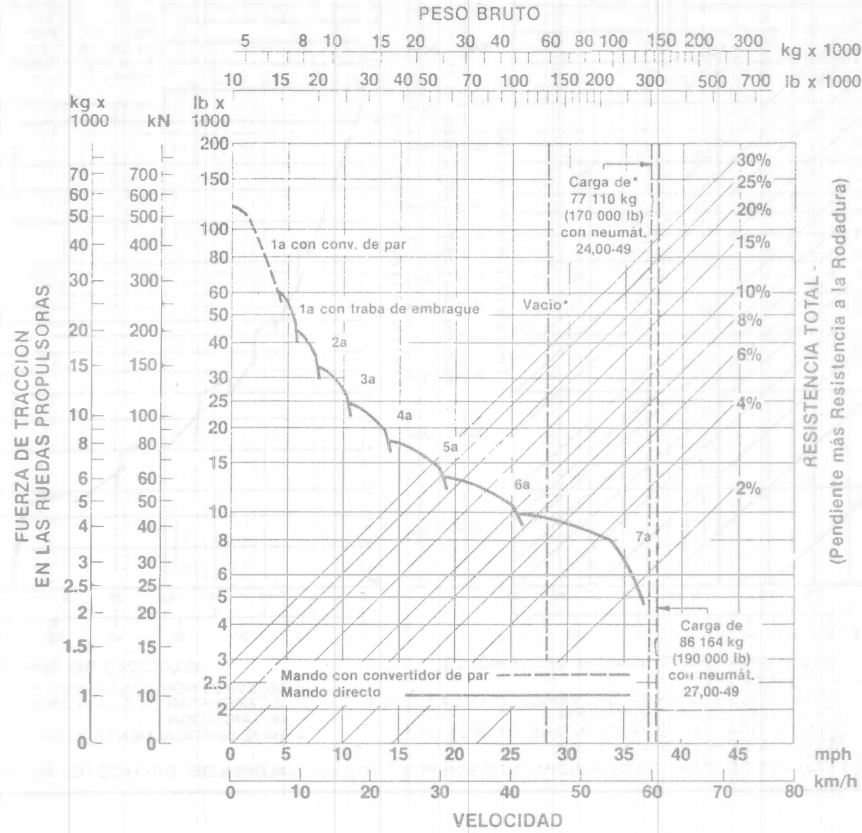
773-B





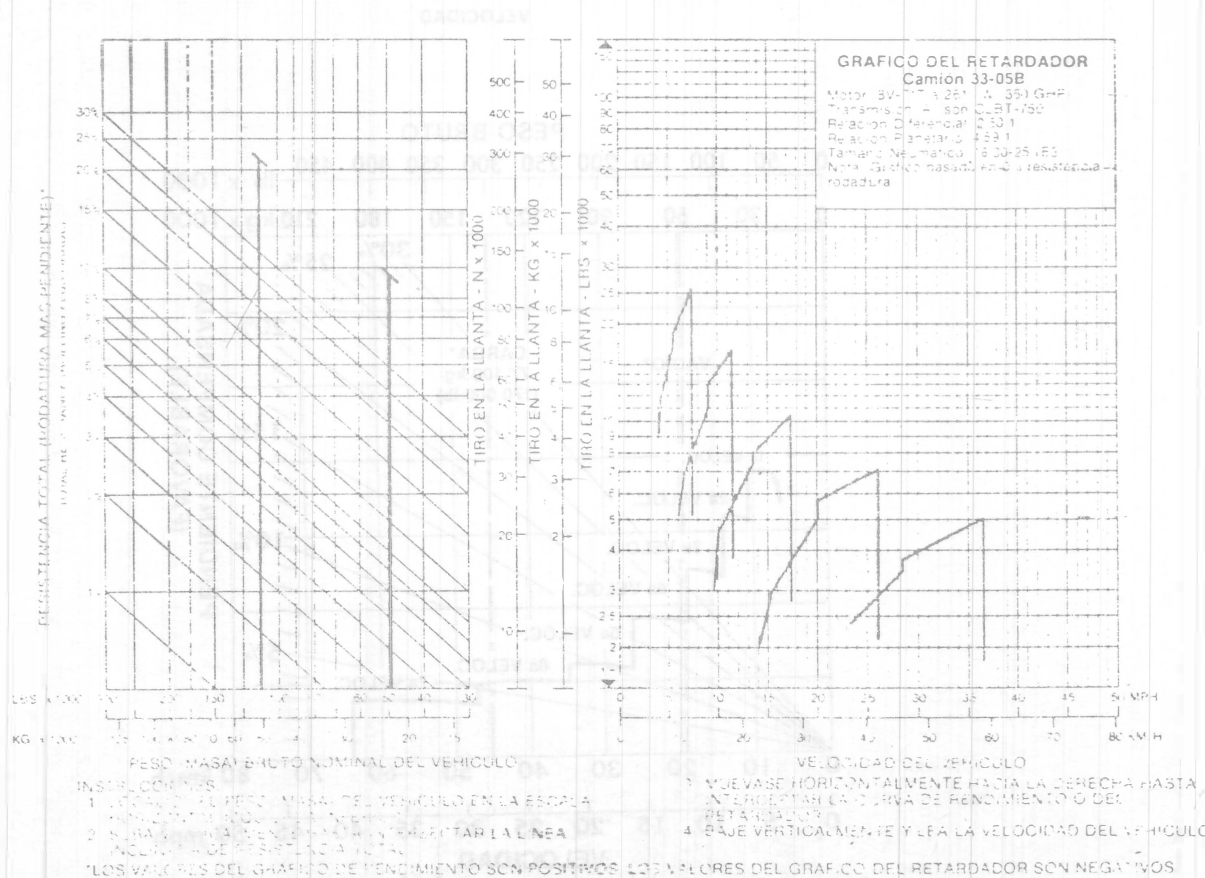
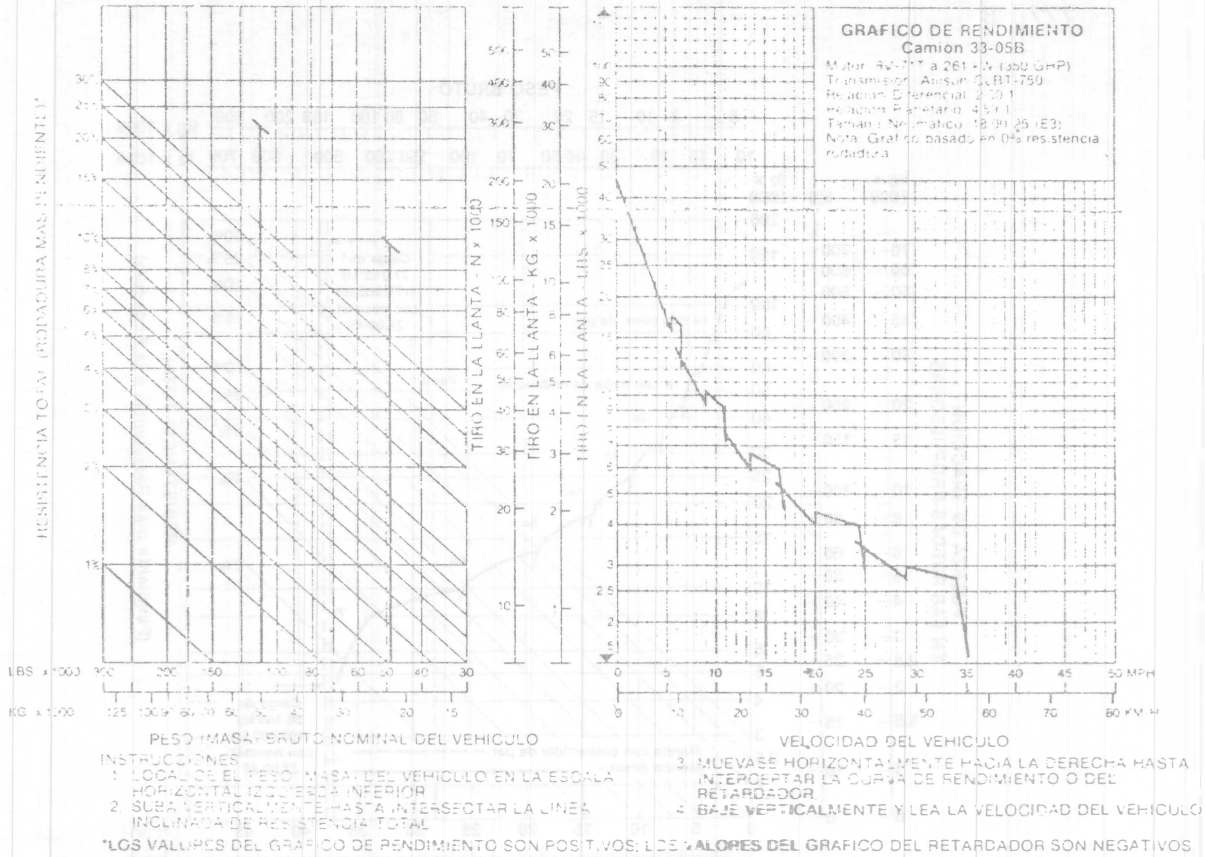
# EQUIPO PESADO DE ACARREO (continuación)

