

TERCER CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS
P R O G R A M A

F E C H A	H O R A	T E M A	P R O F E S O R
LUNES 19 DE AGOSTO	9:00 - 9:30	INTRODUCCION. OBJETIVOS- DEL CURSO	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
"	9:30 - 10:45	GENERALIDADES SOBRE --- EQUIPO DE CONSTRUCCION	ING. CARLOS MANUEL -- CHAVARRI MALDONADO
"	10:45 - 11:00	D E S C A N S O	
"	11:00 - 13:00	PROCEDIMIENTOS DE EXCA-- VACION POR MEDIO DE TRAC_ TORES Y ARADOS	ING. JORGE CABEZUT -- BOO
"	13:00 - 15:00	C O M I D A	
"	15:00 - 17:00	EXCAVACIONES Y ACARREOS CON MOTOESCREPAS	ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ
"	17:00 - 17:15	D E S C A N S O	
"	/17:15 - 19:00	USO DE CARGADORES Y RE -- TROEXCAVADORAS	ING. JUAN VALDEZ JUA-- REZ
MARTES 20 DE AGOSTO	9:00 - 11:00	EQUIPO DE COMPACTACION	ING. CONIRADO LUER DO_ RANTES

F E C H A	H O R A	T E M A	PROFESOR
MARTES 20 DE AGOSTO	11:00 - 11:15	D E S C A N S O	
"	✓ 11:15 - 13:00	EXPLORACION DE ROCA	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
"	13:00 - 15:00	C O M I D A	
"	15:00 - 17:00	TECNICAS MODERNAS DE --- PRODUCCION DE AGREGADOS	ING. PEDRO LUIS BENI- TEZ ESPARZA
"	17:00 - 17:15	D E S C A N S O	
"	17:15 - 19:00	TECNICAS MODERNAS DE -- PRODUCCION DE AGREGADOS	ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
MIERCOLES 21 DE AGOSTO	9:00 - 11:00	TALLER. SELECCION DE --- EQUIPO DE TRITURACION	ING. JORGE H. DE ALBA - CASTAÑEDA
"	11:00 - 11:15	D E S C A N S O	
"	✓ 11:15 - 13:00	EQUIPO DE PRODUCCION Y - TENDIDO DE MEZCLAS ASFAL- TICAS	ING. EMILIO GIL VALDIVIA
"	13:00 - 15:00	C O M I D A	
"	15:00 - 17:00	TALLER. PROBLEMA DE SE- LECCION DE PLANTA DE ASFAL- TO.	ING. FELIPE LOO GOMEZ
"	17:00 - 17:15	D E S C A N S O	



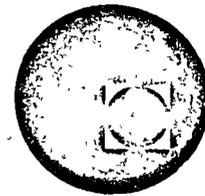
F E C H A	H O R A	T E M A	PROFESOR
MIERCOLES 21 DE AGOSTO	17:15 - 19:00	MANTENIMIENTO DE EQUIPO	ING. JOSE HARTASAN-- CHEZ GARAÑA
JUEVES 22 DE AGOSTO	9:00 - 11:00	MANTENIMIENTO DE EQUIPO	ING. SALVADOR ARRIE- TA
"	11:00 - 11:15	D E S C A N S O	
"	11:15 - 13:00	METODOS DE REEMPLAZO DE EQUIPO	ING. JOSE HARTASAN-- CHEZ GARAÑA
"	13:00 - 15:00	C O M I D A	
"	15:00 - 17:00	METODOS DE REEMPLAZO DE EQUIPO	ING. CARLOS DE LA MO_ RA NAVARRETE
"	17:00 - 17:15	D E S C A N S O	
"	17:15 - 19:00	T A L L E R	ING. CARLOS DE LA MO_ RA NAVARRETE
VIERNES 23 DE AGOSTO	9:00 - 11:00	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
"	11:00 - 11:15	D E S C A N S O	
"	11:15 - 13:00	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
"	13:00 - 15:00	C O M I D A	

F E C H A	H O R A	T E M A	PROFESOR
VIERNES 23 DE AGOSTO	15:00 - 16:00	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
"	16:00 - 16:15	D E S C A N S O	
"	16:15 - 18:00	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. VICTOR HARDY -- MONDRAGON
"	18:00 - 19:00	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
SABADO 24 DE AGOSTO	9:00 - 10:30	P L A N E A C I O N	ING. FRANCISCO NOREÑA CASADO
"	10:30 - 10:45	D E S C A N S O	
"	10:45 - 12:30	C O N T R O L	ING. JOSE CARREÑO RO - MANI
"	12:30 - 13:30	MESA REDONDA	

COORDINADOR: ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA



centro de educación continua
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS

EQUIPO DE CONSTRUCCION

Ing. Carlos Manuel Chavarri

Tenemos equipos que nos permiten ahorrar horas de motoconformadora en el mezclado de bases hidráulicas al realizar dicha mezcla --
previo a su colocación obteniendo mayores producciones en su tendido y
una reducción considerable en el número de pipas y motoconformadoras.

En lo referente a mezclas asfálticas estas se realizan en plantas las
cuales son del tipo continuo o discontinuo. En nuestro país se está incre-
mentando el número de plantas continuas pues el mito que se tenía que -
eran difíciles de calibrar va desapareciendo prontamente al mejorarse -
sus sistemas de operación que han pasado de mecánicos a electrónicos,
así mismo una mejor clasificación de materiales nos permite en las plan-
tas modernas reducir el recribado y obtener costos horarios más bajos
así como mayores producciones.

En lo referente a colocación de material de sello, se tienen hoy en
día equipos autopropulsados que han permitido aumentar de una manera -
considerable la producción.

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

"TECNICAS MODERNAS DE PRODUCCION
DE AGREGADOS"

ING. PEDRO LUIS BENTEZ E.

C O N T E N I D O

INTRODUCCION

- I. AGREGADOS PETREOS
- II. EQUIPO DE TRITURACION
- III. EQUIPO COMPLEMENTARIO
- IV. TENDENCIAS ACTUALES EN LA SELECCION
DEL EQUIPO DE TRITURACION DESTINADO A
INTEGRAR GRUPOS MOVILES
- V. EJEMPLO NUMERICO DE CALCULO

"TECNICAS MODERNAS DE PRODUCCION DE AGREGADOS PETREOS"

INTRODUCCION

La correcta selección del equipo de trituración es uno de los factores, que sin lugar a dudas, influyen más en el buen resultado técnico y económico de las obras civiles de construcción pesada, tales como caminos, aeropuertos, presas, vías férreas, etc.

Es por lo tanto muy importante poder contar con toda la información necesaria para poder plantear correctamente el problema de selección del equipo de trituración y complementario respectivo, y así elegir las máquinas que a partir de un material natural o greña, serán capaces de producir en el tiempo requerido, los agregados pétreos necesarios para la ejecución de la obra en cantidad suficiente y con la calidad adecuada.

7

A continuación se describirán brevemente los tipos de agregados más utilizados en la construcción de obras civiles, así como de los tipos de máquinas de trituración que se emplean para su producción, con especial referencia a las tendencias modernas en tipo y tamaño de máquinas seleccionadas para la integración de grupos móviles, como sigue :

- I. Agregados Pétreos.
- II. Equipo de Trituración.
- III. Equipo Complementario.
- IV. Tendencias Actuales en la Selección del Equipo de Trituración Destinado a Integrar Grupos Móviles.
- V. Ejemplo numérico de Cálculo.

Para la solución de los problemas de selección de equipo de trituración y complementario, es necesario acudir a las tablas y gráficas de los fabricantes de este tipo de maquinaria, que por regla general siguen las mismas normas de cálculo, dando todos ellos valores medios con aproximaciones de $\pm 10\%$, que dependen fundamentalmente de la naturaleza geológica de la roca y de las condiciones de trabajo en cada caso.

I. AGREGADOS PETREOS

ESPECIFICACIONES GENERALES

Los agregados pétreos son fragmentos duros y resistentes, li bres de materiales contaminantes, conforme a las siguientes espe cificaciones granulométricas (materiales más utilizados en obras civiles).

Agregados para Concretos Hidráulicos

Arena:	0	-	1/4"
Grava # 1 :	1/4"	-	3/4"
Grava # 2 :	3/4"	-	1 1/2"
Grava # 3 :	1 1/2"	-	3"
Grava # 4 :	3"	-	6"

Agregados para Caminos

Material de Sub-Base :	0	-	2"
Material de Base :	0	-	1 1/2"
Material de Carpeta :	0	-	3/4"
Material de Sello :	3/16"	-	3/8"

Generalmente se da una tolerancia de \pm 5% tanto en sobre ta maño como en sub-tamaño, existiendo normas estrictas para la - composición granulométrica interna de las arenas para elaborar - concretos hidráulicos (norma ASTM C33-61T), como sigue :

Malla	Porcentaje de Material que Pasa
3/8"	100
# 4 (4.76 mm)	95 a 100
# 8 (2.85 mm)	80 a 100
# 16 (1.19 mm)	50 a 65
# 30 (0.595 mm)	25 a 60
# 50 (0.297 mm)	10 a 50
# 100 (0.149 mm)	2 a 10

OBTENCION DE LOS AGREGADOS

La materia prima (material en greña) para la producción de -- agregados pétreos, se obtiene de bancos de roca o de yacimientos -- de agregados naturales de río o de depósitos de aluvión, conglome-- rados, etc., fundamentalmente. En mucha menor proporción, de -- escorias de alto horno, así como de productos sintéticos provenien-- tes de la cocción de horno rotatorio de materiales sílico-alumino -- sos.

Las rocas se dividen en tres grandes categorías geológicas :

- a) Rocas Igneas (Basaltos, granitos, riolitas, andesitas).
- b) Rocas Sedimentarias (caliza, arenisca, dolomitas).
- c) Rocas Metamórficas (esquistos, gneiss, mármol).

Para la extracción y preparación de los agregados, son los fac-- tores de dureza y de grado de abrasividad (medido por el porcenta-- je de sílice), los que importan principalmente para la selección del

equipo.

La extracción de las rocas a cielo abierto, tiene dos series de operaciones :

- a) Trabajos preparatorios.
- b) Extracción propiamente dicha.

En efecto, antes de proceder a la extracción del material, es necesario retirar los terrenos constituídos de tierra vegetal, tepetate, limos y arcillas, etc., realizando las operaciones de despálme y desenraice con escrepas, tractores, arados, etc., hasta dejar abierta a la pedrera con su frente de ataque en uno o varios pisos, con las terrazas respectivas para permitir la evolución de las máquinas de perforación, del equipo de carga y del equipo de evacuación del material extraído.

La extracción puede realizarse manualmente (en desuso), por medios mecánicos y por explosivos.

Los materiales suaves (pizarra, calizas blandas, lignito, etc.), se extraen por medio de equipos análogos a los empleados para las operaciones de despálme.

El caso más general, es la extracción por medio de explosivos, con los cuales se dislocan los bancos de roca y se obtiene una fragmentación en bloques de un tamaño tal, que se permite su manejo con los medios de carga y de transporte disponibles, así como su entrada a la boca de la quebradora primaria.

En muchas ocasiones, a pesar de las precauciones tomadas en

las tronadas masivas de los bancos de roca, un porcentaje medio -- del 20% al 30% de bloques, son demasiado grandes para manejarse con los medios de que se dispone. Es necesario una reducción secundaria de dichos bloques por medio de dinamita (barranación secundaria o plastas), o por medios mecánicos (pilón o "drop-ball").

La carga se realiza por cargadores frontales sobre neumáticos -- o sobre orugas y por palas mecánicas y el transporte a la planta de trituración, por camiones de diversas capacidades. En caso de acarreos relativamente cortos, el cargador frontal sobre neumáticos, puede satisfactoriamente realizar la operación de transporte a la planta de trituración.

La preparación de los agregados tiene por objeto transformar el "Material en Greña" proveniente de la pedrera o de un banco de agregados naturales, y compuesto de elementos de todas dimensiones, desde bloques grandes hasta elementos finos e impurezas de arcilla y limo, en materiales limpios, clasificado en las categorías granulométricas requeridas.

Para realizar dichas operaciones, se cuenta con equipo de trituración propiamente dicho y equipo complementario, o sea aquellas máquinas que sin participar directamente en las operaciones de trituración, son indispensables para realizar los procesos necesarios para transformar el material en greña o natural, en material útil -- que reúna ciertas especificaciones.

Por lo que respecta al equipo de trituración, desgraciadamente

hasta la fecha no se ha diseñado una máquina universal que en un solo paso o etapa, convierta el material natural en agregados útiles, sino que dicha transformación se deberá realizar en varios pasos o etapas de acuerdo con el material natural disponible y con las especificaciones que deban cumplirse.

Se describirán someramente los siguientes tipos de equipo :

- A: Equipo de Trituración
 - 1.- Trituradoras Primarias (Quijadas y Giratorias)
 - 2.- Trituradoras Secundarias { de Cono, Rodillos, Martillos
 - 3.- Trituradoras Terciarias { e Impacto
 - 4.- Molinos (de Barras y de Bolas)
- B: 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

II. EQUIPO DE TRITURACION

Las máquinas de trituración más utilizadas en las Obras Civiles, emplean los métodos mecánicos de reducción indicados en el siguiente cuadro :

QUEBRADORA	MÉTODOS DE REDUCCION			
	 Impacto	 Desgaste	 Corte	 Compresión
IMPACTO	○			
PULVERIZADOR	○			
MARTILLOS	○	○	○	
RODILLOS	○		○	○
GIRATORIAS	○			○
QUIJADAS	○			○
CONO	○			○

Figura 1

Para decidir cual es el equipo de trituración apropiado para re solver un determinado problema de producción de agregados, es ne cesario tener en consideración tanto la naturaleza de la materia pri

ma por procesar, como el trabajo idóneo para cada tipo de trituradora, para poder hacer una selección de equipo técnica y económicamente válida.

Dos de los conceptos básicos que definen el comportamiento y campo de aplicación de los diferentes tipos de quebradoras son: índice de reducción y coeficiente de forma.

1o. INDICE DE REDUCCION

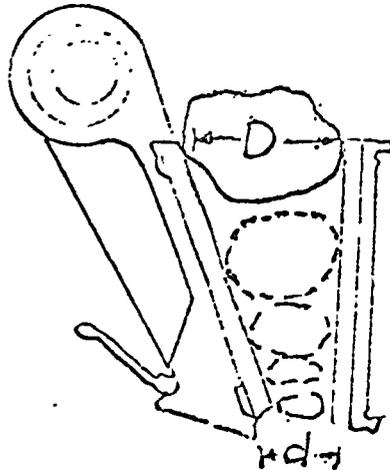


Figura 2

Se define el índice de reducción de una máquina de trituración, a la relación :

$$I_R = \frac{D}{d}$$

entre el tamaño "D" del fragmento de roca a la entrada de la máquina y el tamaño "d" del producto de la trituración a la salida. Dicho índice de reducción varía con cada tipo de trituradora, de acuerdo con la mecánica de su construcción y con los métodos de reducción

por ella utilizados.

26. COEFICIENTE DE FORMA :

Sea un fragmento de roca, cuya dimensión mayor sea representada por "L" y sea "v" el volumen de dicho fragmento y "V" el volumen de una esfera cuyo diámetro sea "L"

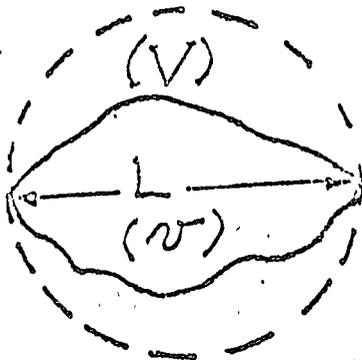


Figura 3

Se define como "Coeficiente de Forma" de dicho fragmento, a la relación :

$$C_f = \frac{v}{V} = \frac{v}{\frac{L^3}{6}}$$

obteniéndose de la aplicación de dicha fórmula los valores promedio siguientes, en los fragmentos más comunes.:

Forma de Fragmento :	Valor del Coeficiente de Forma:
Esférico	1
Cúbico	$\frac{2}{\pi \sqrt{3}} = 0.37$
Tetraedro Regular	$\frac{1}{\pi \sqrt{2}} = 0.22$
Canto rodado	0.34
Grava triturada	0.22

Lajas	0.07
Agujas	0.01

Los dos últimos tipos de fragmentos (lajas y agujas), generalmente se prohíben por las normas de calidad de control de agregados pétreos, debido a que por su forma, son partículas débiles, con mucha tendencia a fracturarse.

A continuación se expondrán las variedades de equipos de trituración, utilizados hoy en día en la construcción de caminos en particular.

QUEBRADORAS DE QUIJADA

a) TRITURACION PRIMARIA

Definitivamente es la quebradora de quijadas de simple togle con excéntrico superior (figura 4), la que se utiliza para realizar la primera etapa de reducción de los materiales pétreos, en las plantas móviles camineras, en prácticamente todos los casos, así como en la mayoría de las instalaciones fijas de producción de agregados para la industria de la construcción.

Equipo de mecánica simple, se utiliza en las plantas portátiles, en tamaños que van desde 12" x 36" hasta 42" x 48", con pesos de 5,300 kilogramos hasta 48,000 kilogramos y producciones desde 18 toneladas por hora hasta 840 toneladas por hora, de acuerdo con el tamaño de la máquina, su abertura de salida y la naturaleza geológica

ca del material, alcanzando índices de reducción promedio de ---

8 ÷ 1

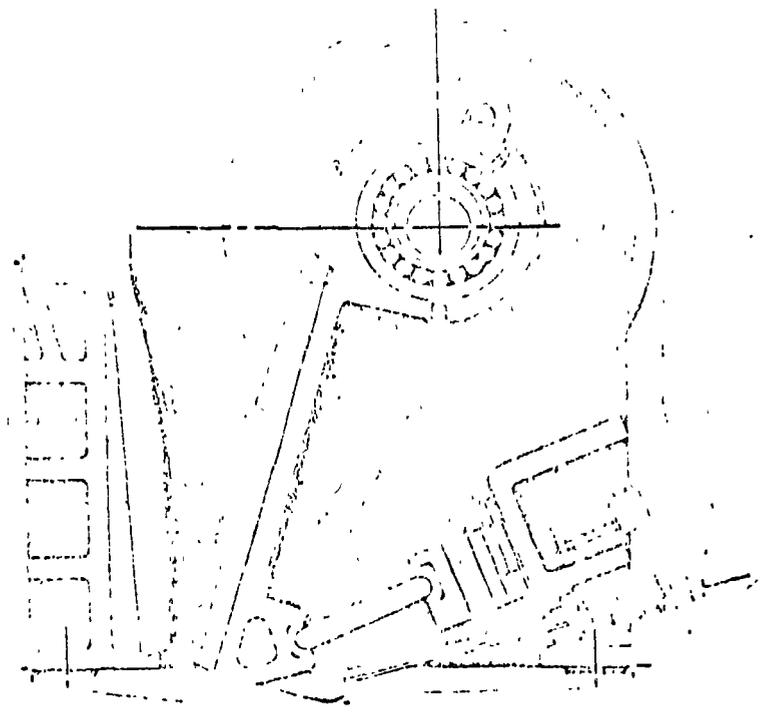


Figura 4

En algún tiempo se utilizaron las quebradoras de quijadas ge--
melas (figura 5) móviles, pero hoy prácticamente han quedado en
cesuso debido a su alto costo de adquisición y de operación.

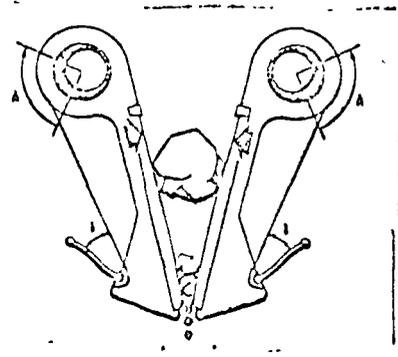


Figura 5

La quebradora de quijadas tipo "Blake" de doble biela y las gi-

ratorias, prácticamente no se utilizan en los grupos móviles primarios de trituración, por ser máquinas muy pesadas y de grandes dimensiones, lo cual hace poco práctico instalarlas en chasis remolques, empleándose fundamentalmente en instalaciones mineras y cementeras.

NOTAS: Las dimensiones de las quebradoras de quijadas se indican por las dimensiones del rectángulo de su boca de admisión (ancho por longitud, generalmente en pulgadas).

Las dimensiones de las quebradoras primarias giratorias se indican por el tamaño de admisión (generalmente en pulgadas) de roca en su alimentación.

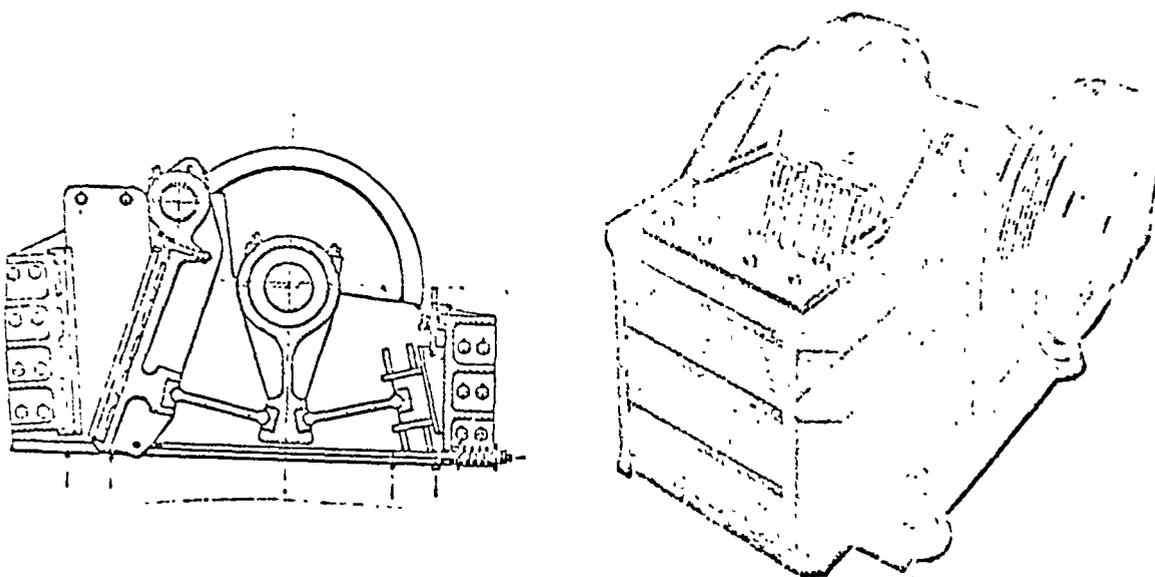


Figura 6

Quebradora de quijadas tipo "Blake" o de "doble togle" o "doble biela", utilizada fundamentalmente para la trituración primaria de minerales extremadamente duros y abrasivos (hematita, taconita, -

etc.). Muy poco utilizada en el campo de las obras civiles.