777 B

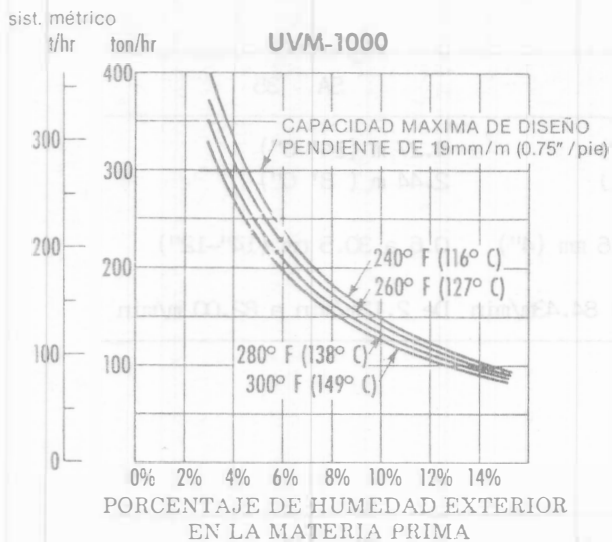


# CAMIONES FUERA DE CARRETERA

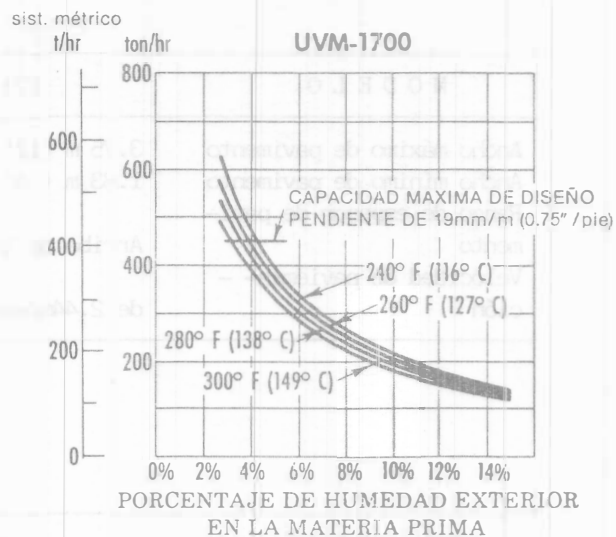
(continuación)



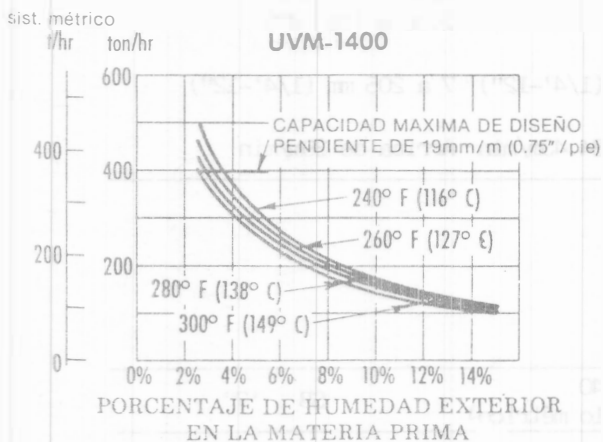
ESPECIFICACIONES DE PLANTAS DE ASFALTO CATERPILLAR



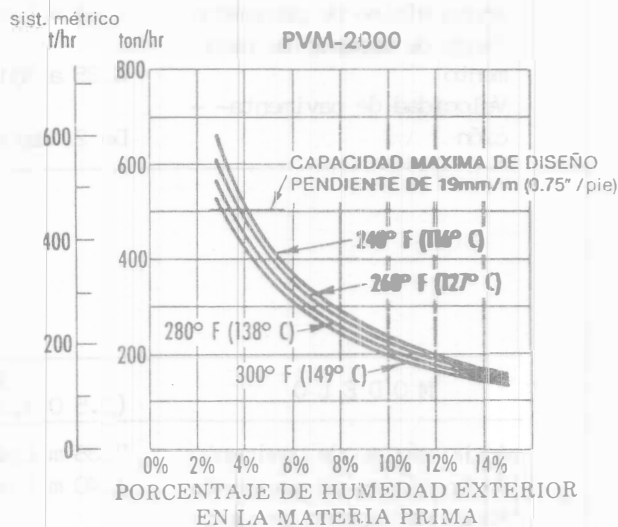
Clasificaciones sujetas a variaciones según el tipo de material.



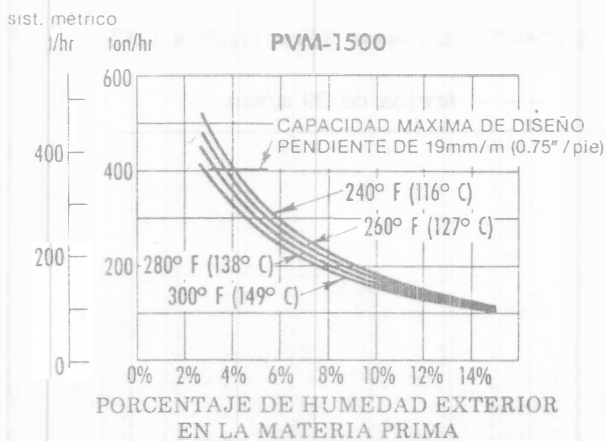
Clasificaciones sujetas a variaciones según el tipo de material.



Clasificaciones sujetas a variaciones según el tipo de material.



Clasificaciones sujetas a variaciones según el tipo de material.



Clasificaciones sujetas a variaciones según el tipo de material.

**NOTA:** Reduzca la capacidad total de producción en un 3 por ciento a altitudes superiores a 305 mm (mil pies) sobre el nivel del mar.

PAVIMENTADORAS CATERPILLAR

MODELO	873	SA 35
Ancho máximo de pavimento	3.75 m (12' 4")	4.27 m (14' 0")
Ancho mínimo de pavimento	1.83 m ( 6' 0")	2.44 m ( 8' 0")
Rango de espesor de pavimento	Arriba de 100.6 mm (4")	0.6 a 30.5 cm (14"-12")
Velocidad de pavimentación	de 2.44m/min a 84.43m/min	De 2.13m/min a 82.00 m/min

MODELO	SA 41	SB 111
Ancho máximo de pavimento	4.88 m (16' 0")	5,00 m (8' 2")
Ancho mínimo de pavimento	2.44 m ( 8' 0")	2.00 m (16' 4")
Rango de espesor de pavimento	6.35 a 304.8 mm(1/4'-12")	7 a 205 mm (1/4'-12")
Velocidad de pavimentación	De 2.44m/min a 84.43m/min	Arriba de 39m/min

MODELO	SB 140 (2.50 3.0 modelo métrico)	SR 170
Ancho máximo de pavimento	7.38 m (24' 2 1/2")	8.53 m (28' 0")
Ancho mínimo de pavimento	1.40 m ( 6' 0")	2.44 m ( 8' 0")
Rango de espesor de pavimento	12.7mm a 305mm (1/2" a 12")	12.7mm a 305mm (1/2" a 12")
Velocidades de pavimentación	--- °	--- Arriba de 39 m/min

**ESPECIFICACIONES REVOLVEDORAS KOMLER**

REVOLVEDORAS KOMLER

3.5 - S

6 - S

MODELO

MODELO

R - 5

R - 10

TIPO TROMPO

TIPO TROMPO

CAPACIDAD

1/2 SACO

1 SACO

PESO

322 kg

403 kg

VOLUMEN DE LA OLLA

145 L.

275 L.

REVOLVEDORA

11 - S

MODELO

R - 20 - C

CAPACIDAD

2 SACOS TIPO CARGADOR

PESO

1,770 Kg.

VOLUMEN TOTAL DEL TAMBOR

1,460 L.

REVOLVEDORA

16 - S

MODELO

R - 30 - C

CAPACIDAD

3 SACOS TIPO CARGADOR

PESO

2,690 Kg.

VOLUMEN TOTAL DEL TAMBOR

2,100 L.

VELOCIDAD DEL TAMBOR

18-20 R.P.M.

ESPECIFICACIONES DE PERFORADORAS

PERFORADORAS ATLAS COPCO

Tipo	Peso		Longitud		Método de rotación	Consumo de aire libre a una presión de trabajo de 6 bar (87 psig)	
	Kg	(lb)	mm	(pulg.)		l/s	pie <sup>3</sup> /min.
<b>Para perforación secundaria manual y taqueo</b>							
BBD 12DC	9.6	(21.2)	560	(22.0)	D	24	(51)
SBD 12DCS	10.5	(23.1)	560	(22.0)	D	22	(47)
SBD 12D	9.8	(21.6)	555	(22.2)	D	24	(51)
SBD 12DS	10.7	(23.6)	565	(22.2)	D	22	(47)
SBD 12T	11.1	(24.4)	505	(20.0)	D	24	(51)
SBD 12T-01	11.1	(24.4)	505	(20.0)	D	24	(51)
SBD 12TS	12.1	(26.7)	505	(20.0)	D	22	(47)
SBD 12TW	11.2	(24.7)	505	(20.0)	D	20	(43)
SBD 12TW-01	11.2	(24.7)	505	(20.0)	D	20	(43)
OKR 32	4.0	(8.8)	445	(17.5)	D	12.5	(26)
<b>Para perforación por bancos manual</b>							
RH 571-5L	17.8	(39.2)	510	(20.1)	C	32	(68)
RH 571-5LS	18.9	(41.6)	510	(20.1)	C	35	(75)
RH 658-5L	24.0	(52.9)	565	(22.0)	C	58	(123)
RH 658-5LS	25.0	(55.1)	565	(22.0)	C	58	(123)
<b>Para perforación por bancos con tipos de avance BMP y BMM 300</b>							
BBC 24D	31.1	(68.6)	800	(31.5)	C	75 <sup>3)</sup>	(159 <sup>3)</sup> )
BBC 24D-01	31.5	(70.0)	850	(33.5)	C	75 <sup>3)</sup>	(159 <sup>3)</sup> )
BBC 24D-05	27.0	(59.6)	800	(31.5)	C	75 <sup>3)</sup>	(159 <sup>3)</sup> )
BBC 24DS	34.4	(76.0)	800	(31.5)	C	75 <sup>3)</sup>	(159 <sup>3)</sup> )
BBC 24DS-05	30.3	(66.9)	800	(31.5)	C	75 <sup>3)</sup>	(159 <sup>3)</sup> )
<b>Para perforación por bancos mecanizada</b>							
BBC 100F	65	(144)	770	(30.5)	C	126 <sup>4)</sup>	(266 <sup>4)</sup> )
BBE 57-01	170	(375)	900	(35.5)	E	226 <sup>3)</sup>	(482 <sup>3)</sup> )
COP 115EB	100	(220)	755	(30.0)	E	185 <sup>3)</sup>	(392 <sup>3)</sup> )
COP 131EB	179	(395)	700	(27.5)	E	258 <sup>3)</sup>	(535 <sup>3)</sup> )
COP 150EB	262	(578)	940	(37.0)	E	262 <sup>3)</sup>	(598 <sup>3)</sup> )
COP 1036HB	145	(320)	1 000	(39.4)	E	-	-
COP 1038HB	145	(320)	1 000	(39.4)	E	-	-
<b>Para perforación de túneles y galerías con máquinas de accionamiento manual</b>							
RH 571-5W	18.0	(39.7)	560	(22.0)	C	31	(65)
RH 656-4W	22.2	(48.9)	630	(25.0)	C	48	(101)
BBC 16W-01	26.4	(58.2)	710	(28.0)	C	60	(127)
BBC 16WHT	26.9	(59.3)	680	(27.0)	C	60	(127)
BBC 17W	26.6	(58.6)	710	(28.0)	C	57	(121)
BBC 17WTH	27.1	(59.7)	680	(27.0)	C	57	(121)
BBC 24W	29.5	(65.0)	770	(30.5)	C	75	(168)
BBC 34W	31.1	(68.6)	775	(31.0)	C	95	(201)
BBC 35W	32.2	(70.9)	775	(31.0)	C	90	(191)
BBC 35WTH	32.7	(72.0)	750	(29.5)	C	90	(191)
BBD 44WK	23.0	(50.7)	615	(24.0)	D	73	(155)
BBD 44WKS	25.2	(55.5)	615	(24.0)	D	73	(155)
BBD 44WN	26.9	(59.3)	615	(24.0)	D	73	(155)
BBD 90W	27.3	(60.1)	670	(26.5)	D	97	(205)
BBD 90W-01	28.4	(62.6)	670	(26.5)	D	97	(205)
BBD 90WN	27.3	(60.1)	670	(26.5)	D	97	(205)
BBD 90WN-01	28.4	(62.6)	670	(26.5)	D	97	(205)
BBD 91W	27.3	(60.1)	670	(26.5)	D	95	(201)
BBD 91WN	27.3	(60.1)	670	(26.5)	D	90	(191)
<b>Para perforación ascendente</b>							
BBC 34WS-6 <sup>5)</sup>	43.5	(96.0)	1 610	(63.5)	C	118	(250)
BBC 34WS-8 <sup>5)</sup>	45.0	(99.2)	1 810	(71.0)	C	118	(250)
BBC 34WSO-6 <sup>5)</sup>	43.0	(95.0)	1 540 <sup>9)</sup>	(60.5 <sup>9)</sup> )	C	118	(250)
BBC 34WSO-8 <sup>5)</sup>	44.5	(98.1)	1 740 <sup>9)</sup>	(68.5 <sup>9)</sup> )	C	118	(250)
BBC 35WS-6 <sup>5)</sup>	44.6	(98.3)	1 610	(63.5)	C	112	(237)
BBC 35WS-8 <sup>5)</sup>	46.1	(101)	1 810	(71.0)	C	112	(237)
BBD 46WS-6 <sup>5)</sup>	38.8	(85.5)	1 435	(56.0)	D	75	(159)
BBD 46WS-8 <sup>5)</sup>	40.5	(89.0)	1 650	(65.0)	D	75	(159)
<b>Para empernado</b>							
BBD 46WR-6 <sup>5)</sup>	38.8	(85.5)	1 435	(56.0)	D	75	(159)
BBD 46WR-8 <sup>5)</sup>	40.5	(89.0)	1 650	(65.0)	D	75	(159)