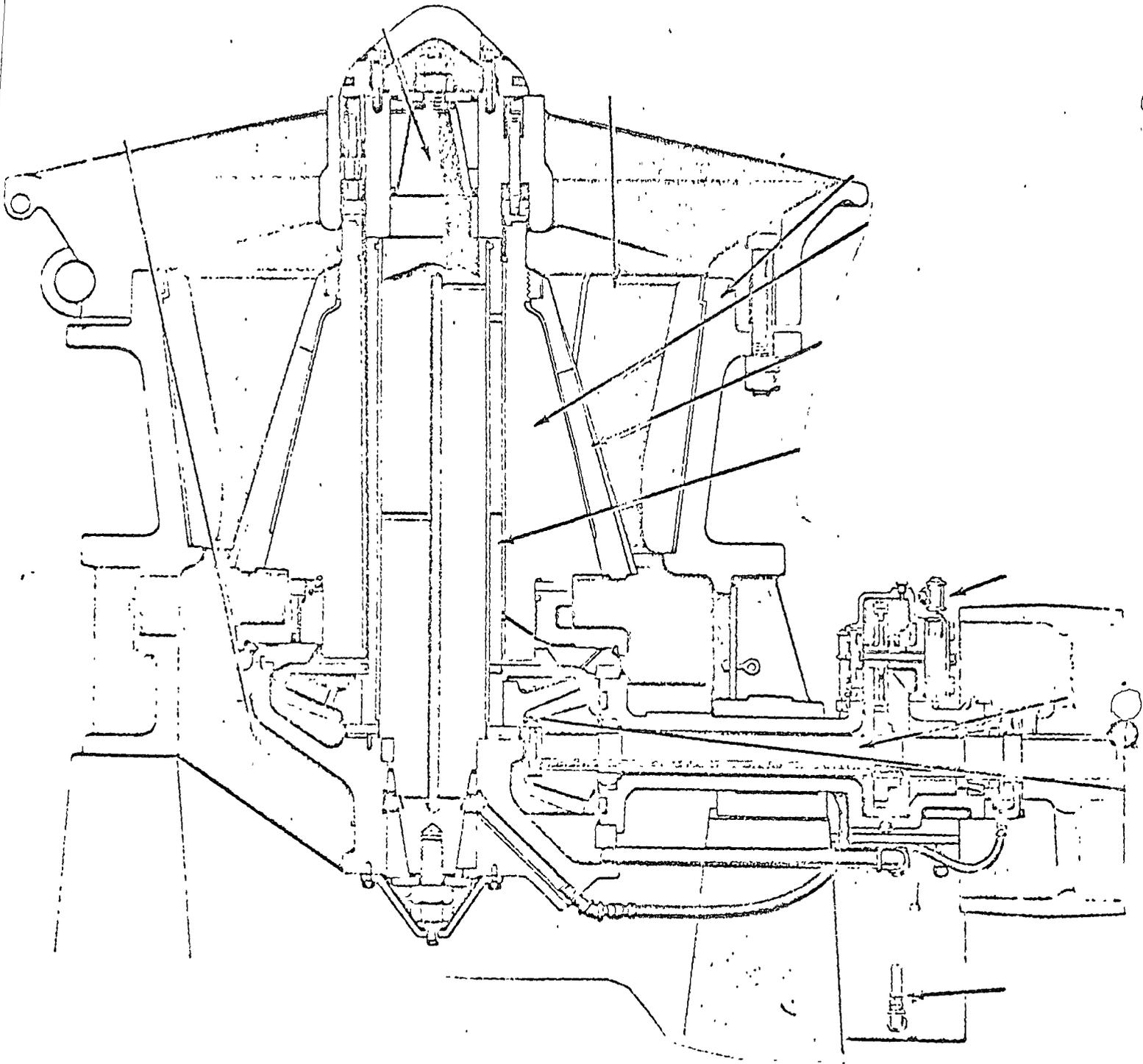


Figura 7. Quebradora Giratoria Primaria, utilizada fundamentalmente en las Instalaciones Mineras y Cementeras de muy elevadas producciones. Muy poco utilizada en el campo de las obras civiles.

b) TRITURACION SECUNDARIA Y TERCIARIA

Si bien en la etapa primaria de trituración, desde hace ya muchos años se ha definido a la quebradora de quijadas como el equipo idóneo para las instalaciones de producción de agregados, en lo que respecta a las etapas secundarias y terciarias han existido en los últimos tiempos cambios sensibles en la preferencia de los usuarios de dichos equipos, como se vera a continuación.

Las trituradoras tradicionalmente empleadas para realizar las etapas segunda y tercera de la reducción de los materiales pétreos, han sido las de rodillos, impacto y cono.

TRITURADORAS DE RODILLOS

Este tipo de trituradoras de mecánica simple, utiliza los efectos de compresión y corte para efectuar la reducción de tamaño del agregado pétreo.

En el pasado, era éste el tipo de máquina más popular para realizar trituraciones secundarias y terciarias en las plantas móviles-camioneras, y en plantas fijas de producción de agregados para concretos hidráulicos. Hoy en día su utilización ha quedado reducida al tratamiento de materiales suaves y poco abrasivos, como caliza, carbón, yeso, fosfato, etc., debido a que con rocas de alto contenido de sílice, el desgaste que se presenta en forma de surcos profundos en la superficie cilíndrica de los rodillos, hace que se tengan costos de mantenimiento muy elevados, presentando además las li-

mitaciones que se indican en los párrafos siguientes.

El diámetro de los rodillos debe ser de 20 a 30 veces superior al tamaño de los fragmentos en la alimentación (figura 8), para que pueda aprisionarlos y triturarlos.

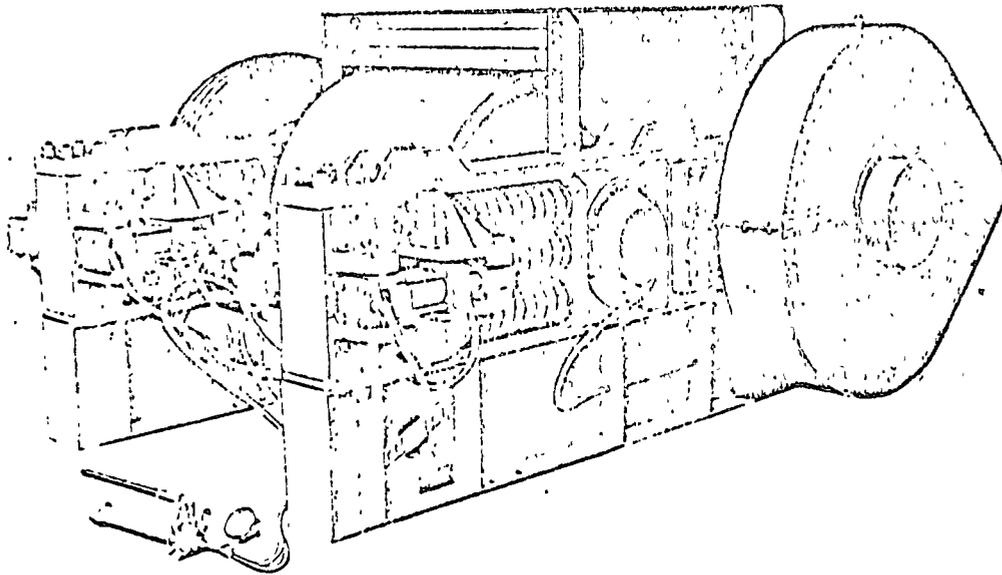


Figura 8

La producción es directamente proporcional al ancho de los rodillos (figura 9) sin embargo, un ancho demasiado grande, provoca un desgaste irregular y rápido, más fuerte en el centro que en los extremos.

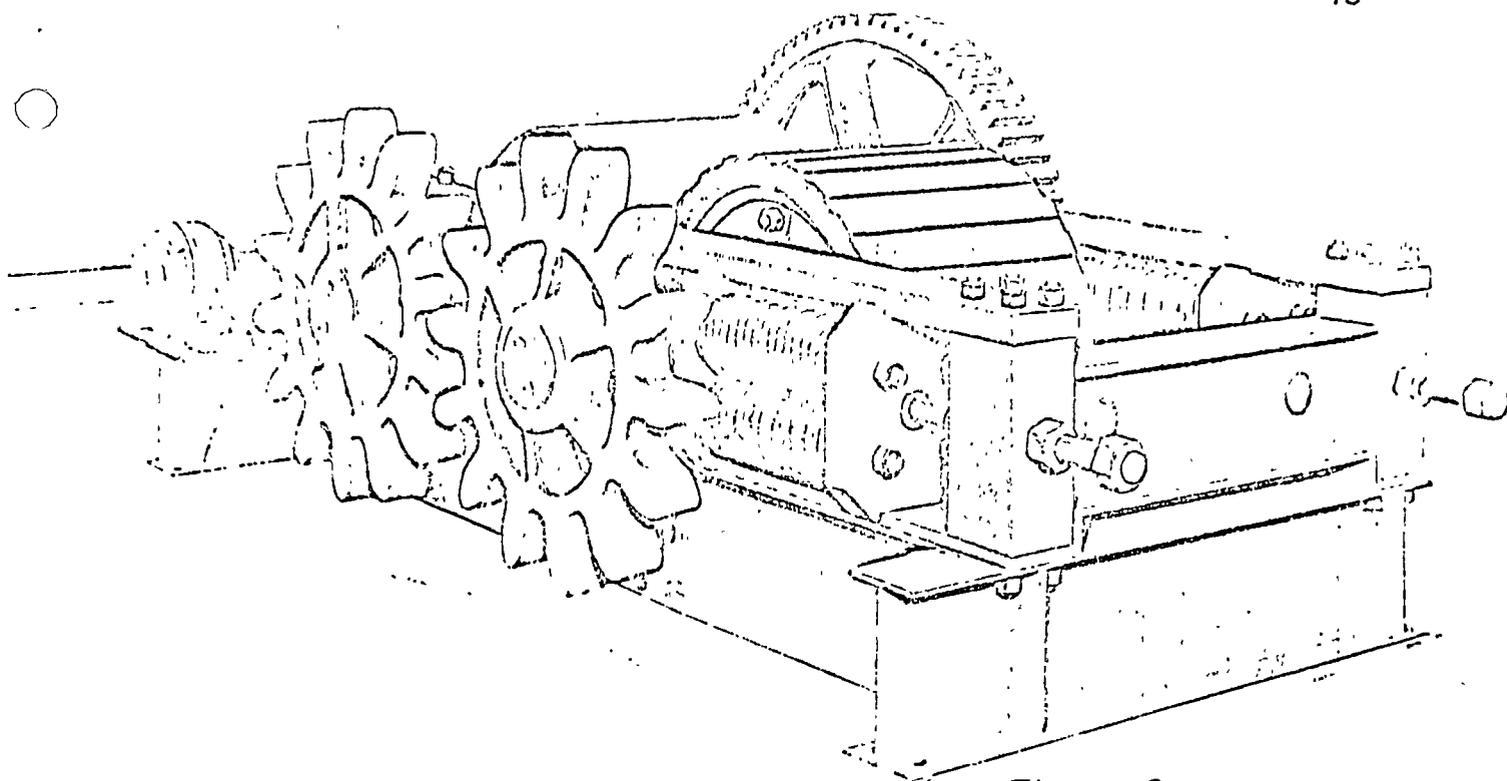
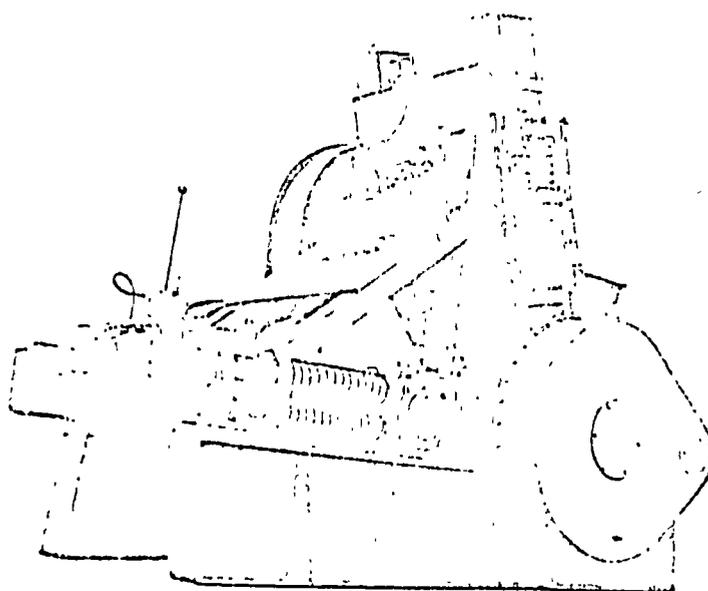


Figura 9

El índice de reducción que se logra con estas máquinas es relativamente bajo: $3 \div 1$ como máximo, debido fundamentalmente a las limitaciones que se tienen en los tamaños de alimentación. Se ha procurado disminuir un poco este inconveniente, introduciendo un tercer rodillo, obteniéndose así una máquina que puede trabajar con mayores índices de reducción, aún cuando más costosa en inversión inicial y en operación (figura 10).



Para disminuir los problemas del alto costo de mantenimiento en dinero y tiempo, en el rectificado de los surcos de desgaste, se han diseñado máquinas de soldadura automática (figura 11) que mitigan un poco estos inconvenientes.

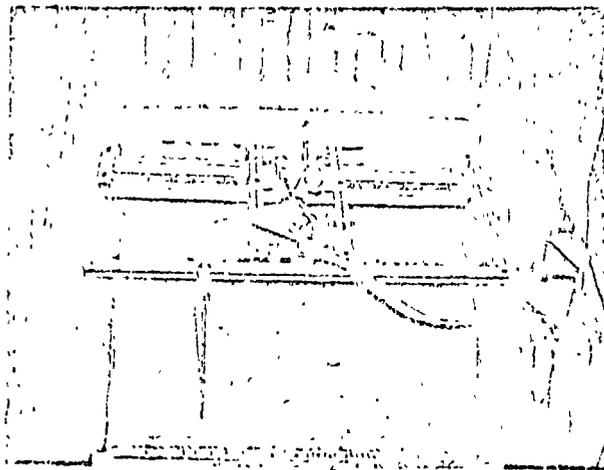


Figura 11

El coeficiente de forma del material triturado en los rodillos, es por regla general bajo, con tendencia a formar muchas lascas en cierto tipo de rocas.

Por los motivos anteriormente descritos, en muchas instalaciones de producción de agregados, las trituradoras de rodillos han venido siendo substituidas por otro tipo de máquinas, limitándose su campo de acción al proceso de cierto tipo de rocas suaves y poco abrasivas, como ya se dijo.

TRITURADORAS DE IMPACTO O DE MARTILLOS

Tanto las trituradoras de impacto (figura 12) como las de martillo (figura 13), utilizan básicamente el efecto de fuertes impactos

de la roca contra las placas del bastidor, impulsadas por uno o dos rotores que están girando a elevadas revoluciones por minuto. En las trituradoras de martillo con rejilla inferior (figura 13) existen también los efectos secundarios de corte y desgaste de la roca entre el martillo y la rejilla.

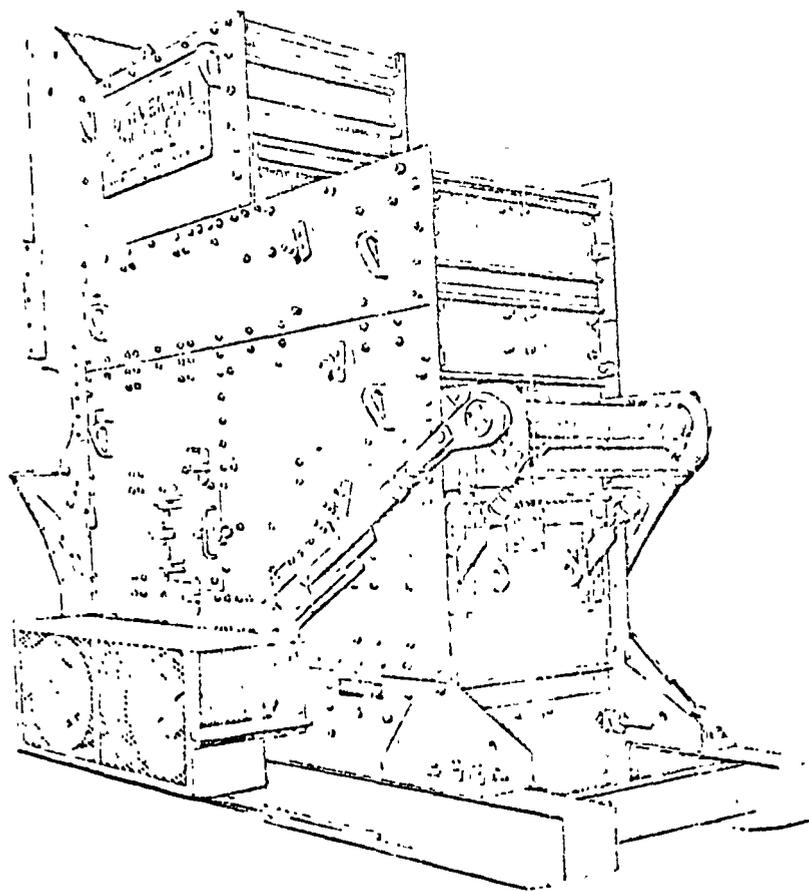


Figura 12A

Trituradoras de Impacto. Vista exterior.

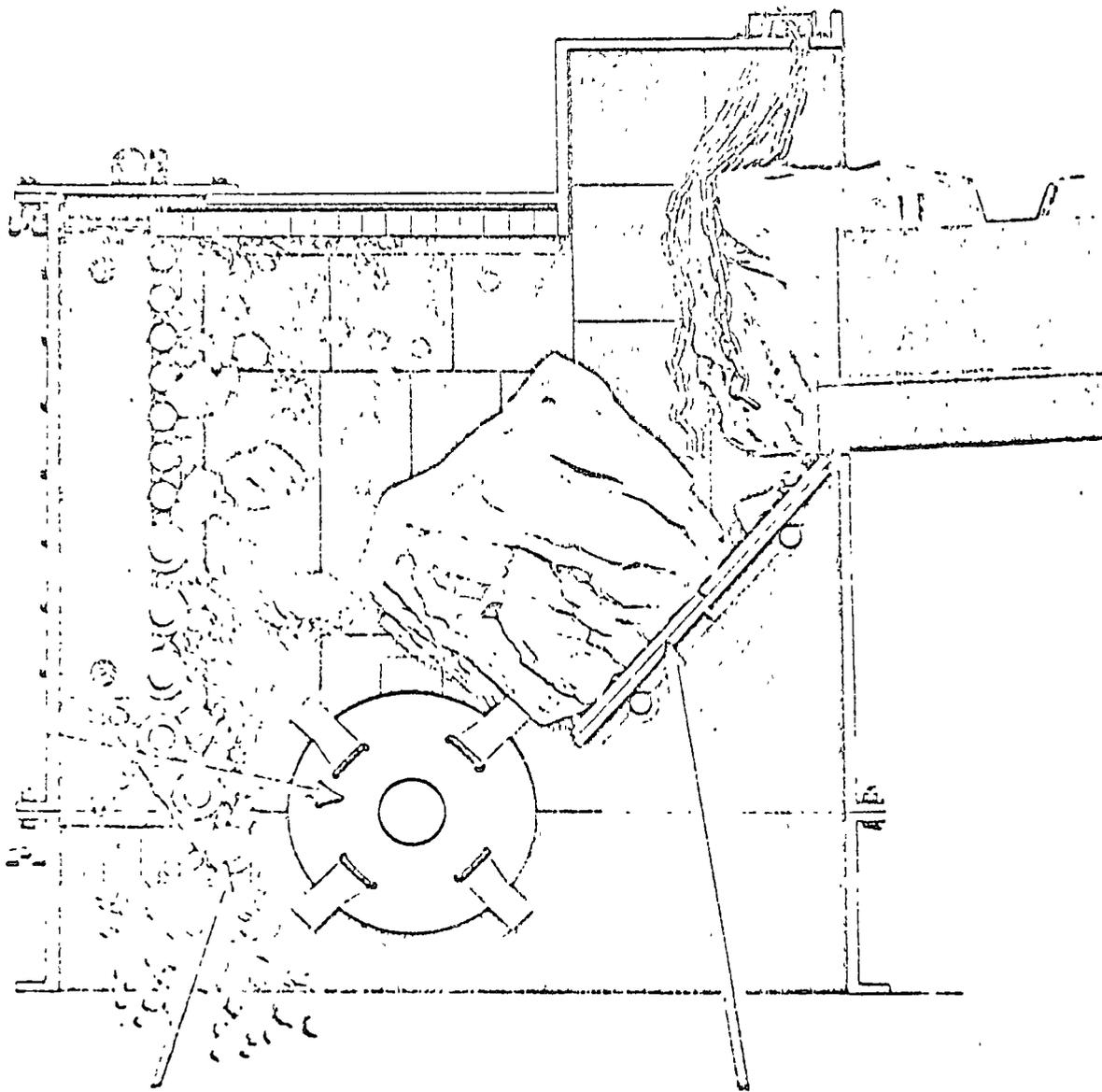


Figura 12 B

Trituradoras de Impacto. Corte longitudinal esquemático, --
mostrando su principio de funcionamiento.

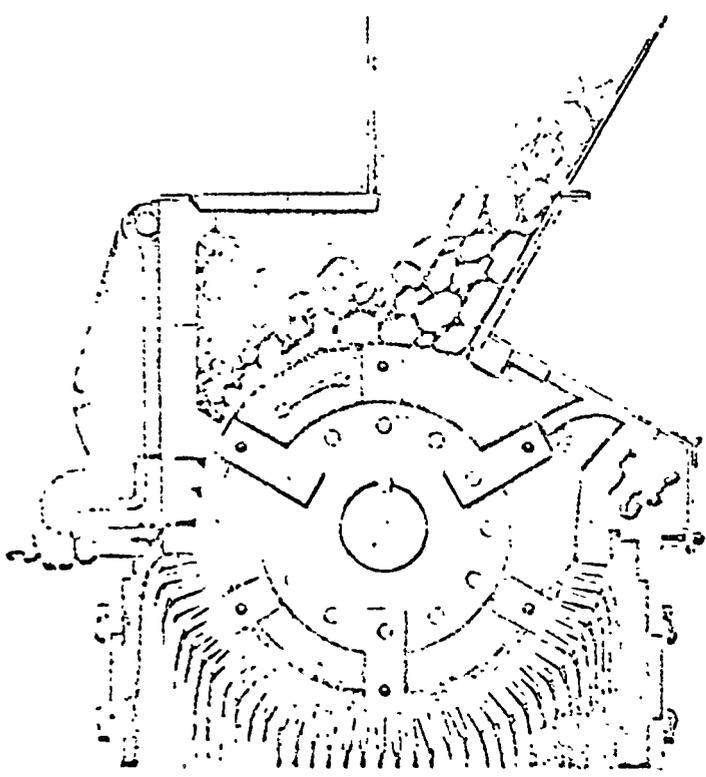
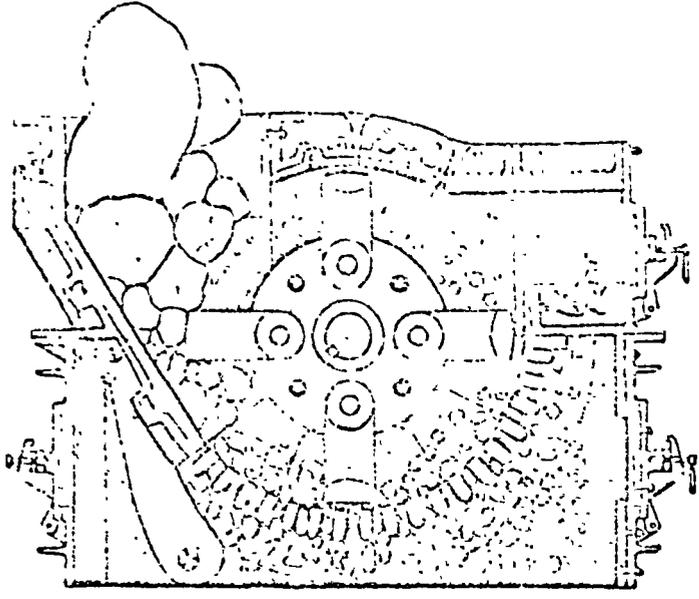


Figura 13

Trituradoras de Martillos, con rotores de cuatro y seis cabezas de percusión.