ESPECIFICACIONES DE DIVERSOS EQUIPOS ALIMENTADOS CON COMPRESORES

MARCA:	EQUIPO	MODELO	Consumo Pies <sup>3</sup> /min.	Manguera Recomend. φ en pulg.	Peso kgs.
Ingersoll Rand.	Martillo Rompedor.	PB 59	39	3/4	18.6
Ingersoll Rand.	Martillo Rompedor.	PB 6	56	3/4	25.4
Ingersoll Rand.	Martillo Rompedor.	PB 8A	72	3/4	37.2
Ingersoll Rand.	Perforadora de Piso.	J 30A	81	3/4	15.9
Ingersoll Rand.	Perforadora de Piso.	J 40	102	3/4	24.0
Ingersoll Rand.	Perforadora de Piso.	J 50 A	106	3/4	25.4
Ingersoll Rand.	Perforadora con Pierna.	JR 38 C y B	165	1"	42.6
Ingersoll Rand.	Perforadora con Pierna.	JR 300 A	195	1"	50.9
Ingersoll Rand.	Bomba de Sumidero.	225	90	3/4	15.3
Ingersoll Rand.	Bomba de Sumidero.	251	125	1"	29.8
Ingersoll Rand.	Bomba de Sumidero.	35	150	1"	36.2
Ingersoll Rand.	Bomba de Diafragma	PDA 312 AA	60	3/4"	41.7
Chicago Pneumatic.	Martillo Rompedor.	CP 111	35	3/4	13.6
Chicago Pneumatic.	Martillo Rompedor.	CP 117	60	3/4	25.9
Chicago Pneumatic.	Martillo Rompedor.	CP 123	65	3/4	27.7
Chicago Pneumatic.	Martillo Rompedor.	CP 124	75	3/4	38.5
Chicago Pneumatic.	Perforadora.	CP 59	90	3/4	24.0
Chicago Pneumatic.	Perforadora.	CP 69	120	3/4	27.6
Chicago Pneumatic.	Perforadora de exploración.	CP 65	200	1"	90.5
Chicago Pneumatic	Bomba de sumidero	CP 20	125	1"	26.3
Chicago Pneumatic	Bomba de lodos	CP 71	75	3/4"	44.0
Atlas Copco.	Martillo Rompedor.	Tex 10	42	1/2"	10.5
Atlas Copco.	Martillo Rompedor.	Tex 20	44	3/4"	20.0
Atlas Copco.	Martillo Rompedor.	Tex 30	56	3/4"	27.0
Atlas Copco.	Martillo Rompedor.	Tex 40	70	3/4"	36.0
Atlas Copco.	Perforadora p/pierna	BBC 16W ó 17W	131	1"	26.7
Atlas Copco.	Perforadora p/pierna	BBC 24W	160	1"	29.7
Atlas Copco.	Perforadora p/pierna	BBD 90W	194	1"	27.3
Atlas Copco.	Perforadora de piso.	RH 571	78	3/4"	18.6
Atlas Copco.	Perforadora de piso.	RH 658-4L	117	3/4"	24.5
Atlas Copco.	Perforad. para brazo hidr	BBC-120F	328	1-1/2"	69.0
Atlas Copco.	Bomba de sumidero.	DIP 30	109	3/4"	19.0
Atlas Copco.	Bomba de sumidero.	DIP 60	109	3/4"	18.6
Atlas Copco.	Bomba de diafragma.	DOP 10	58	1/2"	25.0
Gardner Denver.	Martillo Rompedor.	SP 27	48	1/2"	10.8
Gardner Denver.	Martillo Rompedor.	B67B	63	3/4"	30.0
Gardner Denver.	Martillo Rompedor.	B87B	63	3/4"	39.0
Gardner Denver.	Perforadora de piso.	S58	118	3/4"	33.2
Gardner Denver.	Perforadora de pierna.	S53F	120	3/4"	39.5
Gardner Denver.	Perforadora con pierna	S63F	145	1"	46.0
Gardner Denver.	Perforadora con pierna	S83F	158	1"	49.0
Gardner Denver.	Perfor. p/brazo hidr.	D93AR	250	1 1/2	76.0
Gardner Denver.	Perfor. montada en Air Track	PR 123	560	2"	124.0
Gardner Denver.	Bomba de diafragma	DP 2	58	7"	37.0
Gardner Denver.	Bomba de sumidero.	VP 4	100	3/4"	28.6
Gardner Denver.	Bomba de sumidero.	VP 8	285	1"	50.0
BSM	Lanzadora de concreto	604/65	500	2"	960.0



(continuación)

MARCA:	EQUIPO:	MODELO:	Consumo Pies <sup>3</sup> /min.	Manguera Recomend. ø en pulg.	Peso Kgs.
Aliva.	Lanzadora de concreto con motor eléctrico	600	500	2"	600.0
Aliva.	Lanzadora de concreto con motor neumático	600	800	2"	600.0
Reed Guncrete.	Lanzadora de concreto.	Lova 2	900	2"	216.0
Reed Guncrete.	Lanzadora de concreto.	Lasc 2	900	2"	216.0
Thomas Conveyor. I.H.	Carro Agregados. Carro Agregados.		300	1"	
Stabilator.	Bomba para acelerante	EPN-1500	4	1/2"	45.0
Wilden	Bomba de Sumidero.	M-8	80	3/4"	34.5
Wilden	Bomba de Sumidero.	M-15	160	1"	54.3

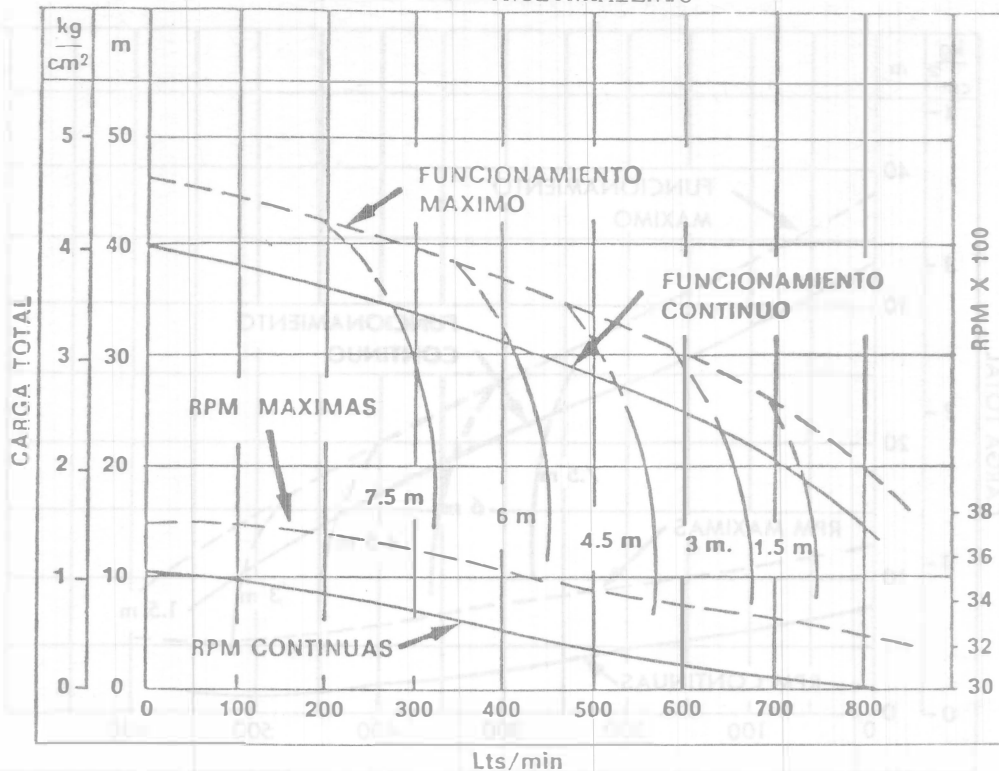
MARCA:	EQUIPO:	MODELO	Consumo Pies <sup>3</sup> /min.	Manguera Recomend. ø en Pulg.	Peso Kgs.
Flygt.	Bomba Sumidero	B2066-231			
Flygt.	Bomba Sumidero	BB25-I-DIA 233.			
Lig.	Rompedora.	PLA-36-A			
Lig.	Perforadora.	PLB-23			
EIMCO.	Rezagadora s/orugas	40H	700		
EIMCO.	Cargador s/orugas	632H	750		
Gorman Rupp.	Bomba de Sumidero	53A1			
Joy.	Malacate	PA-17.			
Gardner Denver	Malacate.	HM 61251	240	1-1/2"	208
Gardner Denver	Malacate.	HEE	200	1"	162
Gardner Denver	Malacate.	HK	200	1"	200
Gardner Denver	Malacate.	HMK-18	220	1-1/2"	238
Gardner Denver	Malacate.	HE	200	1"	130
Atlas Copco.	Malacate.	MHG	220	1"	160



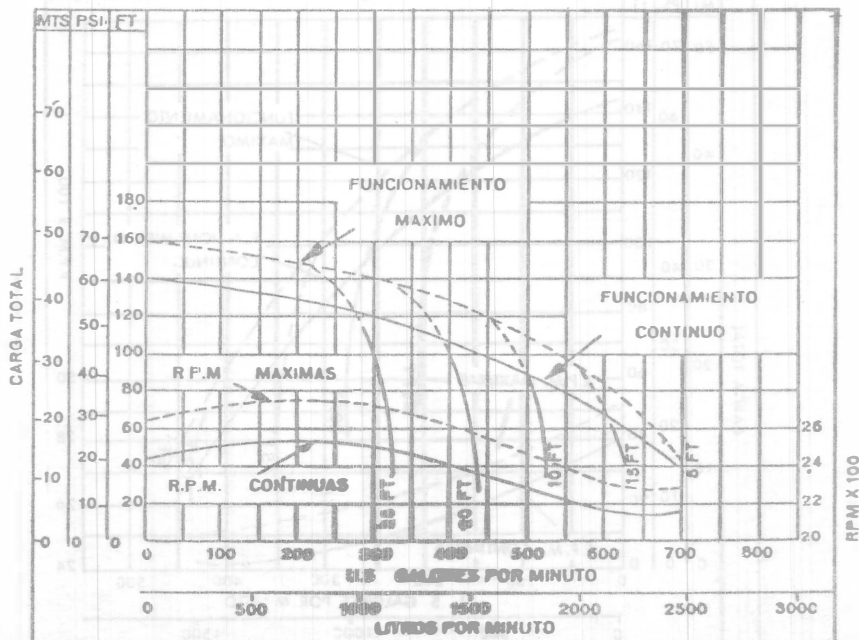
ESPECIFICACIONES DE BOMBAS DE AGUA CMC

BOMBA MODELO 12 m CENTRIFUGA AUTOCEBANTE MOTOR DE GASOLINA DE 2 x 2 PULGADAS.