Con este tipo de máquinas se obtiene un material cúbico de elevado coeficiente de forma, con índices de reducción de $20 \div 1$ y en ocasiones de $30 \div 1$. Desgraciadamente estas máquinas no son adecuadas para procesar rocas con más del 6% de contenido de sílice ($Si O_2$), por el fuerte desgaste que sufren sus martillos y barras de impacto, con los materiales pétreos abrasivos; siendo aconsejable su empleo para tratar calizas, dolomitas, yesos, asbestos y en general todo tipo de minerales no abrasivos; pues de lo contrario se elevan muy fuertemente sus costos de operación.

TRITURADORAS DE CONO

Este tipo de trituradoras se ha utilizado en las plantas mineras desde hace más de 40 años. En el campo de las obras públicas se ha generalizado su uso a partir de unos 10 años aproximadamente, pues se temía que estas máquinas tuvieran una mecánica muy complicada que necesitará cuidados especiales y personal altamente capacitado para operarlas. La realidad ha demostrado que si bien son unidades robustas de mecánica precisa, los cuidados que requieren en su operación y mantenimiento no son mayores que los que necesitan, por ejemplo, una quebradora de quijadas o una trituradora de rodillos en operación normal.

Presentan este tipo de máquinas una serie de ventajas adicionales, entre las cuales sobresalen las siguientes :

a) Producciones relativas elevadas con un alto índice de reducu

ción, que puede llegar a $10 \div 1$.

- b) Utilización completa y regular de sus elementos de desgaste en la cámara de trituración, utilizándose los efectos combinados de compresiones e impactos sucesivos (figura 14), - dando como resultado poco desgaste por abrasión y un producto con muy buen coeficiente de forma

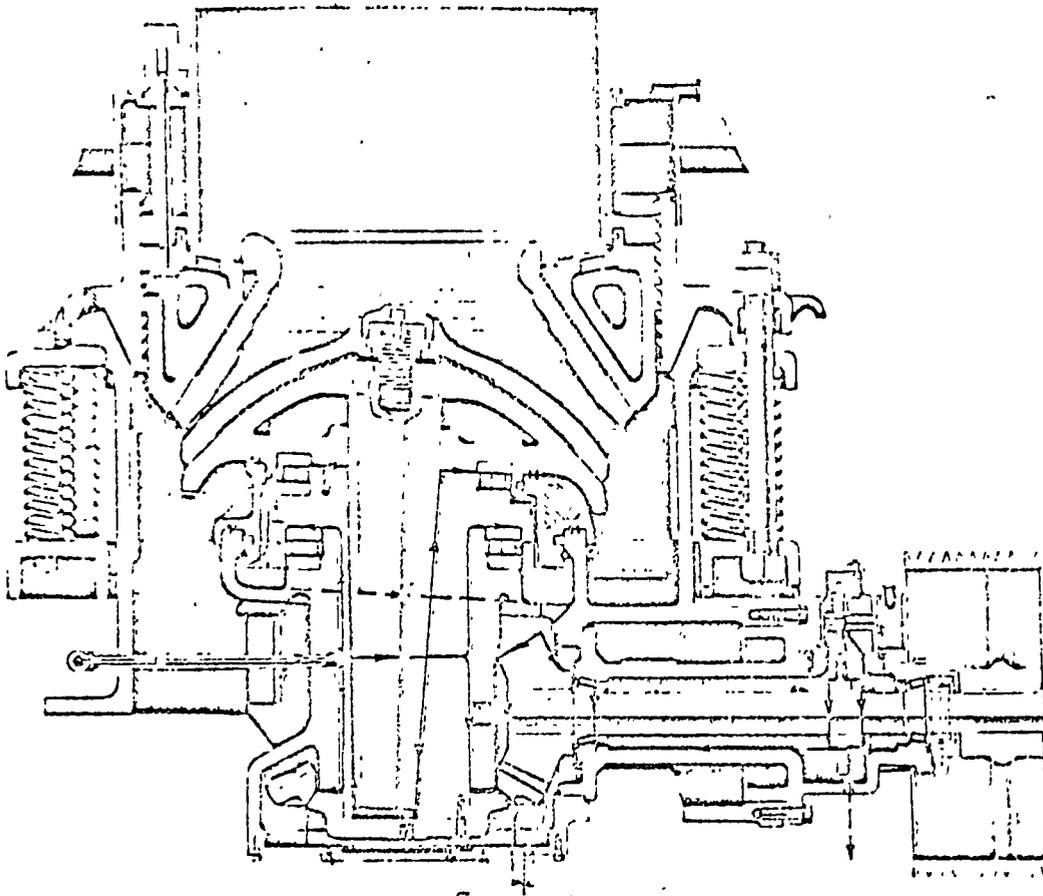


Figura 14

- c) Protección contra fragmentos metálicos (dientes de cucharón de cargador, cabezas de marro, etc.) no triturables, - por un dispositivo a base de resortes en el perímetro de su bastidor (figura 15)

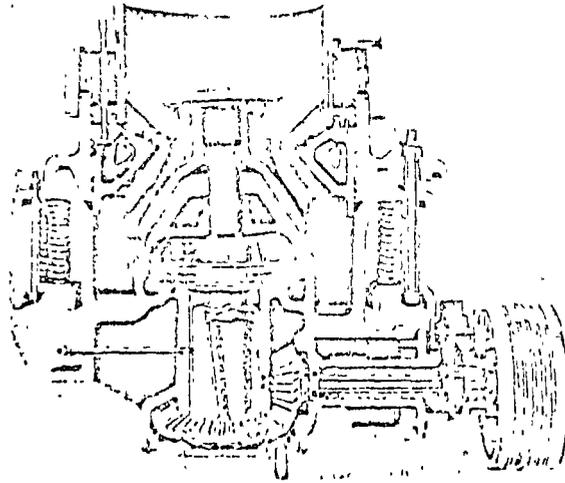


Figura 16

- d) Dimensiones compactas que hacen práctica su instalación en grupos móviles de trituración.
- e) Costos de mantenimiento muy bajos, por la elevada duración de sus piezas de desgaste.

Los constructores de caminos empezaron en unidades portátiles los tamaños de 36" (diámetro inferior del cono), que es una máquina de aproximadamente 11,000 kilogramos de peso, con una producción de 80 toneladas a una abertura de salida de 1" (para producir material de 1½"). Posteriormente los grandes volúmenes de materiales requeridos en los nuevos proyectos de autopistas, obligaron a utilizar los tamaños de 48", máquinas de 22,000 kilogramos de peso y producciones del orden de 170 toneladas por hora de materiales de 1½" y hoy en día ya los tamaños de 66" (figura 16), máquinas con peso de 42,000 kilogramos y producción de 275 toneladas por hora de material de base, tienen bastante demanda entre los grandes contratistas de caminos.

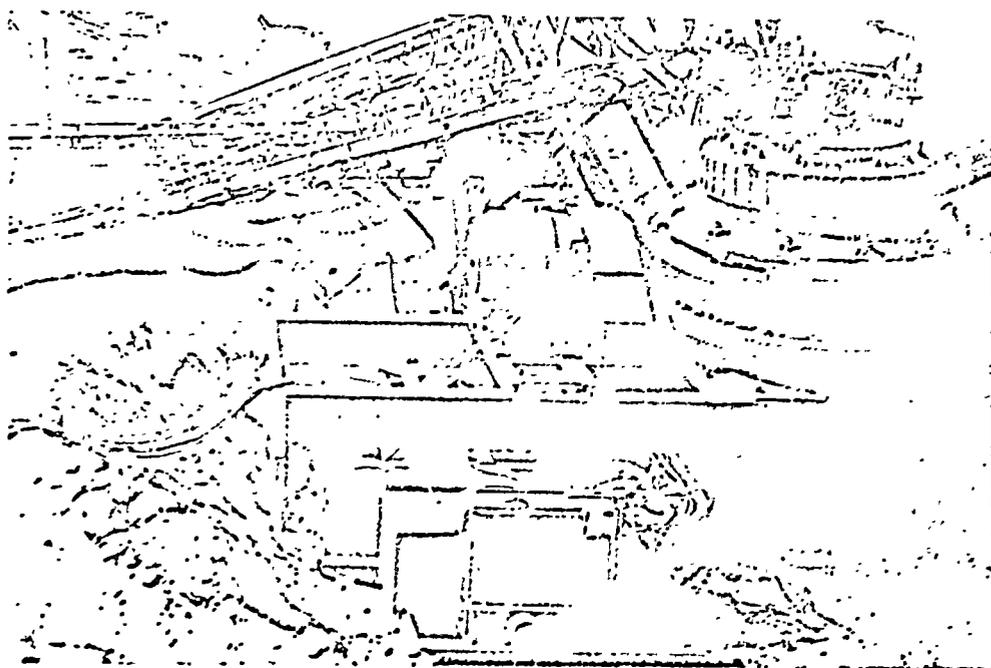


Figura 16

Las trituradoras de cono se fabrican en modelos especiales para cumplir las etapas secundaria, terciaria y cuaternaria de reducción, modelos que si bien desde el exterior presentan prácticamente el mismo aspecto (figura 17).

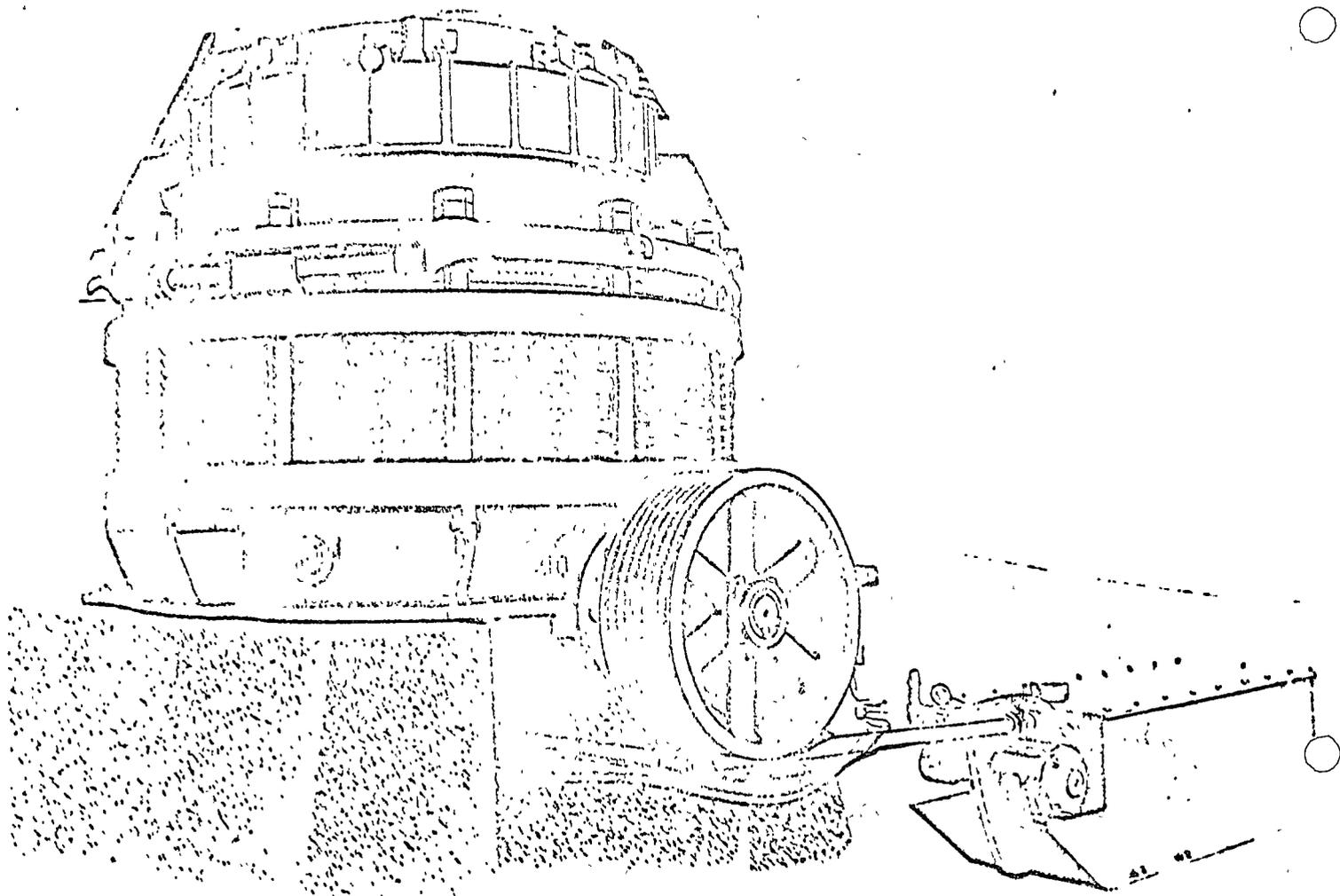


Figura 17

La geometría de sus cámaras de trituración tiene grandes diferencias según se trate de una trituradora secundaria (figura 18), terciaria (figura 19) y cuaternaria (figura 20), siendo lógicamente las máquinas que se pueden cerrar a menor dimensión para producir material más pequeño, las que admiten menor tamaño de piedra a la entrada.

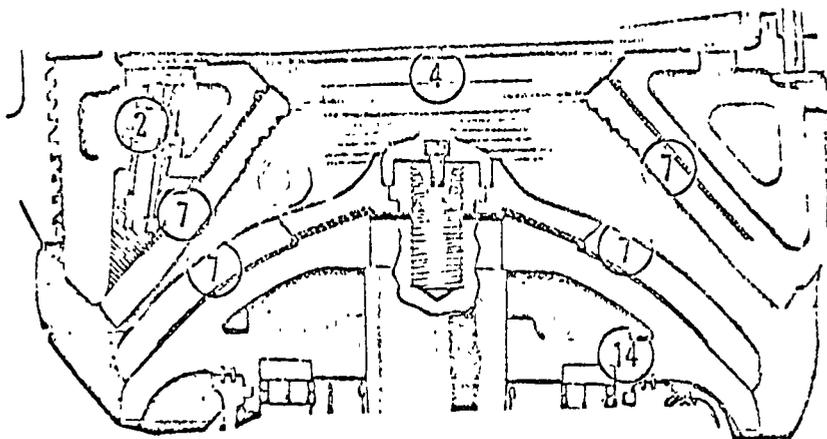


Figura 18

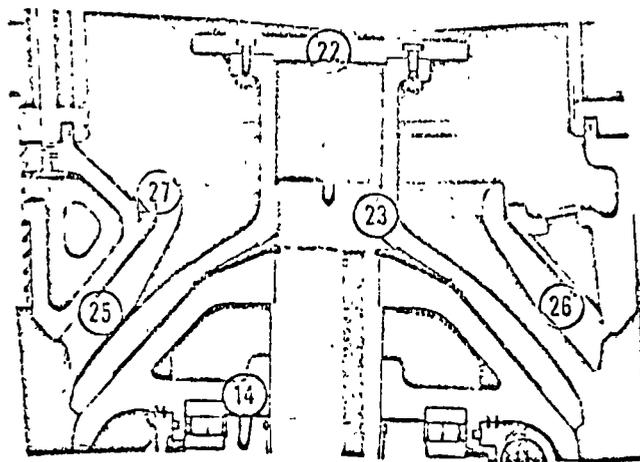


Figura 19

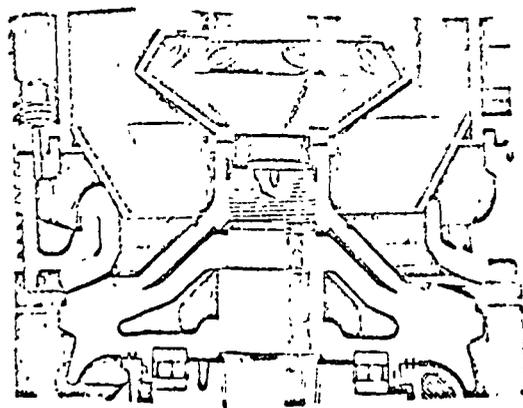


Figura 20

MOLINOS DE BARRAS

En algunos casos de producción de arenas calibradas, tanto para la elaboración de concretos hidráulicos, como para corregir las curvas granulométricas de los materiales producto de las trituraciones secundarias y terciarias que acusan déficits de partículas de 0 a 2 mm para cumplir con las especificaciones de los materiales de base y carpetas asfálticas para la construcción de caminos, es necesario efectuar una cuarta etapa en la reducción de los materiales pétreos, para lo cual se utilizan básicamente los molinos de barras.

Dichas máquinas están constituidas esencialmente por un tambor cilíndrico de placa de acero estructural, horizontal, y revestido con placas de acero al manganeso para su protección interior, estando accionado bien a través de una corona dentada y un piñón, o bien a través de un tren de neumáticos con ejes horizontales. El cilindro está cargado con barras cilíndricas de acero duro de 2" y 3" de diámetro, de longitud ligeramente inferior a la del cilindro. Estas barras accionadas por la rotación del tubo, ruedan las unas sobre las otras, y su movimiento relativo genera una acción intensa de molienda. Los molinos pueden trabajar por vía húmeda o por vía seca, y según el grado de finura del producto por obtener, existen tres tipos de alimentación y descarga :

3 TIPOS

"S" con entrada y salida axiales

"SP" con entrada axial y salida periférica por un extremo

"D" con doble entrada axial y salida periférica por la parte media

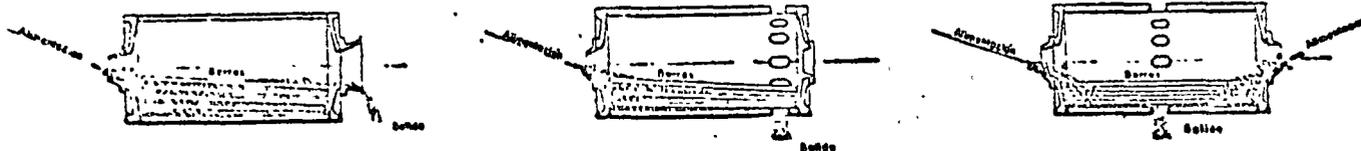


Figura 21

El tipo "D" se utiliza para obtener diámulas hasta malla # 4, el "SP" finuras hasta malla # 20, y el "S", para finuras hasta malla # 50.

III. EQUIPO COMPLEMENTARIO

A) Cribas Vibratorias

Las cribas vibratorias tienen por objeto la clasificación o selección de los materiales pétreos granulares, en diversas categorías de acuerdo con los tamaños especificados. Dichas máquinas se componen de uno, dos o tres pisos de malla de alambre o de placa perforada en orificios cuadrados, rectangulares o redondos, montados en el interior de una caja o bastidor flotante, equilibrado

apoyado sobre resortes o suspendido por medio de cables. Las vibraciones son producidas por el efecto de una flecha excéntrica o -- provista de contrapesos que gira a elevada velocidad, accionada por un motor eléctrico.

La superficie de cribado está constituida en la mayoría de los casos, por mallas cuadradas, siendo las más comúnmente empleadas, las siguientes :

10. Estados Unidos : Norma ASTM

Designación de la malla (Mallas más usuales)	Claro entre alambres en mm
3"	76
1-1/2"	38
3/4"	19
1/4"	6.3
Número 4	4.76
" 8	2.38
" 16	1.19
" 30	0.59
" 50	0.297
" 100	0.149
" 200	0.074
" 400	0.037

20. Francia: Norma AFNOR NF-XII-501

	50	50
	20	20
	15	15
	10	10
	5	5
Módulo	37	4
"	35	2.5
"	32	1.25
"	28	0,500
"	25	0.250
"	22	0.125
"	20	0.080
"	17	0.040

30. Inglaterra: Norma BSA-410

	3"	76
	1-1/2"	38
	3/4"	19
	1/4"	6.3
Número	5	3.35
"	10	1.67
"	22	0.699
"	44	0.353
"	85	0.178

Número	100	0.152
"	200	0.076
"	300	0.053

NOTA: En México rigen en la mayoría de los casos las normas americanas de la ASTM.

Existen cribas vibratorias horizontales con doble mecanismo excéntrico, aconsejables para equipar los grupos móviles y cribas vibratorias inclinadas de mecanismo excéntrico simple, utilizadas en las plantas fijas principalmente. Con ambos tipos se logran las mismas producciones y eficiencias. Las inclinadas son más económicas por su excéntrico simple, pero ocupan, para tamaños iguales, un mayor espacio vertical de instalación, que sus homólogos horizontales.

Los tamaños más utilizados (ancho por longitud de la superficie de cribado) en obras civiles son: 4' x 8', 4' x 10', 4' x 12', 5' x 12', 5' x 14', 5' x 16', 6' x 16', en sus versiones de uno, dos y tres pisos.

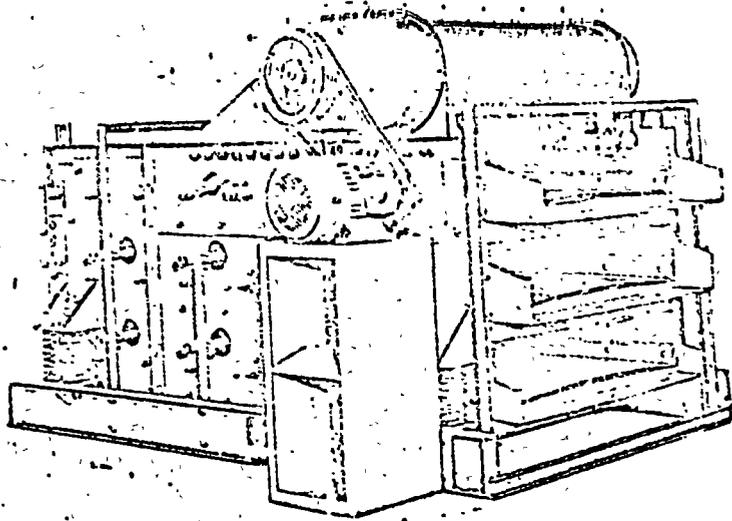


Figura 22

Criba Vibratoria Horizontal de tres pisos.