CURVAS DE FUNCIONAMIENTO



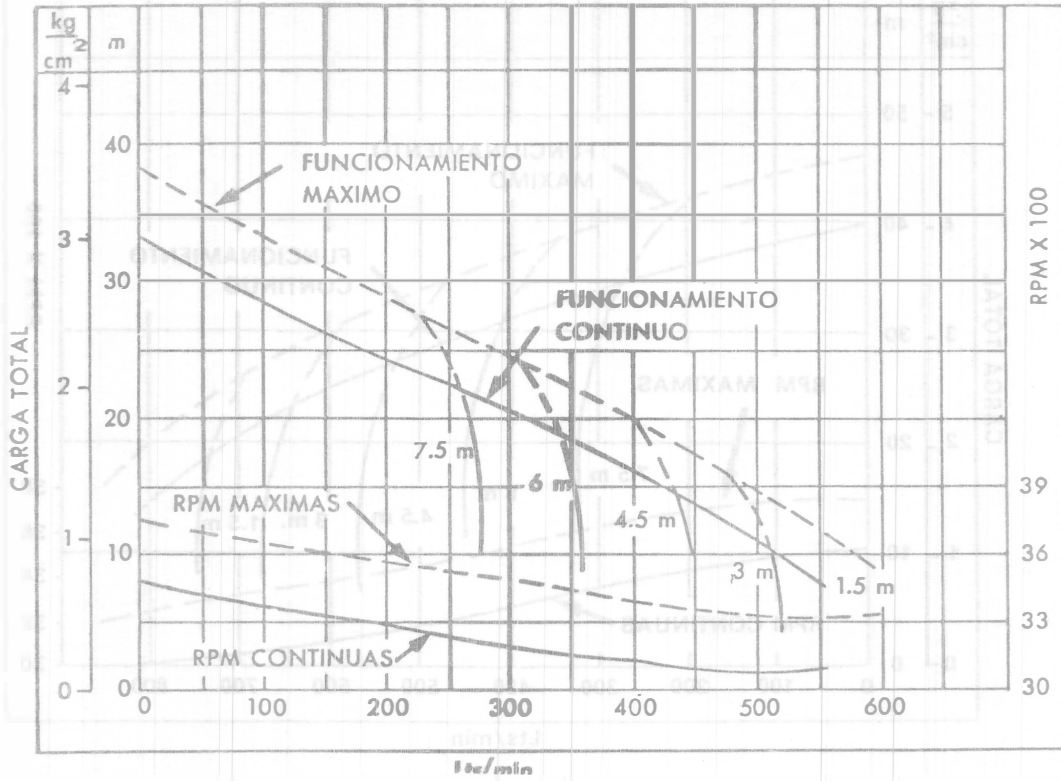
BOMBA MODELO AT - 35 CENTRIFUGA AUTOCEBANTE ° SOLIDOS MOTOR DE GASOLINA DE 4 x 4 PULGADAS.



ESPECIFICACIONES DE BOMBAS DE AGUA CMC

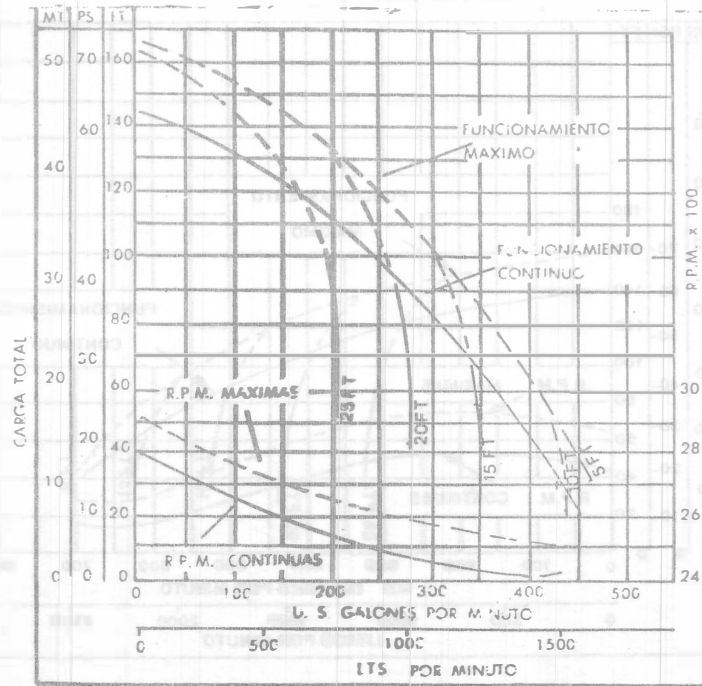
BOMBA MODELO 8 M CENTRIFUGA AUTOCEBANTE, MOTOR DE GASOLINA DE 2 x 2 PULGADAS.