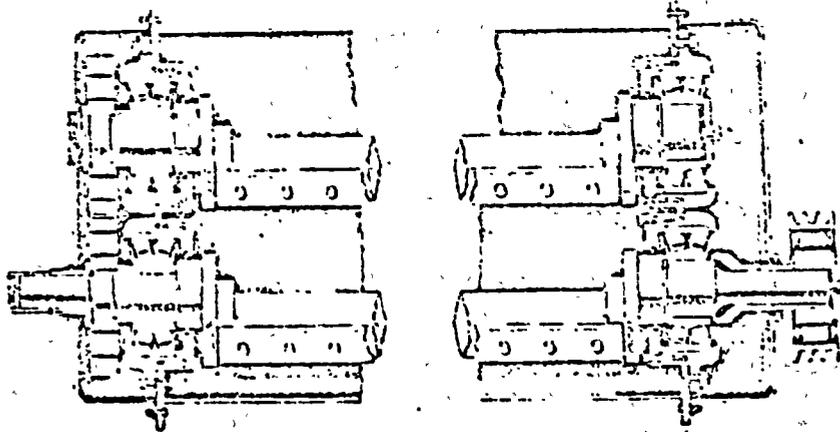


Figura 23

Mecanismo excéntrico doble para Cribas Vibratorias
Horizontales.

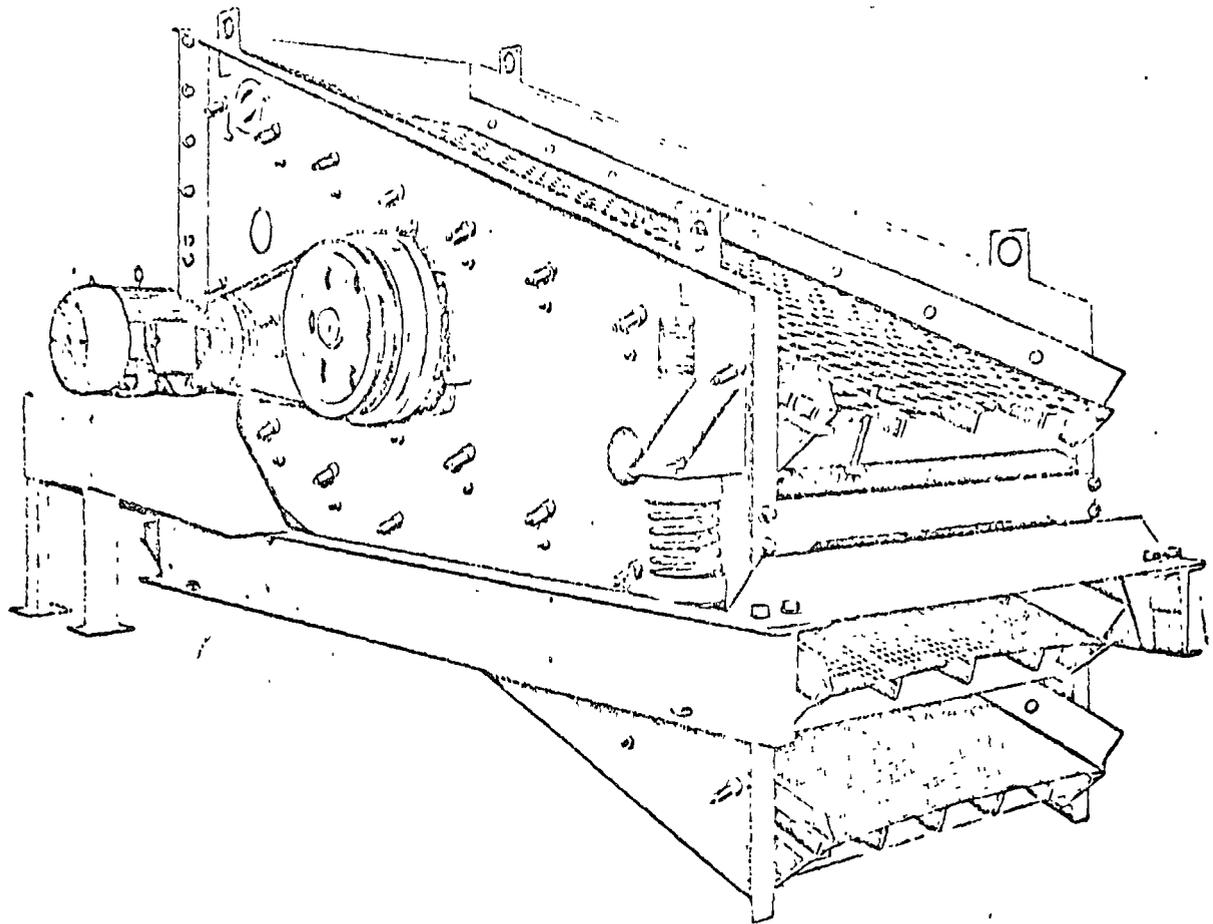


Figura 24

Criba Vibratoria Inclínada de Tres Pisos

El cribado de agregados para caminos se realiza por vía seca, mientras que el cribado de agregados para concretos hidráulicos se realiza por vía húmeda, equipando para ello a las cribas, con ---- "Flautas de Riego" (figura 25).

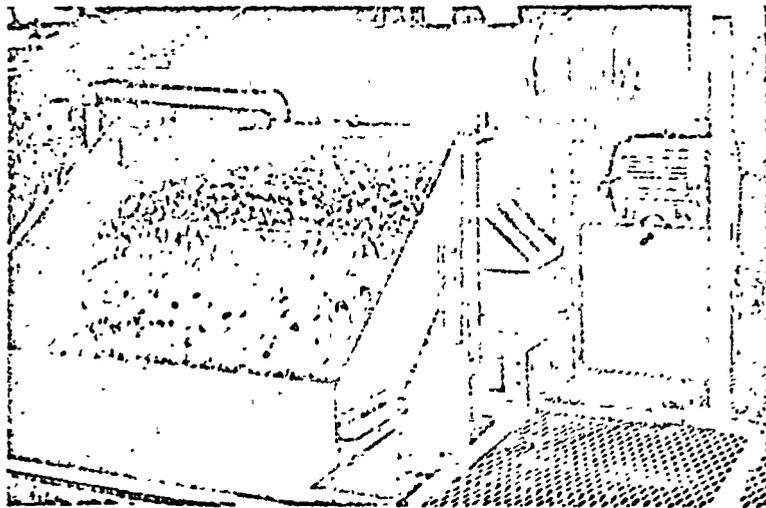


Figura 25

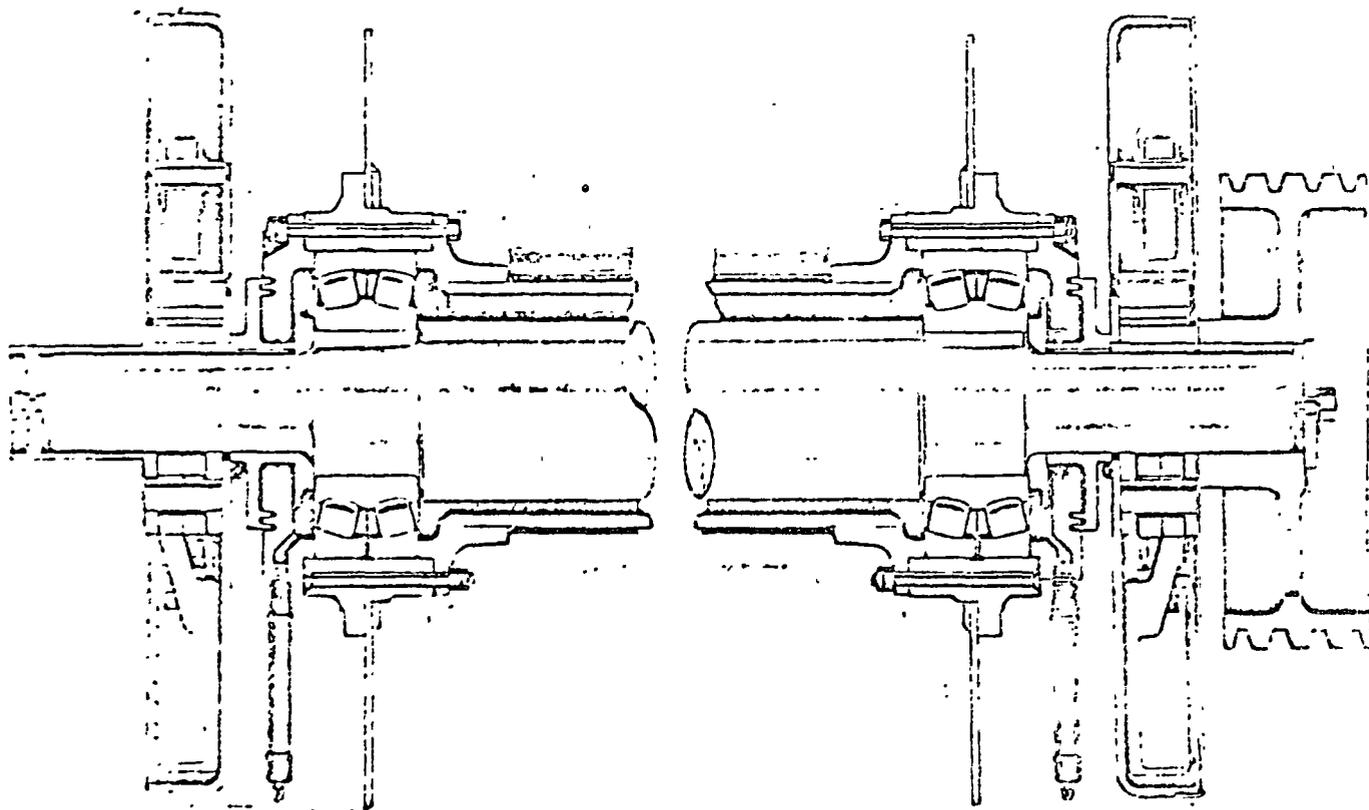


Figura 26

Mecanismo excéntrico simple para Criba Vibratoria Inclínada

B) Alimentadores

La alimentación del material en greña a la quebradora primaria, puede realizarse por el vaciado directo de los medios de transporte arrojando la roca a la boca de la quebradora, o bien por medio de un equipo especial mecánico o "alimentador", con o sin dispositivo de pre-cribado.

Los tipos más populares de alimentadores son :

- a) Alimentador de Mandil o de Tablero Metálico. Se compone de paletas metálicas que forman un tablero continuo que se mueve a una velocidad relativamente lenta (3 a 10 metros por minuto), accionado por un sistema de motor eléctrico, reductor, catannas y cadenas. Este tipo de alimentador se recomienda para instalaciones de alta producción donde se manejan grandes bloques de roca, sobre todo en plantas mineras y cementeras.
- b) Alimentador Reciprocante o de Plato. Se compone de una placa metálica rectangular, montada sobre rodillos, animada de un movimiento de vaivén ocasionado por una biela excéntrica. Dicho tipo de alimentador se recomienda para instalaciones pequeñas y medianas que manejan materiales de depósitos de río o de aluvión.
- c) Alimentador Vibratorio con Rejilla (Grizzly) de Pre-Cribado. Se utiliza en instalaciones de mediana y elevada producción para elaborar agregados pétreos para la Industria

de la Construcción, con la ventaja de que sólo envían a la quebradora primaria el material que requiere la trituration primaria, precibando el material pequeño que pueda contener el material en greña (figura 27).

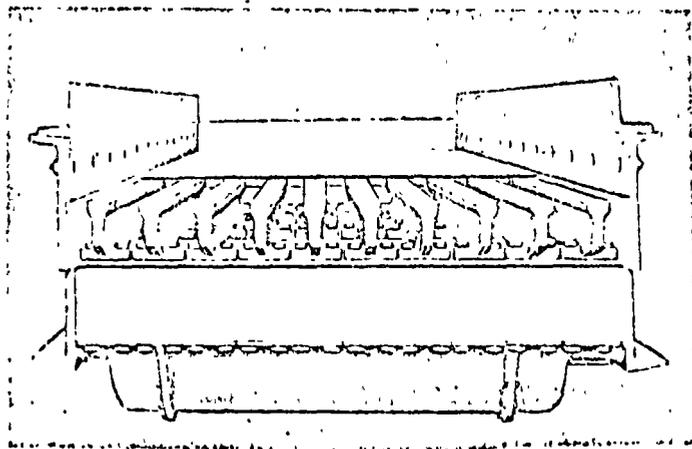


Figura 27

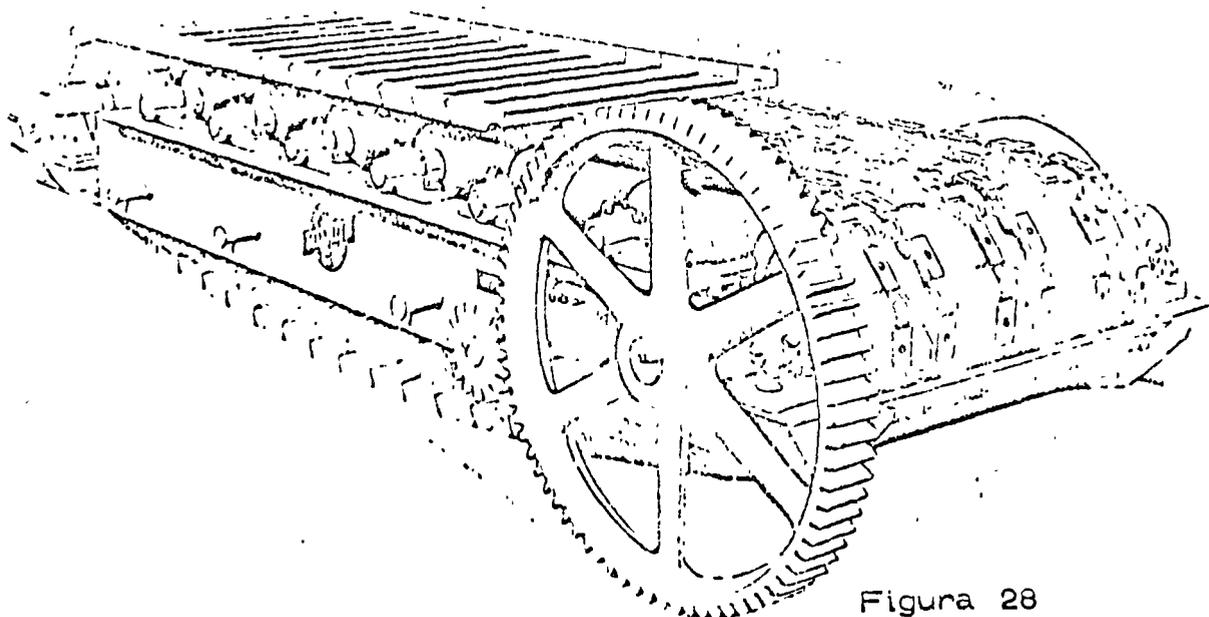


Figura 28

Alimentador de Mandil o de Tablero Metálico (Tipo Apron). An

40

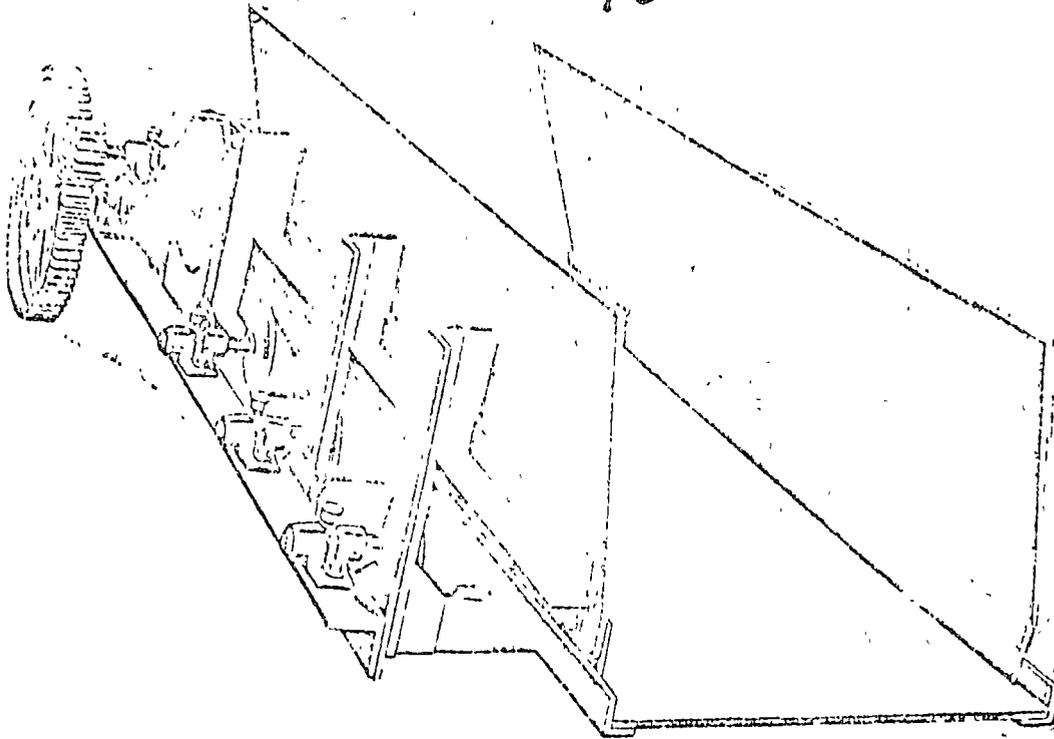


Figura 29

Alimentador Reciprocante o de Plato . Anchos más utilizados:
16", 20", 24", 30" y 36".

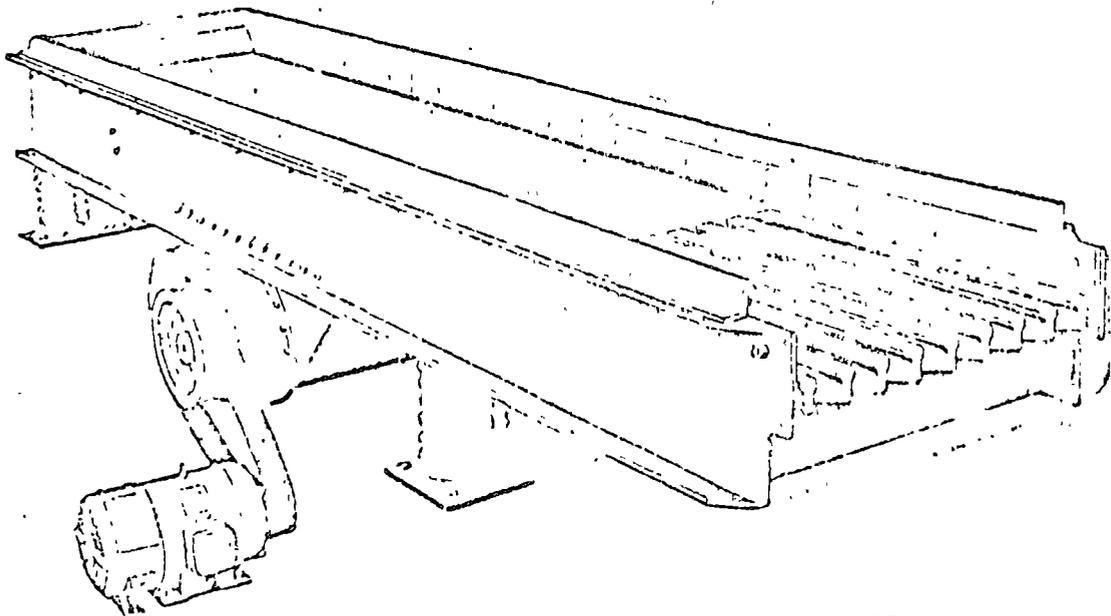


Figura 30

Alimentador Vibratorio con Rejilla de Precibado. Anchos más
utilizados: 36", 42", 48" y 60".

C) Gusanos Lavadores y Desenlodadores

En la producción de agregados pétreos por vía húmeda, fundamentalmente para la elaboración de concretos hidráulicos; son indispensables los gusanos lavadores o clasificadores de Tornillo de Arquímedes. Se compone de un recipiente de placa metálica, cuya parte inferior por regla general se ensancha para formar un tanque de clasificación con un vertedor para arrojar el agua excedente con los limos y arcillas disueltos en ella. En el interior del cuerpo o recipiente, gira lentamente una espiral longitudinal accionada en su extremidad superior por un motor eléctrico con reductor de velocidad. El gusano lava de impurezas (limos, arcilla, materia orgánica, etc.), las arenas naturales y trituradas, escurriéndolas del agua excedente y evacuándolas por su parte antero-superior para su almacenamiento en tolvas o pilas.

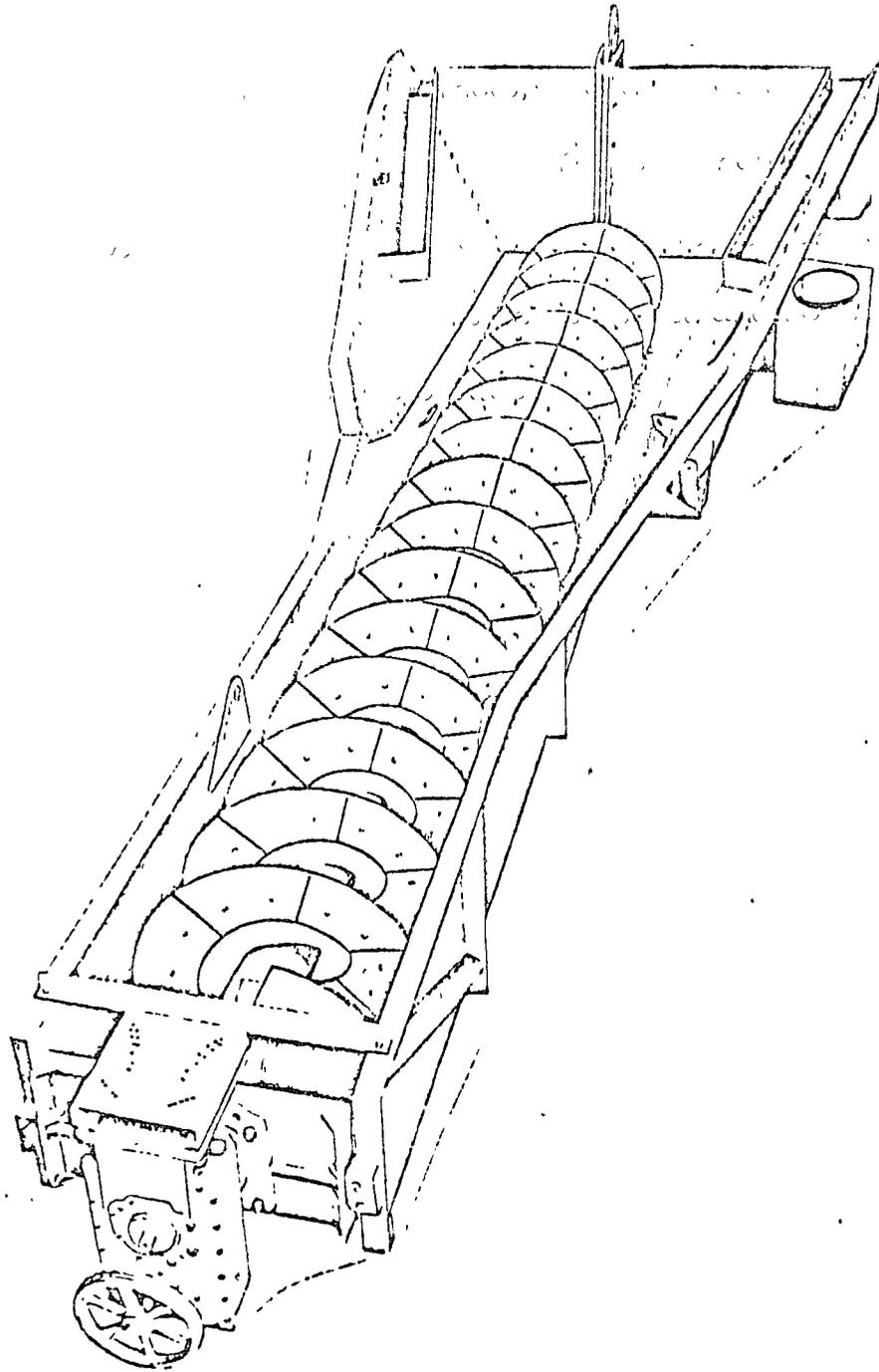


Figura 31

Gusano lavador de espiral simple. Diámetros más usuales :
20", 24", 30", 36", 42" y 48"

Para el lavado energético de minerales y de gravas naturales--- fuertemente contaminadas con arcilla, se emplean los tambores de scrubadores o "Scrübbers", que constan de un cilindro de placa de acero en cuyo interior se montan espas o paletas metálicas, que -- mueven el material en su interior. Existe asimismo un dispositivo de riego de agua a presión para realizar en el interior del tambor, el lavado de los agregados. A la salida, el agua sucia se escurre -- por los orificios del cilindro de evacuación (figura 32 y 33).

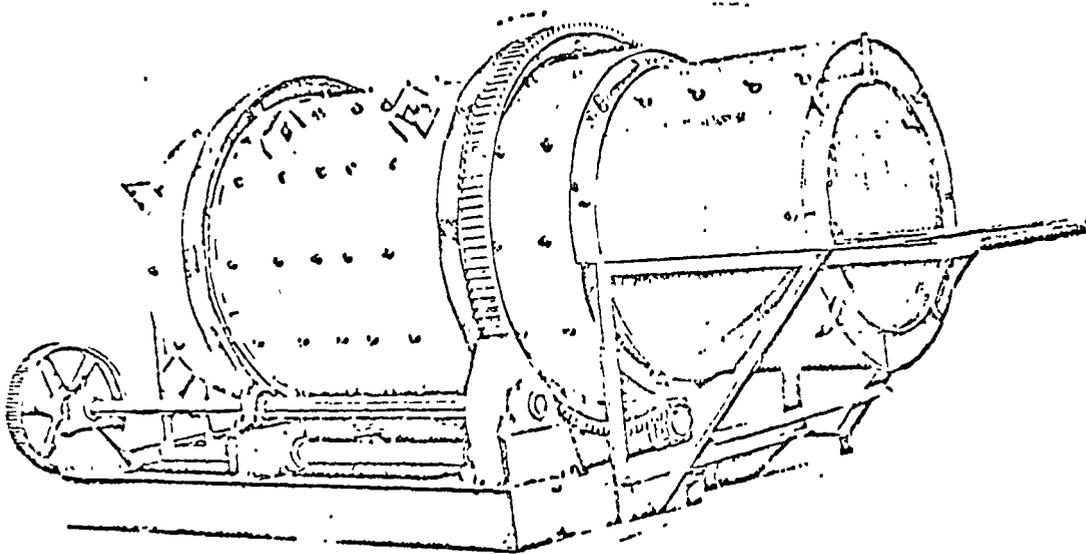


Figura 32

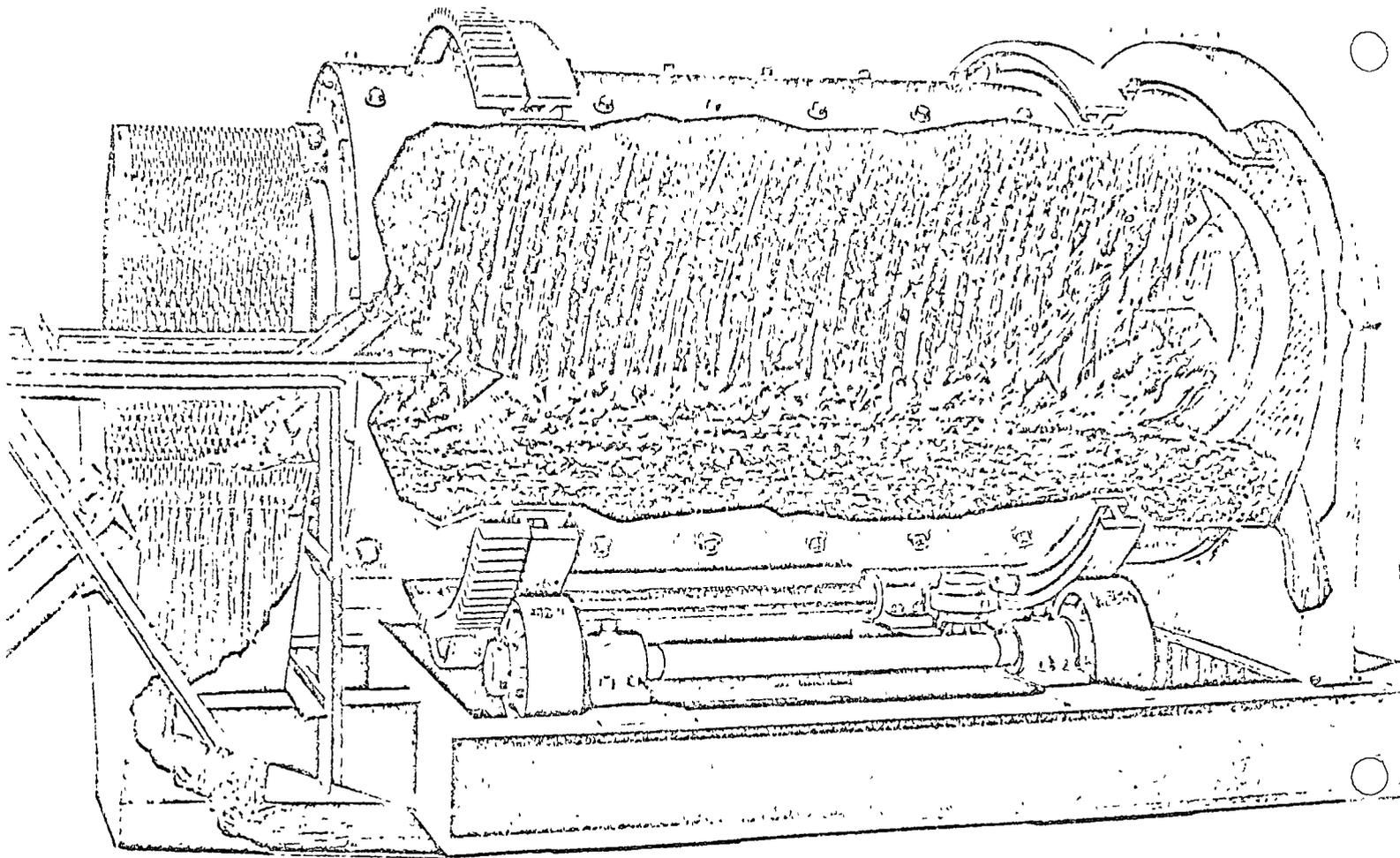


Figura 33

Corte longitudinal de un tambor desenlodador en operación. --

Diámetros más utilizados del tambor: 60", 72", 84", 96" y 114"

D) Transportadores de Banda

Para el manejo de los materiales granulares en las plantas de producción de agregados pétreos se utilizan básicamente las bandas transportadoras, equipo de mecánica simple y de gran eficiencia en el transporte de cualquier tipo de materiales a granel.

Varios tipos de transportadores de banda se han diseñado para

satisfacer las amplias necesidades de la Industria en general, para el manejo de cualquier clase de materiales, pero todos constan de una cinta o banda de hule reforzada con capas de lona o de nylon, en anchos de 18", 24", 30", 36", 42", 48", 54", 60", etc., montada sobre trenes de tres rodillos uniformemente espaciados y accionada por una polea de cabeza motriz que a su vez es accionada por un moto-reductor eléctrico, que le imprime a la banda una velocidad líneal que va de 100 a 600 pies por minuto en la mayoría de los casos, para transportar de este modo un flujo uniforme de material.

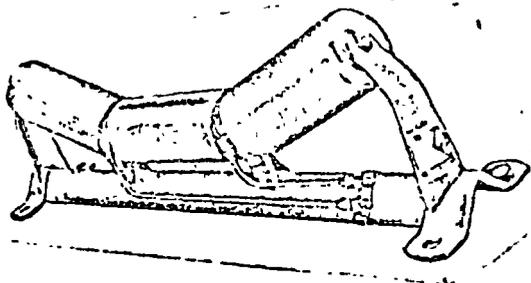


Figura 34

Tren de tres rodillos de carga, lubricables, con inclinación --

Ø 20°

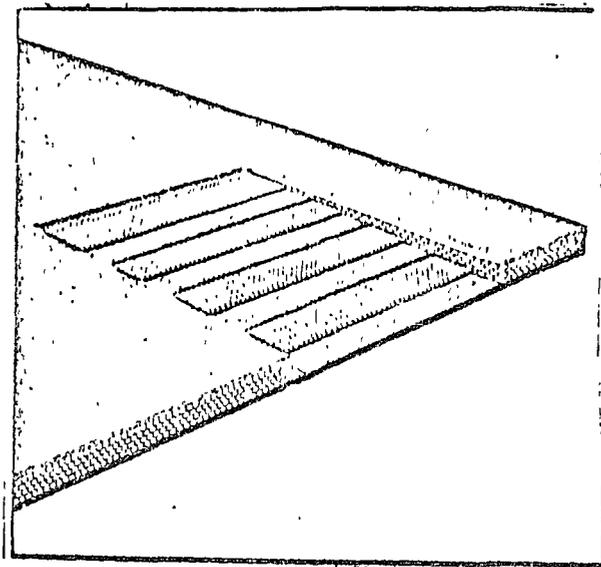


Figura 35

Corte de la banda transportadora, mostrando las capas de lona y hule alternadas.

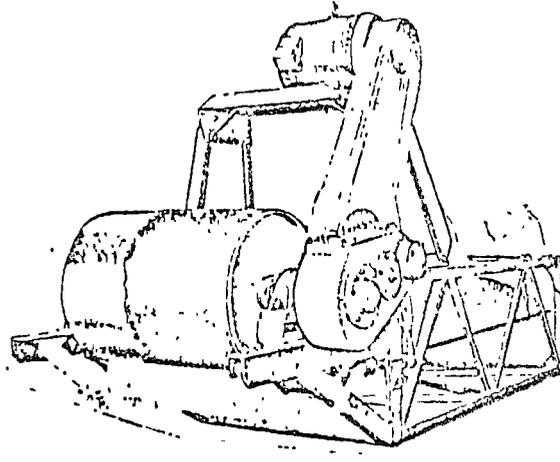


Figura 36

Cabeza motríz de un transportador de banda con su polea de --
cabeza, motor eléctrico, reductor y transmisión a base de bandas --
"V".

La estructura de soporte de los transportadores de banda, es --
de acero estructural tipo celosía para transportadores grandes, o --

tipo viguetas de canal para los transportadores medianos y pequeños.

Para los grupos móviles de trituración existen diseños de bandas transportadoras portátiles, fácilmente transportables, que no necesitan ningún trabajo de cimentación.

Existen sistemas de transporte por medio de bandas, de varios kilómetros de longitud, sobre todo en la Industria minera, por ser un medio económico y eficaz, justificándose ampliamente la relativamente elevada inversión inicial, en el manejo de grandes volúmenes de minerales.

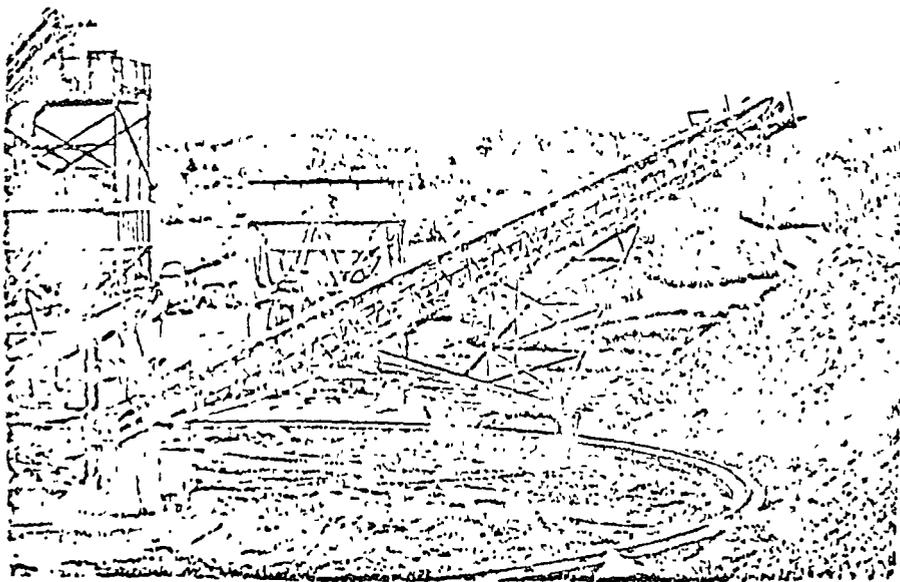


Figura 37

Banda transportadora radial (Stacker) para almacenamiento de agregados en pilas sobre el terreno.

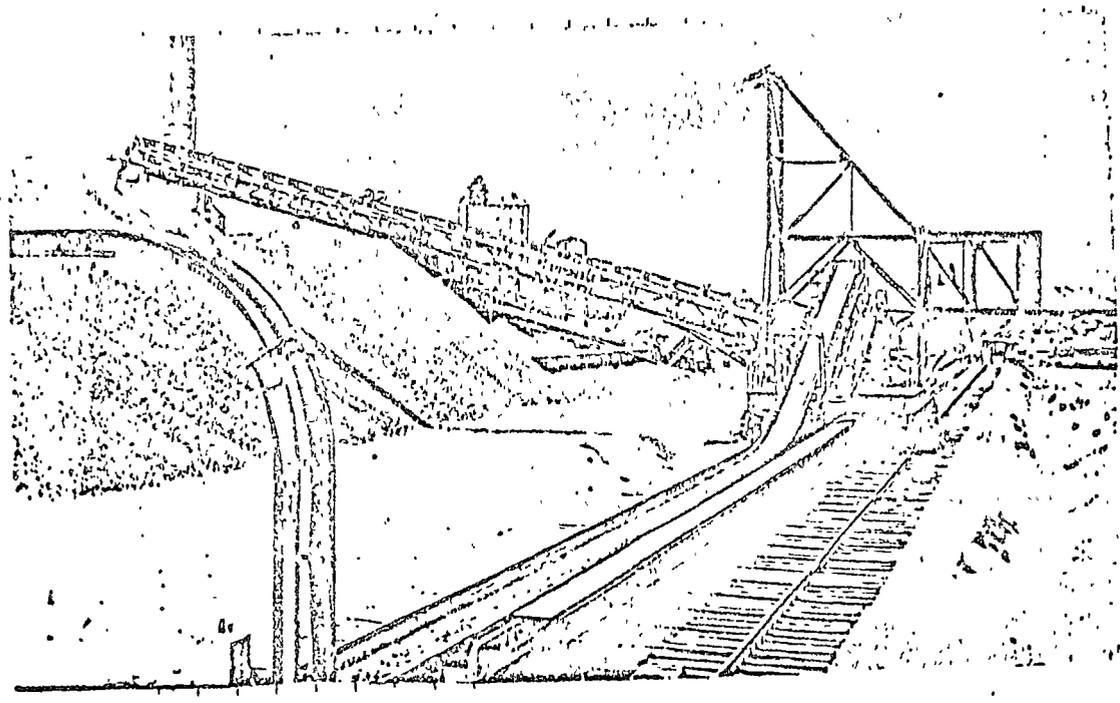


Figura 38

Sistema estacionario de transporte de agregados y almacena --
 miento sobre el terreno, a base de transportadores con puntos de --
 descarga variables a lo largo de su longitud (Tripper)

E) Elevadores de Cangilones

Es un tipo de equipo de elevación de materiales a granel, que -
 consiste básicamente en una serie de botes o cangilones montados -
 bien sobre cadenas o bien sobre una banda de hule. Tanto las cade -
 nas como la banda están animadas de movimiento líneal, que perm -
 ite la elevación de los materiales recogidos por los cangilones en la
 tolva de recepción situada en la parte inferior del elevador.

Si bien es un equipo muy utilizado en las Industrias de la cal, -
 cemento, yeso y en minería, en las instalaciones de agregados pé -

treos ha visto muy disminuida su utilización, con el desarrollo de los transportadores de banda, que en muchos casos sustituyen ventajosamente a los elevadores de cangilones.

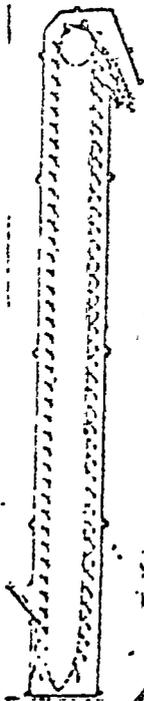


Figura 39
Elevador de Cangilones
montados sobre banda -
tipo continuo.

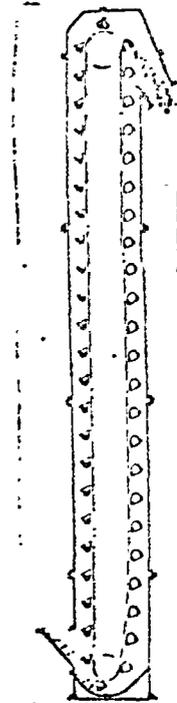


Figura 40
Elevador de Can-
gilonos montados
sobre cadena, ti-
po de descarga -
centrífuga.

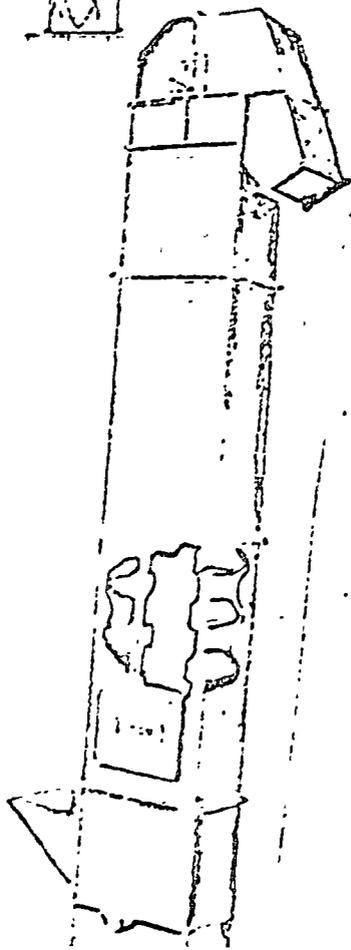


Figura 41
Elevador de Cangilones Vertical, montados so-
bre cadena, cerrado, especial para la eleva-
ción de productos minerales finos y pulvuru-
lentos.

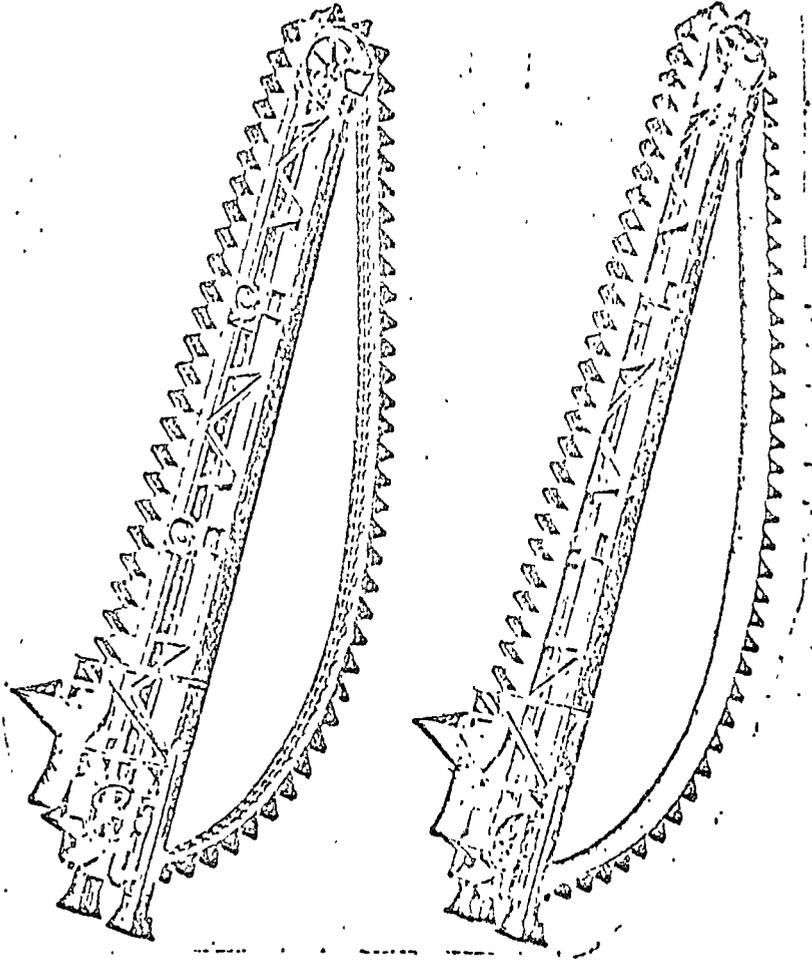


Figura 42

Elevadores de Cangilones montados sobre banda, inclinados, --
abiertos, indicados para la elevación y manejo de gravas y arenas --
de construcción.