CURVAS DE FUNCIONAMIENTO



BOMBA MODELO 30 m AUTOCEBANTE, MOTOR DE GASOLINA DE 4 x 4 PULGADAS

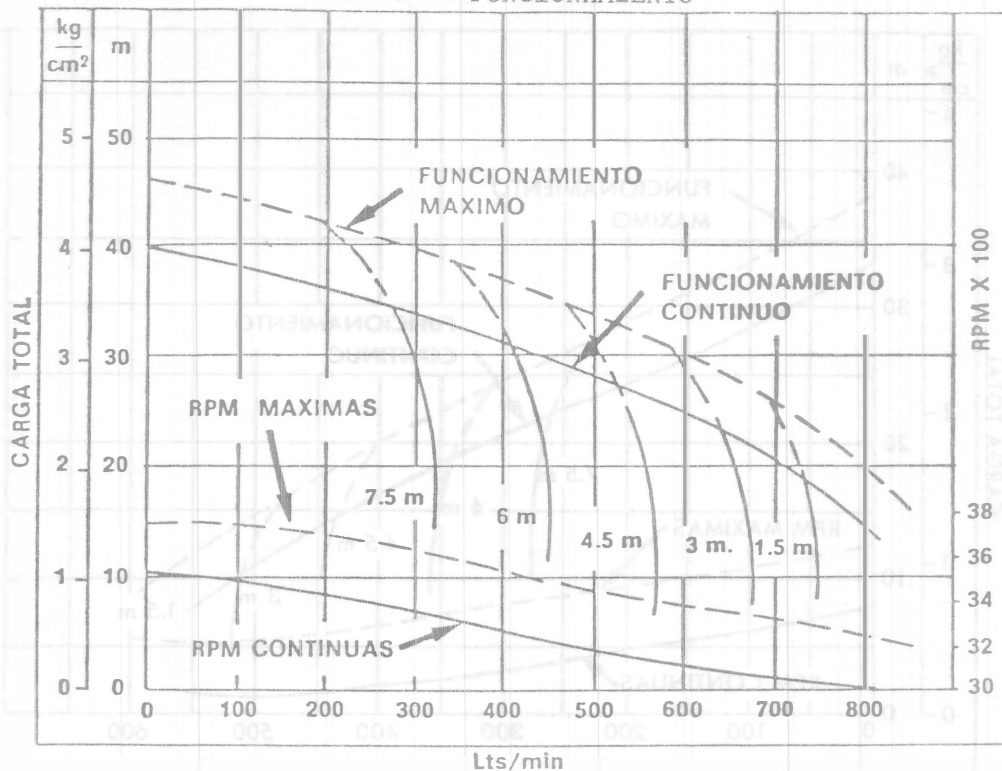
CURVAS DE FUNCIONAMIENTO



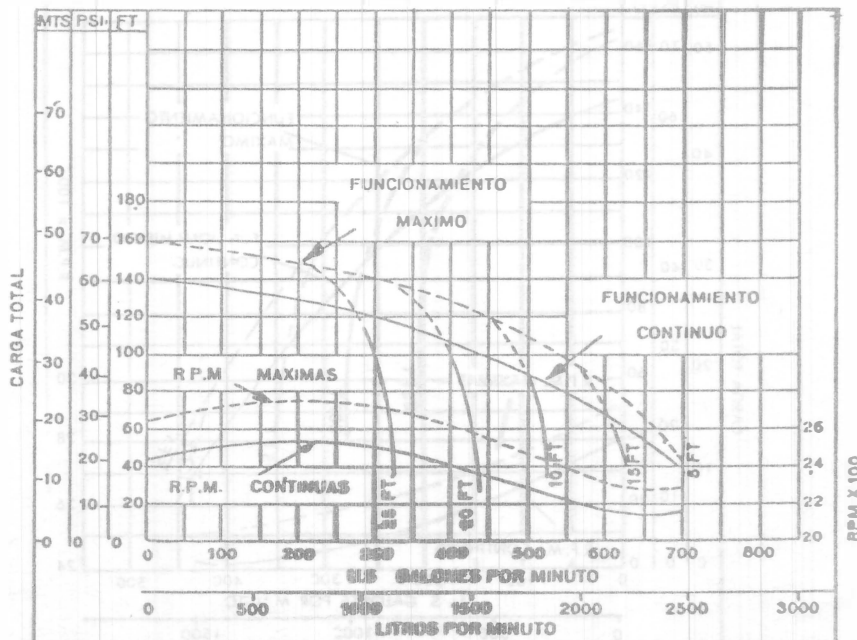
ESPECIFICACIONES DE BOMBAS DE AGUA CMC

BOMBA MODELO 12 m CENTRIFUGA AUTOCEBANTE MOTOR DE GASOLINA DE 2 x 2 PULGADAS.

CURVAS DE FUNCIONAMIENTO



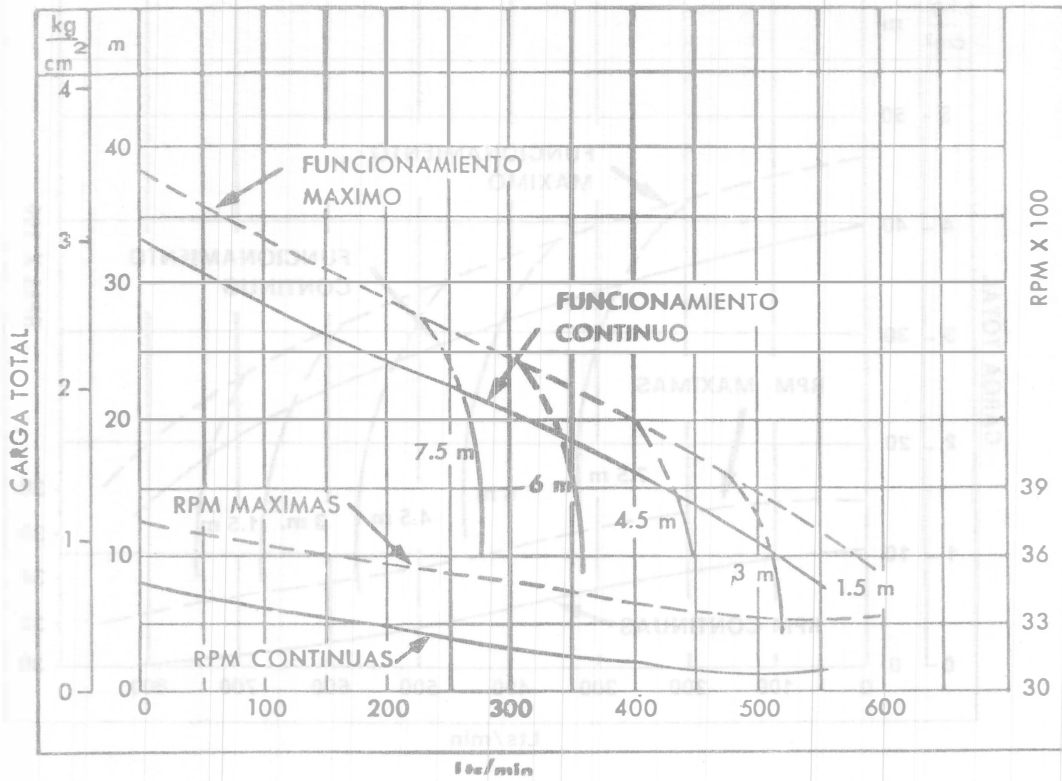
BOMBA MODELO AT - 35 CENTRIFUGA AUTOCEBANTE ° SOLIDOS MOTOR DE GASOLINA DE 4 x 4 PULGADAS.



ESPECIFICACIONES DE BOMBAS DE AGUA CMC

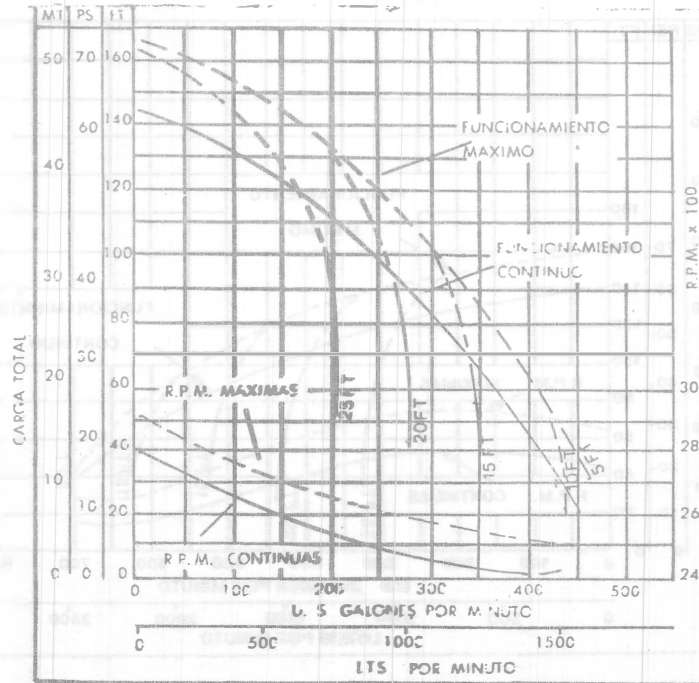
BOMBA MODELO 8 M CENTRIFUGA AUTOCEBANTE, MOTOR DE GASOLINA DE 2 x 2 PULGADAS.