IV. TENDENCIAS ACTUALES EN LA SELECCION DEL EQUIPO DE TRITURACION PARA INTEGRAR GRUPOS MOVILES

Se hará especial referencia a los equipos de trituración destinados a elaborar los agregados pétreos necesarios para la construcción de sub-bases, bases, carpetas asfálticas y materiales de sello para la construcción de carreteras y aeropuertos.

Desde hace poco más de 20 años se ha venido observando en todo el mundo, una evolución muy rápida en las técnicas de construcción de caminos, evolución que ha puesto a los contratistas y a los productores de agregados pétreos, frente a problemas completamente nuevos que han ocasionado modificaciones substanciales en el concepto de sus plantas, así como en las técnicas de producción. Dicha evolución parece haber alcanzado a la fecha, un cierto grado de estabilidad.

Los materiales pétreos destinados a formar las diversas capas que constituyen un camino, lógicamente han seguido muy de cerca la evolución de las técnicas de construcción. En efecto, en tiempos pretéritos se utilizaban términos tales como piedra de 2", grava de 3/4", arena a secas, etc. que generalmente definían un producto que era utilizado para todo tipo de trabajos de construcción. Hoy en día la tecnología de la construcción ha cambiado radicalmente. Por ejemplo, el diseño del concreto hidráulico requiere agregados pétreos completamente distintos a los que se necesitan en la construcción de una carretera. Por esta razón el

equipo que necesite cada uno de estos productos, tendrá características peculiares de acuerdo con el tipo de agregados a producir, situación que no prevalecía, por ejemplo: en los años treinta cuando el productor de agregados con una sola quebradora producía un agregado adecuado para todas las necesidades.

Hoy en día una planta moderna, fija o portátil, es mucho más compleja y representa un capital elevado invertido, obteniéndose sin embargo, costos unitarios inferiores al utilizar el equipo idóneo, con producciones elevadas de productos de alta calidad.

Se hará aquí particular referencia al equipo de trituración utilizado en la elaboración de materiales para sub-bases, bases, carpetas y sellos empleados en la construcción de caminos y autopistas.

Las primeras de dichas máquinas (secundarias) producen materiales en el rango de 1" a 3" de tamaño, las terciarias con cámara fina materiales en el rango de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " y las cuaternarias materiales en el rango de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{3}{8}$ " de tamaño máximo, en términos generales.

Es de hacer notar, el hecho de que en problemas de trituración total, tanto en los materiales de base (0 - $\frac{1}{2}$ ") como en los de carpeta, se encuentra un déficit de materiales finos abajo de la malla número 10 (2 milímetros aproximadamente). Para hacer que la curva granulométrica quede dentro de especificaciones, es necesario "levantarla" (figura # 43) adicionando finos que bien

pueden obtenerse a partir de arenas naturales en bancos próximos a la explotación, o bien producirlos artificialmente en un proceso cuaternario de reducción.

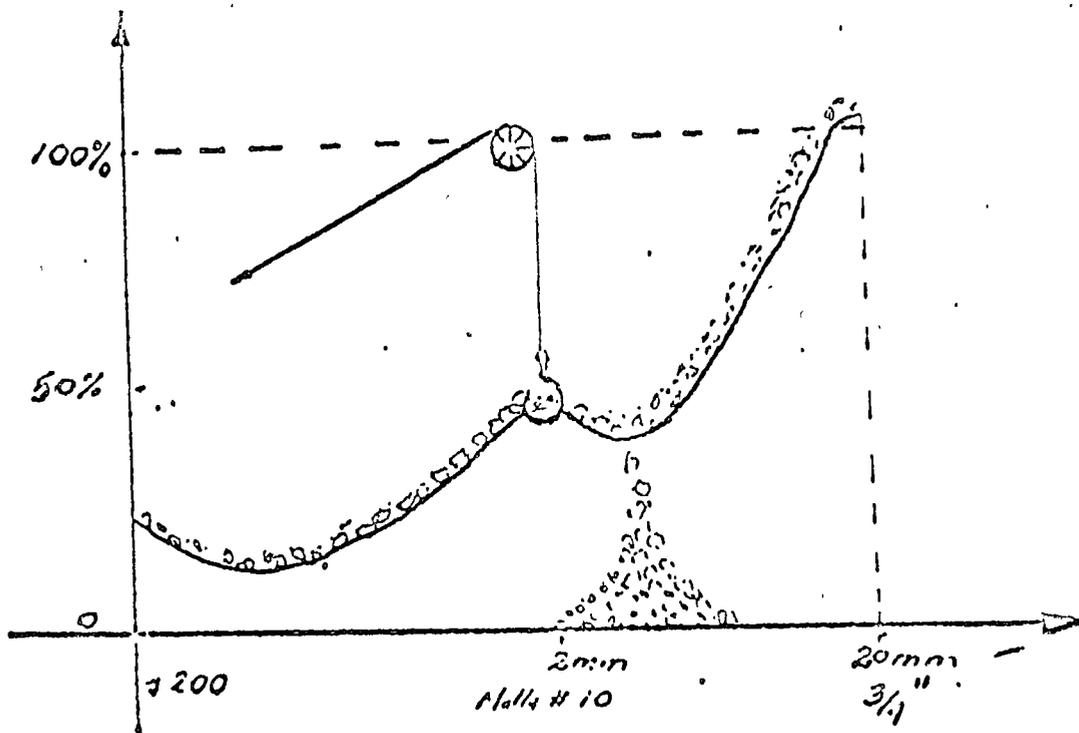


Figura 43

Una mezcla asfáltica será tan buena, como buenos sean los - agregados que se emplearon para elaborarla, por lo tanto, el control de calidad para el producto de una planta de asfalto sea del tipo continuo o del tipo de bacha, debe empezar por los agregados - pétreos en la alimentación de las mismas (figura 44). Si no se tienen agregados con la correcta granulometría a la entrada, será imposible obtener un producto de calidad. El problema de la construcción de bases y carpetas para caminos y autopistas, empieza pues, con el problema de trituración.

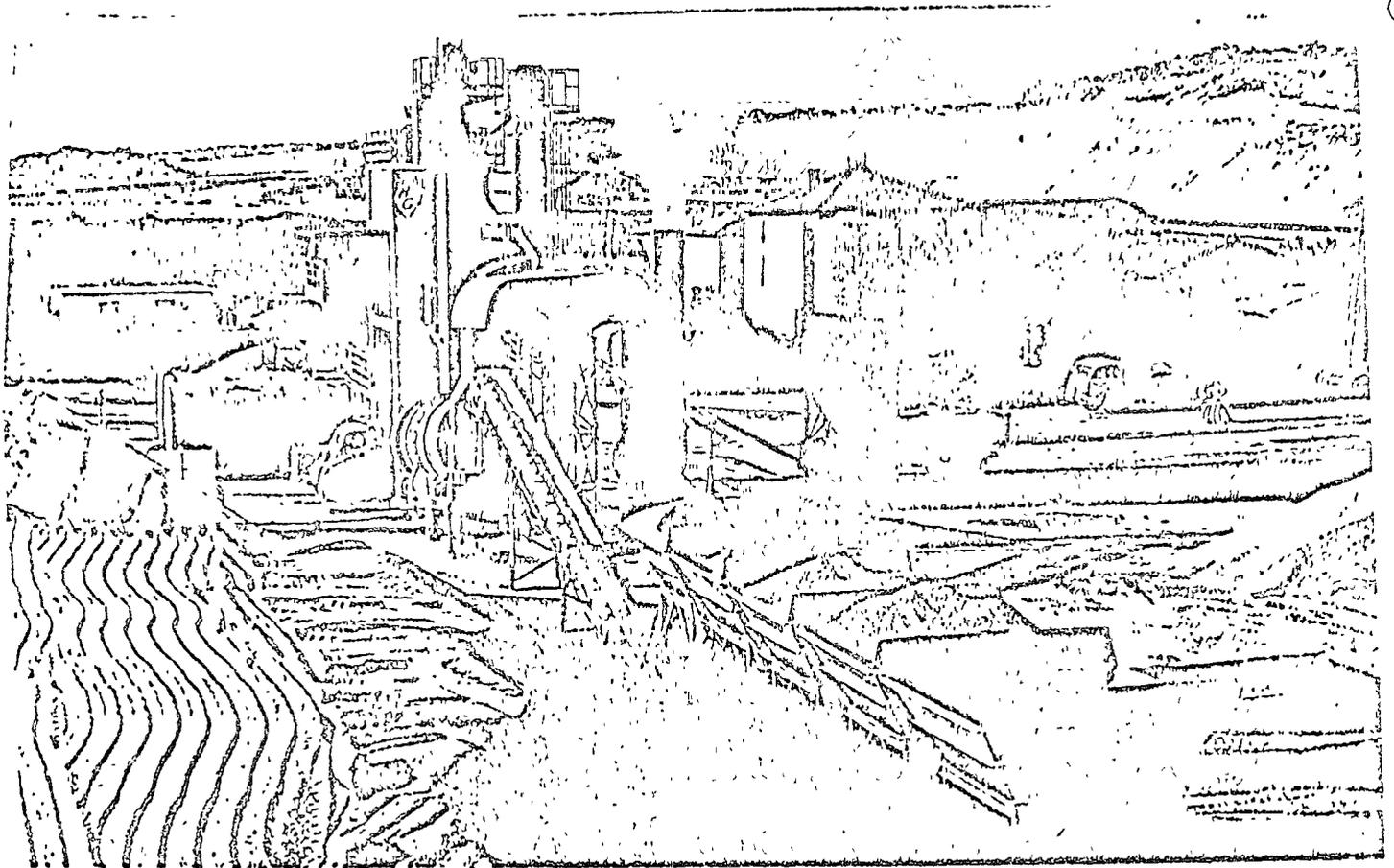


Figura 45. Sistema de alimentación de agregados pétreos de cinco tamaños, para una planta de asfalto.

Un problema de trituración quedará correctamente resuelto, - si se cuenta con el equipo idóneo, en cada proceso de reducción es tablecido en la planta.

Se había visto, que en lo que respecta a la trituración primaria, el equipo seleccionado universalmente como el apropiado en - todos los casos para integración de los grupos móviles camineros, lo constituyen las quebradoras de quijadas.

Por lo que respecta al equipo secundario y terciario, se puede resumir lo expresado anteriormente, en el cuadro siguiente :

Tipo de Trituradora	Índice de Reducción	Coefficiente de forma del producto.	Grado de abrasividad recomendado de la roca.	Consumo específico de energía
Rodillos	Bajo: $3 \div 1$	Bajo: Muchas lascas	Poco abrasiva	Normal
Martillos e Impacto	Muy alto : $20 \div 1$	Muy bueno	No abrasiva	Muy alto
Conos	Alto: $10 \div 1$	Bueno	Todo tipo de rocas.	Normal

Del examen de la tabla anterior, se deduce que el tipo de trituradora más versátil, capaz de triturar eficiente y económicamente todo tipo de rocas, cualidad indispensable para los grupos móviles camineros, por la diversidad de bancos en los cuales van a trabajar a todo lo largo de su vida útil, son las trituradoras de cono, que cuentan además con un elevado índice de reducción y dan productos con un buen coeficiente de forma teniendo consumos específicos de energía (kilowatts por tonelada producida) muy razonables.

Por las razones anteriormente expuestas, y una vez roto el "tabú" de que las trituradoras de cono eran máquinas de mecánica complicada y de operación y mantenimiento delicados y complejos, su uso se ha popularizado entre los constructores de caminos y au

topistas, para integrar los grupos móviles de trituración secundaria y terciaria, en un principio en los tamaños de 86" y en la actualidad en los tamaños de 48" y 66"; de muy elevada capacidad; que al bien tienen mayores costos de adquisición, se compensa con creces este factor, por los bajos costos de producción que se obtienen y el poco tiempo en el que trituran los volúmenes asignados para cada banco.

El modo de disposición de las máquinas de trituración sobre los chasis-remolque para integrar los grupos móviles ha variado desde el sistema "Dual" preferido hace 25 años aproximadamente, en tiempo de la postguerra, que fue cuando se inició el gran auge de las plantas portátiles o grupos móviles para equipar a los constructores de caminos.

Dicho sistema "Dual", consiste en instalar sobre el mismo chasis-remolque, la quebradora primaria de quijadas, la trituradora secundaria de rodillos, la criba vibratoria, la rueda de canchales de elevación, las bandas de evacuación y recirculación, etc. En las figuras 46, 47 y 48, pueden apreciarse el aspecto exterior de dichos grupos móviles "Dual", y en las figuras 49 y 50 dos ejemplos del flujo de materiales en dicho sistema "Dual".

Debido a que dicho dispositivo de arreglo daba unidades de grandes dimensiones, muy pesadas, de difícil mantenimiento y operación, en los últimos años se ha adoptado el sistema de grupos móviles "Unitarios".

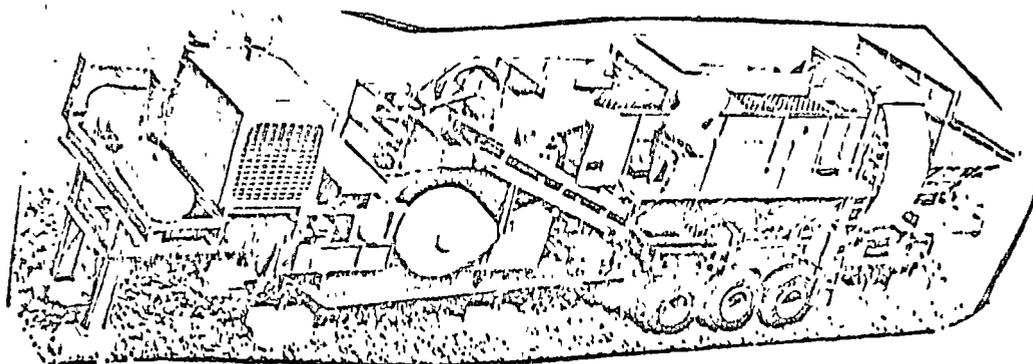


Figura 46

Grupo móvil "Dual" de trituración primaria y secundaria, con quebradora de quijadas, trituradora de rodillos y criba vibratoria horizontal, con rueda de cángilones de elevación.

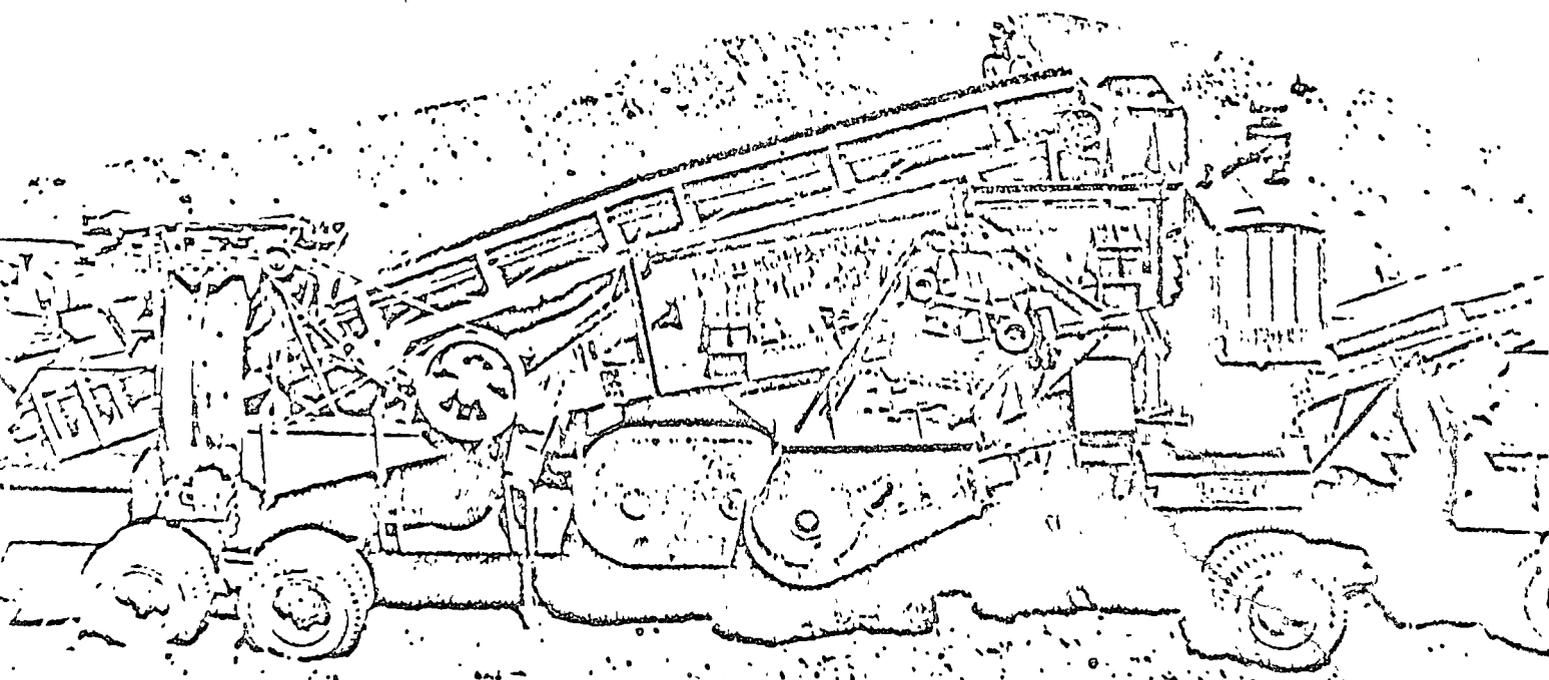


Figura 47

Grupo móvil "Dual", con quebradora de quijadas, trituradora de rodillos y criba vibratoria inclinada.

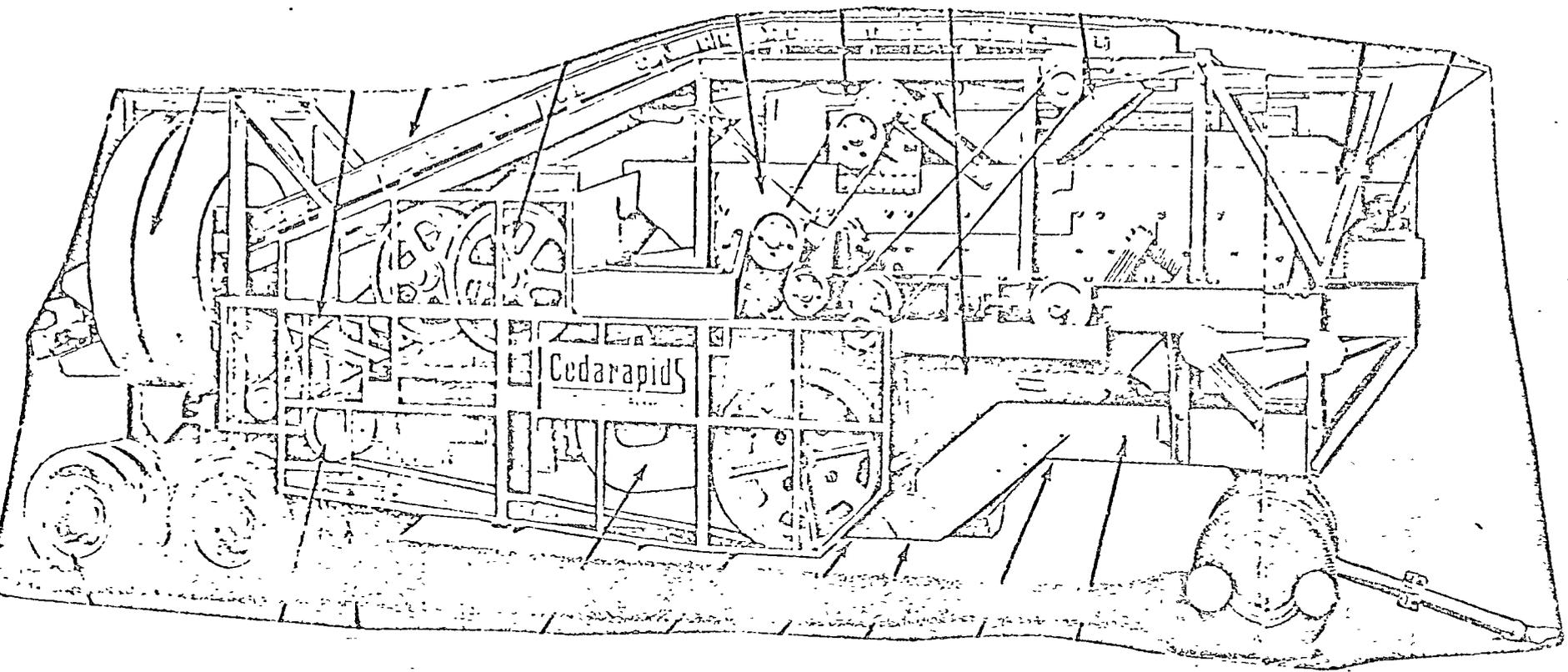


Figura 48

Grupo móvil "Dual" con quebradora primaria de quijadas gemelas (doble quijada móvil)
trituradora de rodillos, criba vibratoria horizontal y rueda de cangilones de elevación.

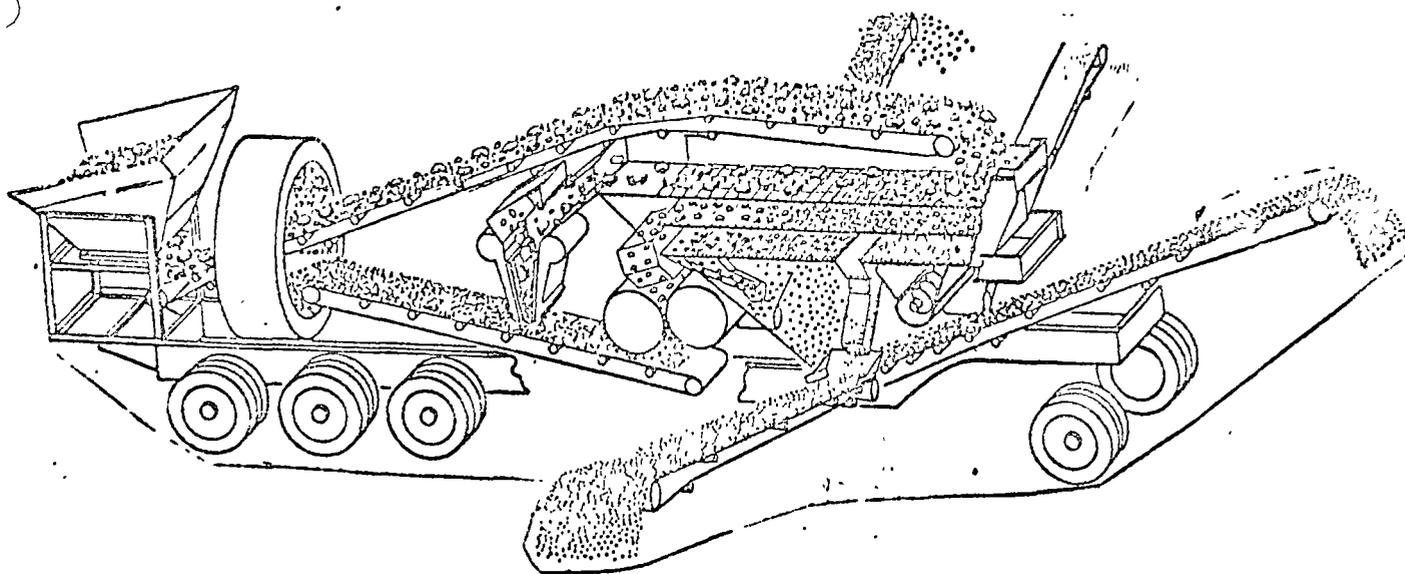


Figura 49

Esquema de flujo de materiales de un grupo móvil "Dual", -- con tolva de recepción del material de alimentación, alimentador de plato, con producción de cuatro tamaños de agregados.

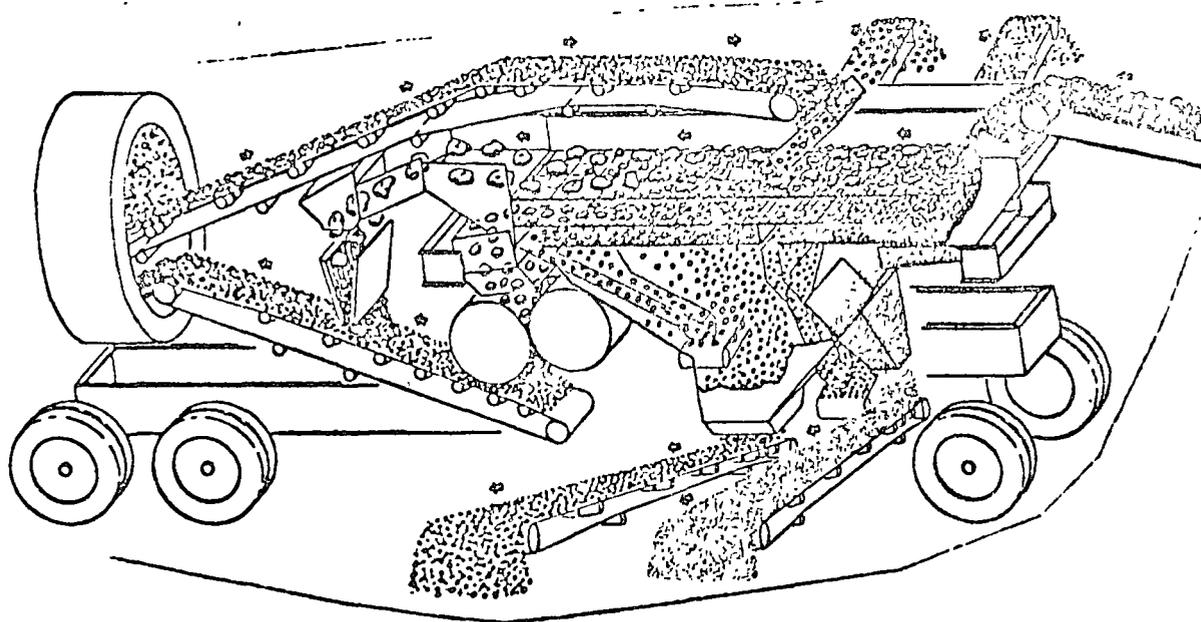


Figura 50

Esquema de flujo de materiales de un grupo móvil "Dual", -- con alimentación directa a la criba por medio de un transportador

de banda, o sea que cada unidad portátil realiza una sola función - de trituración, de alimentación o cribado.

Para la Integración de dichos grupos móviles "Unitarios", la experiencia ha indicado que la quebradora de quijadas es la máquina más adecuada para realizar la etapa primaria de trituración, - mientras que las trituradoras de cono en sus versiones de cabeza standard y corta, son las máquinas apropiadas para realizar las - etapas secundaria y terciaria de reducción de materiales pétreos.

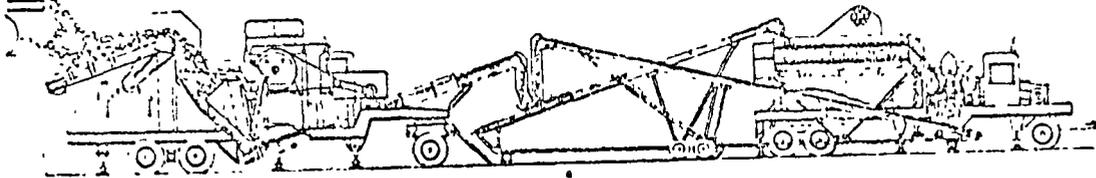
En casos de unidades de muy elevada producción, se prefiere poner los alimentadores y cribas en remolques por separado, con el objeto de no tener unidades de pesos exagerados que hagan muy difícil su transporte por las carreteras ordinarias.

Se procurará trabajar la última etapa de trituración siempre en circuito cerrado, con el objeto de tener un control del tamaño - máximo del producto, así como una mezcla de la fracción triturada con la natural, para tener un agregado homogéneo.

El esquema mostrado en la figura 51, muestra la disposición - típica de un grupo móvil primario y de un grupo móvil secundario de trituración, trabajando a circuito cerrado, con sus respectivas bandas transportadoras de conexión, recirculación y almacenamiento de los productos.

GRUPOS MOVILES DE TRITURACION A CIRCUITO CERRADO

CORTE ESQUEMATICO LONGITUDINAL



FLUJO DE MATERIALES CON PRIMARIO DE QUIJADAS Y SECUNDARIO DE CONOS

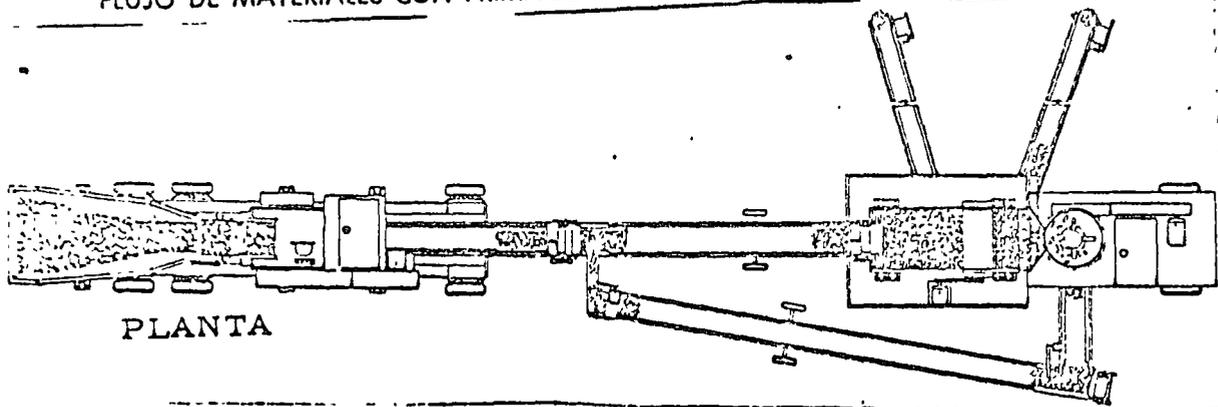


Figura 51

En las figuras 52, 53, 54, 55, 56, 57 y 58, pueden apreciarse diversos ejemplos de integración de grupos móviles "Unitarios" de alimentación, trituración primaria, secundaria y terciaria, cribado y lavado de materiales pétreos, que es el sistema empleado actualmente en las plantas modernas portátiles de producción de agregados.

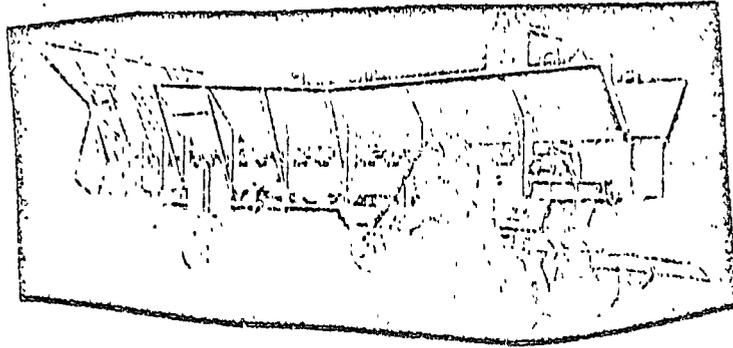


Figura 52

Grupo móvil de alimentación, con alimentador de delantal de
42" x 30'.

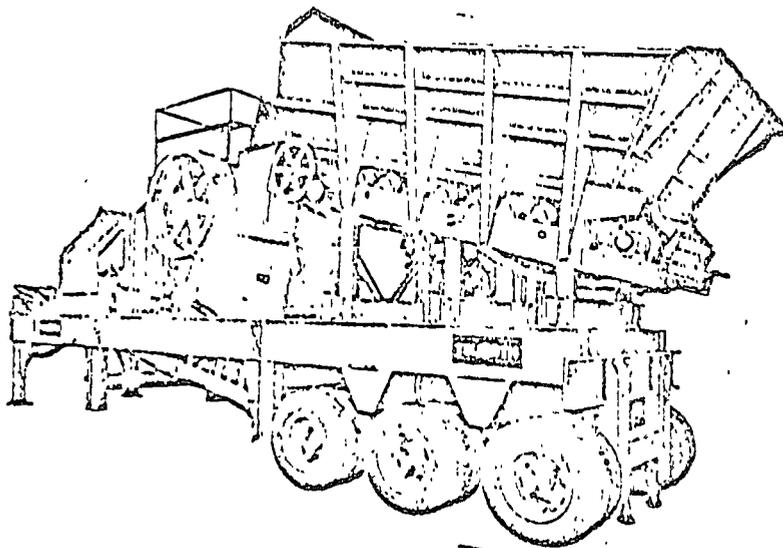


Figura 53

Grupo móvil de trituración primaria con quebradora de quijadas
30" x 42'.

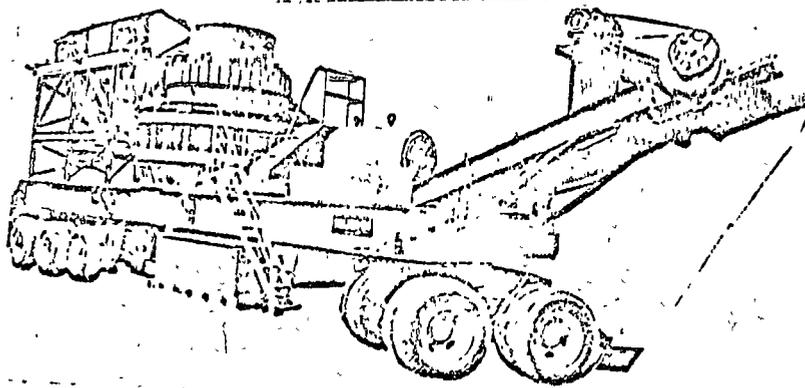


Figura 54

Grupo móvil de cribado y trituración secundaria con criba vibratoria de dos pisos 5' x 12', trituradora de cono 489S (4') trabajando a circuito abierto.

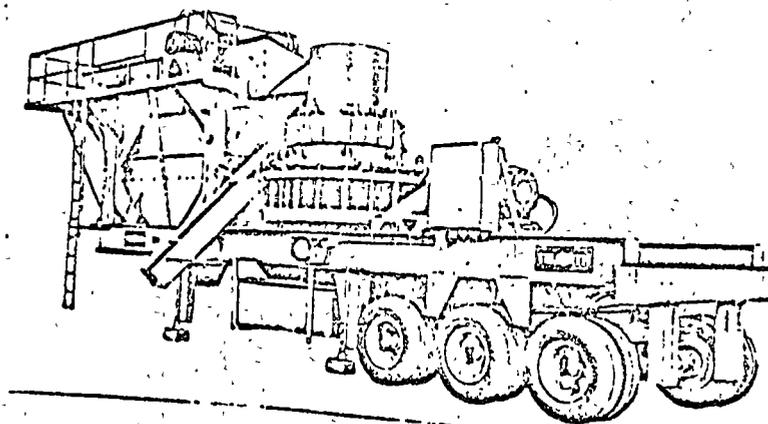


Figura 55

Grupo móvil de cribado y trituración terciaria, con criba vibratoria horizontal de dos pisos 5' x 16', y trituradora terciaria de cono 48 FC (4'), trabajando a circuito cerrado.

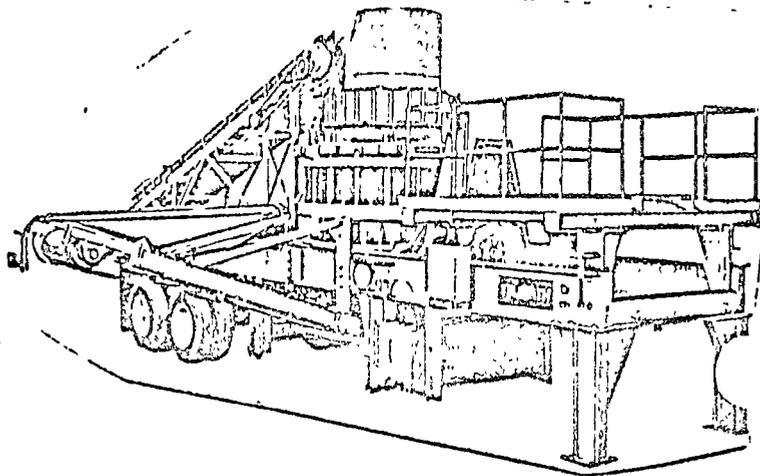


Figura 56

Grupo móvil de trituración secundaria exclusivamente, con —
trituradora de cono 66 S (5½'), trabajando en circuito cerrado.

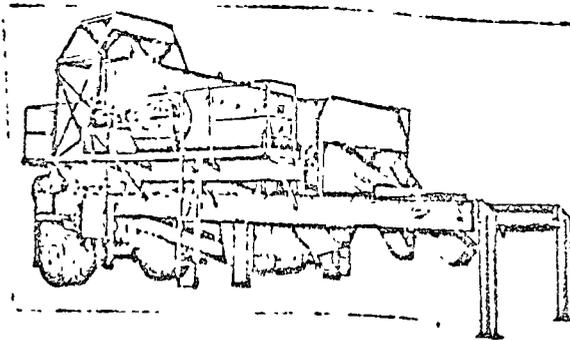


Figura 57

Grupo móvil de cribado por vía seca, equipado con criba vi —
bratoria inclinada de dos pisos 7' x 16'

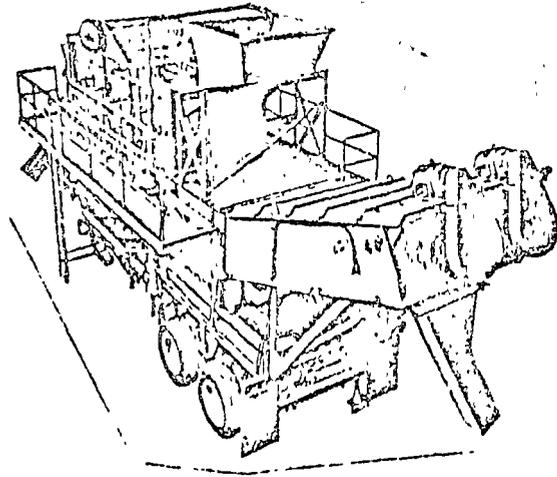


Figura 58

Grupo móvil de cribado y lavado, equipado con una criba vibratoria horizontal 5' x 14' de tres pisos, con flautas de riego, y gusano lavador doble de 30" x 25'.

En la integración de las plantas portátiles modernas de producción de agregados, se procura siempre que sea posible, equipar a las máquinas con motores eléctricos debido a que los motores de combustión interna son muy sensibles a desgastes por los polvos que se producen en este tipo de trabajo.

Si no existe suministro por línea de energía eléctrica, se deberá adquirir un grupo electrógeno que se instalará al abrigo de los polvos producidos, para proporcionar la energía eléctrica requerida por los motores de cada componente de la planta portátil.

Las tendencias actuales entre los grandes constructores de caminos, es la de utilizar equipos de elevadas producciones, sin más limitaciones que su portabilidad, para obtener bajos costos de producción, y poder cumplir con la elaboración de los volúmenes

de agregados especificados, en un plazo de tiempo relativamente corto.

Por lo que respecta a las quebradoras primarias de quijadas, en la actualidad los tamaños preferidos por los constructores de caminos, para los cuales ya existen diseños de unidades portátiles son: 20" x 36", 25" x 40", 30" x 42", 36" x 46" y 44" x 48", cuya producción se balanceará con los tamaños respectivos de las trituradoras secundarias y terciarias de cono: 36" (3'), 48" (4'), 57" (4³/₄') y 66" (5¹/₂').

Las cribas vibratorias más utilizadas, de preferencia horizontales, porque requieren menor espacio vertical de instalación, son en sus versiones de dos y tres pisos, las siguientes: 4' x 12', 4' x 14', 5' x 12', 5' x 14', 5' x 16', 6' x 16', 6' x 18', 6' x 20', 7' x 16', 7' x 18', 7' x 20', 8' x 18', 8' x 20' y 8' x 22'. Para los tamaños superiores a 5' x 16', se procurará instalar la criba por separado en un chasis-remolque individual, para no tener un grupo móvil secundario o terciario de muy elevados peso y dimensiones.

Ultimamente, ciertos fabricantes de equipo de trituración, han diseñado un tipo de criba vibratoria horizontal con excéntrico inferior, la cual instalada en los grupos móviles de trituración secundaria y terciaria, permiten su transporte por carretera, sin necesidad de desmontar la criba, o bajarla de su posición de trabajo, para poder pasar los pasos superiores o inferiores que se en-

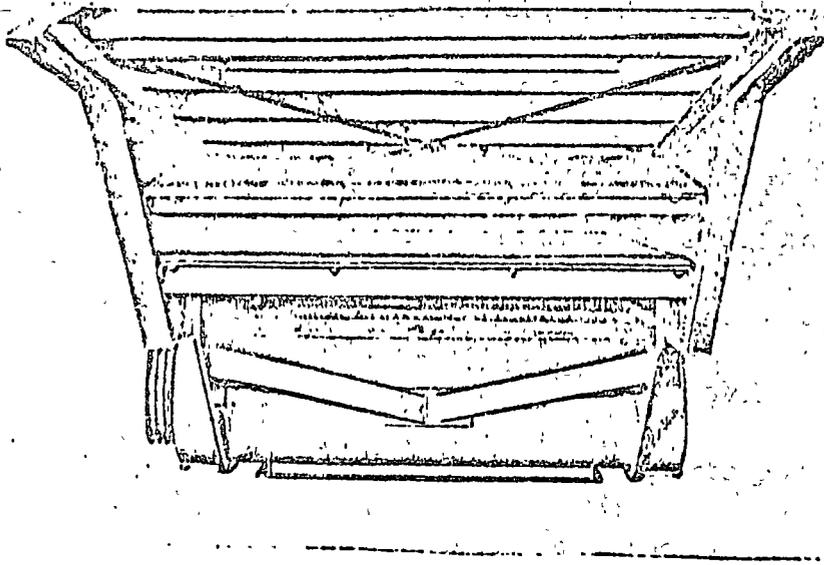


Figura 59

Criba vibratoria horizontal de dos pisos, con el mecanismo -
excéntrico instalado en la parte inferior del bastidor.

Esta cualidad del nuevo diseño de grupos móviles de "bajo perfil", permite ahorrar tiempo en el cambio de estos equipos, ya que no se requiere hacer ninguna maniobra adicional de acomodo o desmontaje; estando siempre listo el grupo móvil para su traslado.

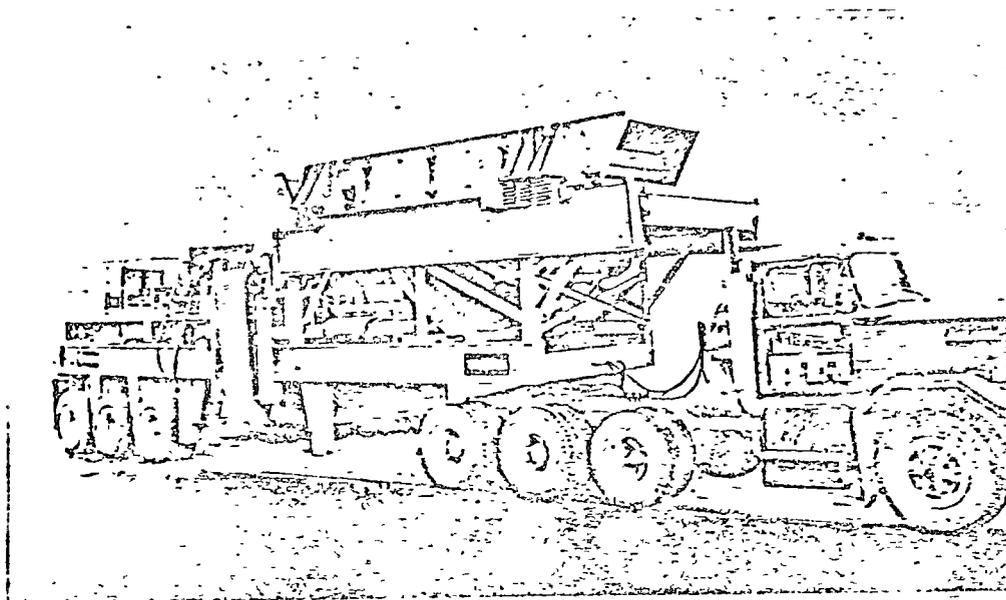
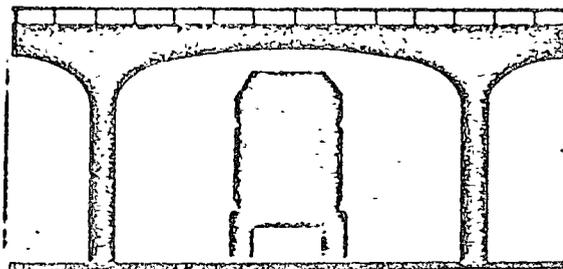


Figura 60

Grupo móvil de trituración secundaria de "bajo perfil", trasladándose para explotar un nuevo banco de agregados, con todos sus componentes (criba, trituradora, etc.) en posición de trabajo.