CURVAS DE FUNCIONAMIENTO



BOMBA MODELO 30 m AUTOCEBANTE, MOTOR DE GASOLINA DE 4 x 4 PULGADAS

CURVAS DE FUNCIONAMIENTO



## **APENDICE III**

### **FACTORES DE CONVERSION**

## FACTORES DE CONVERSION

Multiplique las Unidades Métricas	Por	Para Obtener Unidades Inglesas
km	0,6214	millas
m	1,0936	yd
cm	0,0328	pies
mm	0,03937	pulg
km <sup>2</sup>	0,3861	millas <sup>2</sup>
hect (ha)	2,471	acres
m <sup>2</sup>	10,76	pie <sup>2</sup>
cm <sup>2</sup>	0,1550	pulg <sup>2</sup>
m <sup>3</sup>	1,308	yd <sup>3</sup>
l (lit)	61,02	pulg <sup>3</sup>
km/h	0,621	MPH
l (lit)	0,2642	gal. de E.U.A.
Gal Imperial	1,20	gal. de E.U.A.
t (ton métricas)	0,984	ton largas
t (ton métricas)	1,102	ton cortas
kg	2,205	libras
g (gr)	0,0353	onzas
cm <sup>3</sup>	0,0338	onzas
kg/m <sup>3</sup>	1,686	lb/yd <sup>3</sup>
kg/cm <sup>2</sup>	14,223	lb/pulg <sup>2</sup>
bar	14,504	lb/pulg <sup>2</sup>
Cal. (kilocalorías)	3,968	UTB (Unidades Térm. Brit.)
kg•m (kilográmetros)	7,233	pie•lb
m•kg	7,233	pie•lb
CV o HP (hp métricos)	0,9863	hp (de E.U.A.)
kW	1,341	hp (de E.U.A.)

Multiplique las Unidades Inglesas	Por	Para Obtener Unidades Métricas
millas (terrestre)	1,609	km
yarda	0,9144	m
pie	0,3048	m
pulg (pulgada)	0,0254	m
millas <sup>2</sup>	2,590	km <sup>2</sup>
acre	0,4047	hect (ha)
pie <sup>2</sup>	0,0929	m <sup>2</sup>
pulg <sup>2</sup>	6,452	cm <sup>2</sup>
yd <sup>3</sup>	0,7646	m <sup>3</sup>
pie <sup>3</sup>	0,0283	m <sup>3</sup>
pulg <sup>3</sup>	0,0164	l (lit)
MPH	1,6093	km/h
ton-MPH	1,459	t-km/h
gal de E.U.A.	3,785	l (lit)
Gal (Gal Imperial)	4,546	l (lit)
ton. larga	1,016	t (ton. métrica)
ton. corta	0,907	t
lb	0,4536	kg
onz. (onza)	28,35	g (gr)
onz. liq.	29,57	cm <sup>3</sup>
lb/pulg <sup>2</sup>	0,06895	bar
lb/yd <sup>3</sup>	0,5933	kg/m <sup>3</sup>
UTB (Unidad Térm. Brit.)	0,2520	Cal (kilocalorías)
pie•lb	0,1383	kg•m
hp (de E.U.A.)	1,014	C.V. o HP (métr.)
hp (de E.U.A.)	0,7457	kW

### EQUIVALENCIAS

1 km	=	1000 m
1 m	=	100 cm
1 cm	=	10 mm
1 km <sup>2</sup>	=	100 hect
1 hect	=	10.000 m <sup>2</sup>
1 m <sup>2</sup>	=	10.000 cm <sup>2</sup>
1 cm <sup>2</sup>	=	100 mm <sup>2</sup>
1 m <sup>3</sup>	=	1000 lit
1 lit	=	1000 cm <sup>3</sup>
1 t	=	1000 kg
1 quintal métrico	=	100 kg
1 kg	=	1000 g
1 g	=	1000 mg
1 Cal.	=	427 kg-m
	=	0,0016 CV-h o HP-h
	=	0,00116 kW-h
	=	0,00116 kW-h
1 CV o HP	=	75 kg-m/seg
1 kg/cm <sup>2</sup>	=	0.97 atm. (atmósferas)

### EQUIVALENCIAS ENTRE UNIDADES INGLESAS

1 milla	=	1760 yd
1 yd	=	3 pies
1 pie	=	12 pulg
1 millas <sup>2</sup>	=	640 acres
1 acre	=	43,560 pies <sup>2</sup>
1 pie <sup>2</sup>	=	144 pulg <sup>2</sup>
1 pie <sup>3</sup>	=	7,48 gal liq.
1 galón	=	231 pulg <sup>3</sup>
	=	4 cuartos liq.
1 cuarto	=	32 onz. liq.
1 onz. Liq.	=	1,80 pulg. <sup>3</sup>
1 ton corta	=	2000 lb
1 ton larga	=	2240 lb
1 lb	=	16 onz.
1 UTB	=	778 pie-lb
	=	0,000393 hp-h
	=	0,000293 kW-h
1 hp	=	550 pie-lb/seg
1 atm.	=	14.7 lb/pulg <sup>2</sup>

## PUBLICACIONES

TITULO	AUTOR
INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO	ING. ERNESTO R. MENDOZA SANCHEZ
FACTORES DE CONSISTENCIA DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS	ING. JORGE H. DE ALBA CANSTAÑEDA ING. ERNESTO R. MENDOZA SANCHEZ
MOVIMIENTO DE TIERRAS.	ING. RAFAEL ABURTO VALDES ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO
PRINCIPALES MATERIALES SU FABRICACION Y EMPLEO EN LA CONSTRUCCION	ING. ERNESTO BERNAL VELAZCO
TECNICAS MODERNAS EN LA PRODUCCION DE AGREGADOS	ING. PEDRO L. BENITEZ ESPARZA
ACERO DE REFUERZO DISEÑO DE CIMBRAS DE MADERA	ING. JORGE H. DE ALBA CASTAÑEDA ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
PROGRAMACION Y COTROL DE OBRAS	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA ING. EMILIO GIL VALDIVIA
ADMINISTRACION EN INGENIERIA	ING. FRANCISCO CANOVAS CORRAL ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA ING. EMILIO GIL VALDIVIA
CONTABILIDAD: ANEXOS Y EJERCICIOS	ING. FRANCISCO CANOVAS CORRAL ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA ING. EMILIO GIL VALDIVIA
LOS COSTOS EN LA CONSTRUCCION	ING. RAFAEL ABURTO VALDES
MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION	ING. RAFAEL ABURTO VALDES
CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS	ING. RAFAEL ABURTO VALDES
LOS EXPLOSIVOS EN LA CONSTRUCCION	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

LOS AUTORES SON PROFESORES DEL DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.