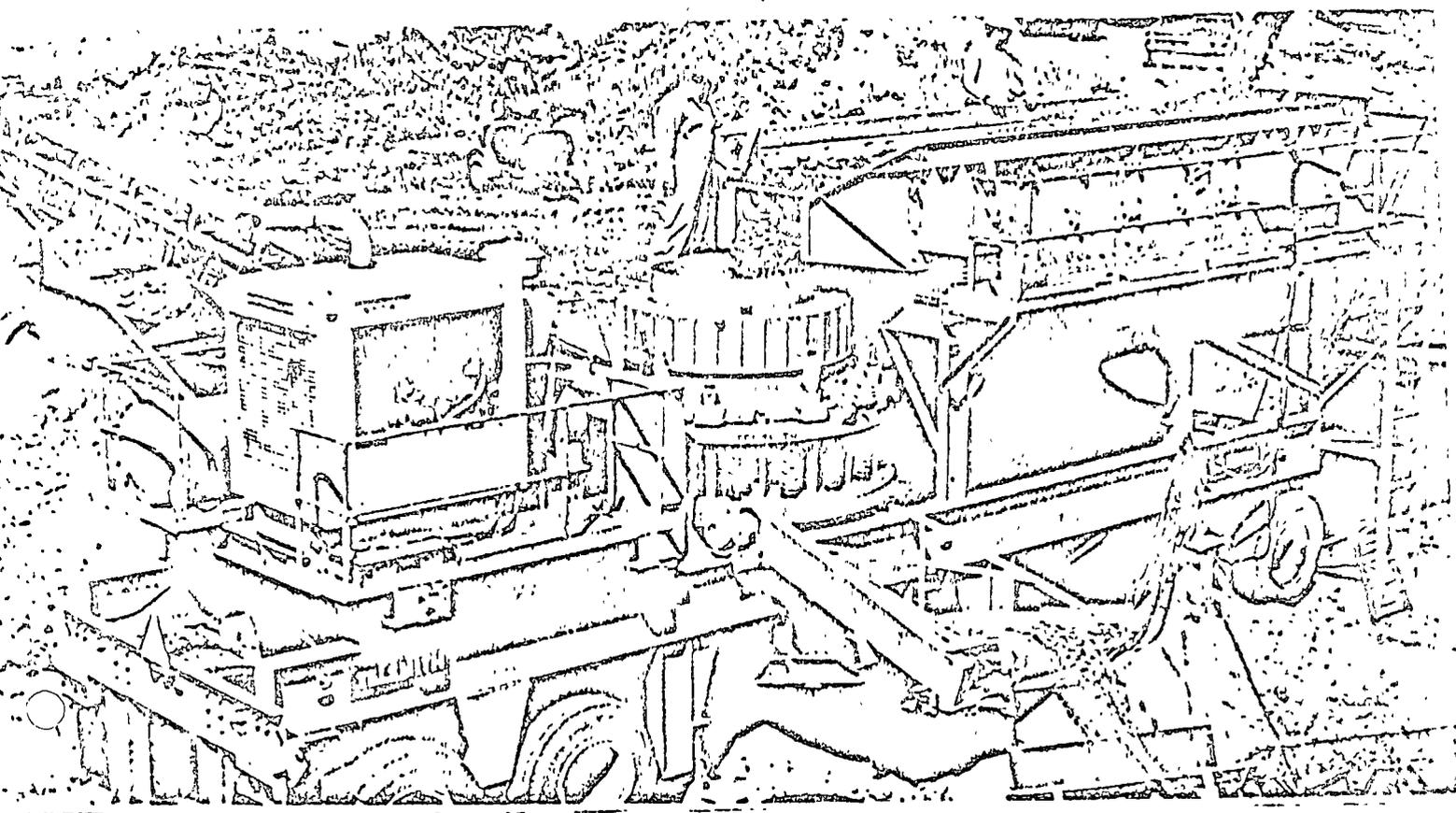


Figura 61

Grupo móvil de trituración secundaria de "bajo perfil", en posición de trabajo, pocas horas después de haber llegado de su ubicación anterior, con criba vibratoria horizontal de excéntrico inferior 5' x 16' de dos pisos, y trituradora de cono 48 S (4').

Se pueden establecer de lo expuesto anteriormente, las siguientes :

CONCLUSIONES

10. La evolución en las técnicas de construcción de caminos y autopistas, ha conducido a establecer la utilización de agregados pétreos mucho más elaborados, con controles de calidad más

estrictos que los que se utilizaban anteriormente, situación - que se ha reflejado particularmente en los materiales de base y de carpeta, que tienen hoy en día especificaciones muy rigurosas.

20. Los productores de agregados pétreos han tenido que seguir - muy de cerca la evolución de dichas especificaciones, debiendo adaptar sus equipos a la producción de los agregados de calidad exigidos.
30. Se considera que la trituradora de cono, es la máquina icónea para integrar los grupos móviles secundarios y terciarios, -- por sus cualidades intrínsecas y su versatilidad para processar cualquier tipo de roca.
40. Las tendencias modernas en la constitución de las plantas portátiles de trituración, es la de emplear máquinas básicas cada vez de mayores capacidades, en quebradoras de quijadas - los tamaños de 30" x 42" y 42" x 48" y en trituradoras de cono los tamaños de 48" y 66", capaces de producir del orden de 350 toneladas por hora de materiales de base (0 -1 "), a - costos de producción reducidos y cumpliendo los programas - de trabajo en corto plazo, con las ventajas inherentes de estos hechos.

V. EJEMPLO NUMERICO DE CALCULO

Para que el constructor de obras de ingeniería, pueda selec -

cionar adecuadamente el equipo de trituración necesario para la producción de agregados pétreos, es indispensable que por lo menos, tenga los siguientes cuatro datos fundamentales :

- 1o. Naturaleza geológica de la roca
- 2o. Tamaño máximo a la alimentación de la quebradora primaria y en caso de ser una trituración parcial, la granulometría media del banco de agregados naturales.
- 3o. Producción requerida en toneladas por hora.
- 4o. Granulometría del producto a la salida (dimensiones y porcentajes).

La ausencia de cualquiera de estas cuatro informaciones básicas puede dar como consecuencia el seleccionar o bien un equipo menor en capacidad del necesario, o bien un equipo de mayor capacidad y por lo tanto mayor costo; siendo en ambos casos los perjuicios técnicos y económicos muy considerables para el usuario.

Con ayuda de tablas de producciones y curvas granulométricas elaboradas por los fabricantes de este tipo de equipo, se resolverá el siguiente problema de selección de equipo de trituración y cribado.

- 1o. Banco de basalto limpio, de dureza media.
- 2o. Tamaño máximo de la roca a la alimentación de 18".
- 3o. Se requiere una producción de 90 toneladas cortas (2000 libras) por hora.
- 4o. Tamaños del producto a la salida :

$3/8'' - 3/4''$

$0 - 3/8''$

Para elaboración de carpeta asfáltica.

En términos generales, en la etapa primaria de reducción, se reduce la roca natural a un tamaño máximo entre 4" y 10" por medio de una quebradora primaria. En la etapa secundaria, se reducirá el producto de la trituración primaria, a un tamaño entre $1\frac{1}{2}''$ y 3". En la trituración terciaria, se reducirá el producto de la trituración secundaria a un tamaño menor de $3/4''$.

La primera máquina que deberá seleccionarse es la quebradora primaria; siendo el alimentador seleccionado a continuación, de acuerdo con el ancho de la boca de la quebradora primaria.

Haciendo uso de las tablas de capacidades de las quebradoras de quijadas, que es el tipo de quebradora primaria utilizado en los trabajos de Ingeniería civil, se ve que una quebradora de quijadas con boca de admisión de 20" x 36", además de admitir sin problemas rocas de 18", tiene una capacidad entre 70 a 125 toneladas por hora (de acuerdo con la dureza del material), a una abertura de salida de 3". Suponemos que para un basalto de dureza media, nos puede dar sin problema 90 toneladas por hora. En caso de materiales blandos (calizas, dolomitas, yeso, carbón), podemos considerar la capacidad máxima indicada de 125 toneladas por hora; mientras que en caso de materiales muy duros y abrasivos (cantos rodados de río, mineral de hierro y trapp), debemos conside-

rar la capacidad mínima indicada de 70 toneladas por hora.

A continuación utilizando la curva granulométrica respectiva, vemos que la quebradora de quijadas 20" x 36", con una abertura de salida de 6" nos da material con un tamaño máximo de 5", anotando para nuestro balance granulométrico, los porcentajes producidos de los tamaños entre 5" y 1½", 1½" y ¾", ¾" y ⅜" y ⅜" y 0, anotándolos en la tabla de registro elaborada para tal propósito.

La fracción entre 1½" y 5", requerirá trituración secundaria, para reducirla toda a material menor de 1½". Utilizando la tabla de producción respectiva, seleccionamos una trituradora secundaria de cono modelo 36 S (3'), la cual abierta a ¾" en la salida, tritura las 55 toneladas por hora de material de 1½" - 5". Utilizando la curva granulométrica respectiva, se anotan en la tabla de registro los porcentajes y toneladas por hora de los materiales producidos.

Al realizar el balance granulométrico de las etapas primaria y secundaria, se ve que quedan 44.5 toneladas por hora de material entre ¾" y 1½" que es necesario reducir en una etapa terciaria a material menor de ¾". Por medio de la tabla de capacidades respectiva, se selecciona para realizar esta reducción, una trituradora terciaria de cono, modelo 36 FC (3'), la cual abierta a 7/16" en la salida produce 44.5 toneladas por hora de material menor de ¾".

Después de efectuar la cuantificación de los porcentos y toneladas por hora de materiales de 0 - 3/8" y 3/8" - 3/4" producidos en esta etapa, utilizando la curva granulométrica respectiva, se anotará el resumen final del producto producido en las tres etapas de reducción.

Se elaborará a continuación el diagrama de flujo (Flow-Sheet) del proceso, haciendo trabajar tanto la quebradora primaria de quijadas 20" x 36" como la trituradora secundaria de conos 36S (3'), en circuito abierto, y la trituradora de conos terciaria 36FC (3'), en circuito cerrado, para tener control del tamaño máximo del producto final.

Si se trata de una instalación portátil o móvil, se dispondrán en chasis-remolques separados: alimentador y quebradora primaria de quijadas, criba-scalper y trituradora secundaria, criba de productos y trituradora terciaria, con las bandas transportadoras de conexión, recirculación y almacenamiento necesarias para establecer el flujo de la planta.

La ventaja de disponer el equipo en grupos móviles de "función unitaria", además de tener unidades de más fácil transporte, operación y mantenimiento, es la de contar con grupos móviles autónomos que pueden trabajar por separado; es decir, en caso por ejemplo, de explotación de un banco de agregados naturales de río, pudiera no necesitarse el grupo primario, o el grupo primario y el secundario, solamente necesitándose el grupo terciario, y

por lo tanto, se produciría el material necesario con un costo mínimo; ya que únicamente se utilizaría el equipo que realmente se requiriera de acuerdo con el material natural disponible y el producto que debe elaborarse.



Figura 62

Planta portátil de trituración, con los grupos móviles primario y secundario en circuito abierto, y el grupo móvil terciario en circuito cerrado. Nótese en la parte inferior derecha, la alimentación de roca a la quebradora primaria de culjadas, por medio de un alimentador-grizzle vibratorio. Todas las unidades son accionadas por medio de motores eléctricos.

Para el cálculo de la criba, con el auxilio de las tablas de factores, elaboradas por los fabricantes de este tipo de equipo, se aplicará la fórmula siguiente :

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{\text{Alimentación menos sobretamaño}}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

Fórmula en la cual :

A = Capacidad específica de la malla en toneladas por hora por pie cuadrado de malla.

B = Factor en función del porcentaje de sobretamaño en la alimentación a la criba.

C = Factor en función del porcentaje de la eficiencia de cribado deseada.

D = Factor en función del porcentaje de material menor a la mitad de la malla calculada, contenido en el material alimentado.

E = Factor en función de la abertura de la malla, cuando se criba por vía seca se tomará este factor igual a la unidad.

F = Factor en función del orden que tenga la malla calculada en la criba. En la actualidad, se utilizan cribas de uno,

dos y tres pisos. En caso de criba de dos o tres pisos, se calculará cada una de las mallas separadamente, y para seleccionar el tamaño de la criba, registrará la malla mayor.

En el problema resuelto anteriormente, la hoja de flujo muestra que la criba de productos tiene dos mallas: 3/4" y 3/8" y que trabaja en circuito cerrado.

10. Cálculo de la malla de 3/4" :

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{134.5 - 44.5}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

A = Para grava triturada : 1.80 toneladas por hora por pie cuadrado malla de 3/4".

$$B = \text{Para sobretamaño de : } \frac{44.5}{134.5} \times 100 = 33\% : - 0.97$$

C = Porcentaje de eficiencia de cribado deseada; 94% : - 1.00

$$D = \text{Porcentaje de material inferior a 3/8" : } \frac{46.1}{134.5} \times 100 =$$

34% : - .88

E = Para cribado por vía seca : - 1.00

F = Para el primer piso : - 1.00

Substituyendo estos valores en la fórmula

$$A_{3/4"} = \frac{90}{1.80 \times .97 \times 1.00 \times .88 \times 1 \times 1} = \frac{90}{1.54} = 58 \text{ pies cuadrados}$$

Para la malla de 3/8" del segundo piso, el cálculo será :

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{90.0 - 43.9}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

A = Para grava triturada, malla de 3/8" : 1.19 toneladas por hora por pie cuadrado.

73

$$B = \text{Para sobretamaño de } \frac{48.9}{90} \times 100 = 49\% : - 0.90$$

$$C = \text{Porcentaje de eficiencia de cribado deseado: } 94\% : - 1.00$$

$$D = \text{Porcentaje de material inferior a } 3/16'' : - 60\% : - 0.60$$

$$E = \text{Para cribado por vía seca : } 1.00$$

$$F = \text{Para el segundo piso : } 0.60$$

Substituyendo estos valores en la fórmula :

$$A_{3/8''} = \frac{46.1}{1.19 \times .9 \times 1 \times .8 \times 1 \times .9} = \frac{46.1}{.78} = 59 \text{ pies cuadrados}$$

Puesto que 59 pies cuadrados es mayor que 58 pies cuadrados, en este caso regirá el piso inferior de malla 3/8" para seleccionar el tamaño de la criba.

Se seleccionará una criba vibratoria horizontal de dos pisos, de 5' de ancho por 12' de longitud, con una área efectiva de cribado de : $5' \times 12' = 60$ pies cuadrados.

En la integración de plantas portátiles, se prefiere a las cribas horizontales sobre las cribas inclinadas, debido a que las primeras tienen necesidad de menor espacio vertical de instalación, cualidad muy importante para el traslado por carretera de los grupos móviles, ya que con las cribas horizontales se obtienen alturas de la unidad sensiblemente menores a las de los mismos grupos móviles equipados con cribas inclinadas.



Figura 63

Planta portátil de trituración y cribado por vía seca, mos —
trándose la descarga de roca del camión a la tolva de recepción —
del grupo primario y las bandas transportadoras portátiles de co—
nexión del grupo primario al secundario, y del grupo secundario —
al terciario.

BALANCE GRANULOMETRICO

TABLA DE REGISTRO

Tamaño de los materiales	Trituración primaria quebradora de qui- das 20" x 36" abier- ta a 3", produce 90 toneladas por hora		Trituración secundaria trituradora de conos - 36S abierta a 3/4", - produce 55 toneladas - por hora		Resumen de las etapas - primaria y secundaria		Trituración terciaria trituradora de conos- 36 FC abierta a --- produce 44.5 tonela- das por hora		Resumen final del producto	
	%	Ton/h	%	Ton/h	%	Ton/h	%	Ton/h	%	Ton/
1 1/2" - 5"	61%	55.0	---	---	---	---	---	---	---	---
1/4" - 1 1/2"	22%	19.7	45%	24.8	49%	44.5	---	---	---	---
1/8" - 3/4"	9%	8.1	27%	14.8	26%	22.9	47%	21.0	49%	43
0 - 3/8"	8%	7.2	28%	15.4	25%	22.6	53%	23.5	51%	46
S U M A	100%	90.0	100%	55.0	100%	90.0	100%	44.5	100%	90

FLUJO DE LA INSTALACION (FLOW - SHEET)

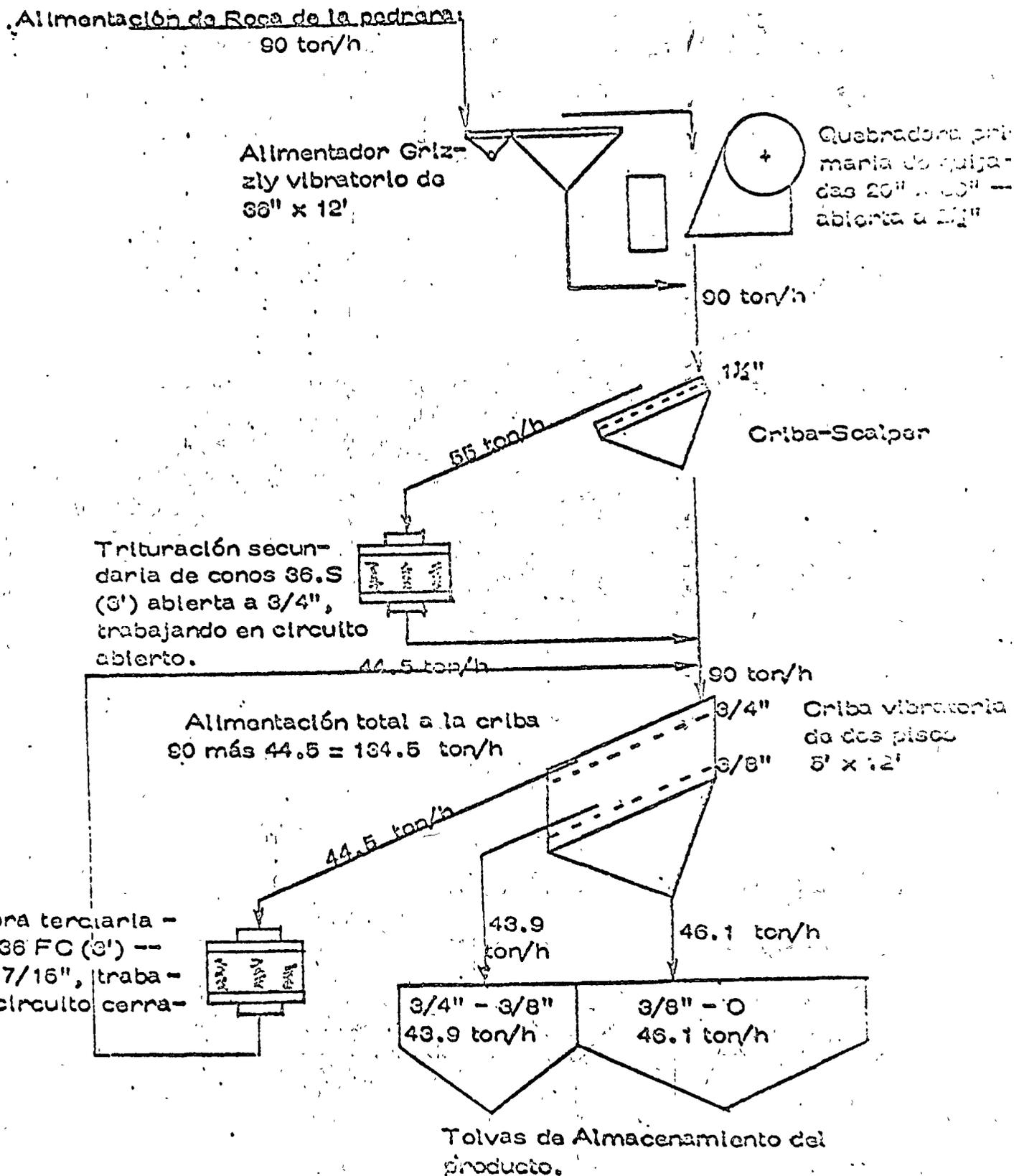


Figura 64

RESOLVER EL SIGUIENTE PROBLEMA DE SELECCION DE --
EQUIPO DE TRITURACION Y CRIBADO, UTILIZANDO LAS TA-
BLAS Y GRAFICAS CORRESPONDIENTES DEL "MANUAL DEL
PRODUCTOR DE AGREGADOS"

Datos Básicos :

1. Explotación de un banco de agregados naturales, conglomerado an-
desítico.
2. Tamaño máximo a la alimentación de 6" y una granulometría me-
dia del banco como sigue :

Tamaño :		Por ciento :
3"	- 8" :-	40%
1½"	- 3" :-	20%
¾"	- 1½" :-	12%
¼"	- ¾" :-	10%
0	- ¼" :-	10%
Suma :-		100%

3. Se desea producir material de base 0-1½" para construcción de
un camino, necesitándose para cumplir el programa establecido, -
225 toneladas métricas por hora de dicho material.
4. Granulometría del producto : 0-1½", según especificaciones SOP,
para material de base.

Se pregunta lo siguiente :

- a) Equipo de trituración necesario para producir el material al tamaño y cantidad estipulados. (Seleccionar quebradora de quijadas para la etapa primaria, y trituradoras de cono tipo S y FC, para las etapas secundaria y terciaria respectivamente).
- b) Equipo de cribado necesario para integrar la planta.
- c) Tamaño y tipo del alimentador aconsejable para recibir el material natural en greña.
- d) Establecimiento de la hoja de flujo (Flow Sheet) aconsejable, para el acomodo del equipo (alimentador, trituradoras, cribas) seleccionados, indicando las toneladas por hora y tamaño del material, en cada etapa del proceso de trituración y cribado.



CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

U.N.A.M.

CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACION

DE PAVIMENTOS ASFALTICOS

Ing. Emilio Gil Valdivia

México, D. F. Mayo de 1974.

**TEMA: MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACION
DE PAVIMENTOS ASFALTICOS**

OBJETIVOS: Se pretende que al término de esta plática el alumno sea capaz de describir: los diferentes tipos de mezclas, elaboración, tendido y compactación de las mismas. Y con los datos que se le proporcionarán pueda efectuar la calibración teórica de una planta de elaboración de mezcla asfáltica. El mejor trabajo será el que se apegue más al pro--
logre un mínimo de desperdicios.

I. MATERIALES :

Los materiales empleados para la elaboración de mezclas asfálticas son principalmente pétreos, asfaltos o aglutinantes y en algunos casos es necesario agregar a estos un filler y/o aditivos.

I.1. Los materiales pétreos se clasifican en:

a) Materiales naturales que requieran uno o varios de los tratamientos indicados a continuación:

Disgregación, cribado, trituración y lavado.

b) Mezclas de dos o más materiales del grupo anterior.

Para determinar el tratamiento que se le debe dar a los materiales pétreos es necesario conocer sus características naturales en el banco, como son: granulometría, plasticidad, afinidad con los asfaltos, desgaste.

Una vez determinadas estas características el siguiente paso será el o los tratamientos necesarios para obtener el material apropiado para elaborar la mezcla; si el material presenta una plasticidad alta, será necesario lavarlos a fin de eliminarle los finos perjudiciales. Si el material no cumple con la prueba de desgaste, no deberá usarse, ya que con el paso del equipo de compactación puede sufrir degradación con lo que quedarían partículas nuevas sin cubrir con asfalto o sueltas, lo que provocaría desprendimientos.

Con respecto a la afinidad con el asfalto, si es que en su estado natural ésta no es buena, se puede mejorar: por lavado, con la trituración o con el empleo de aditivos.

De su granulometría o composición granulométrica en su estado natural - se podrá determinar la necesidad de cribado o trituración.

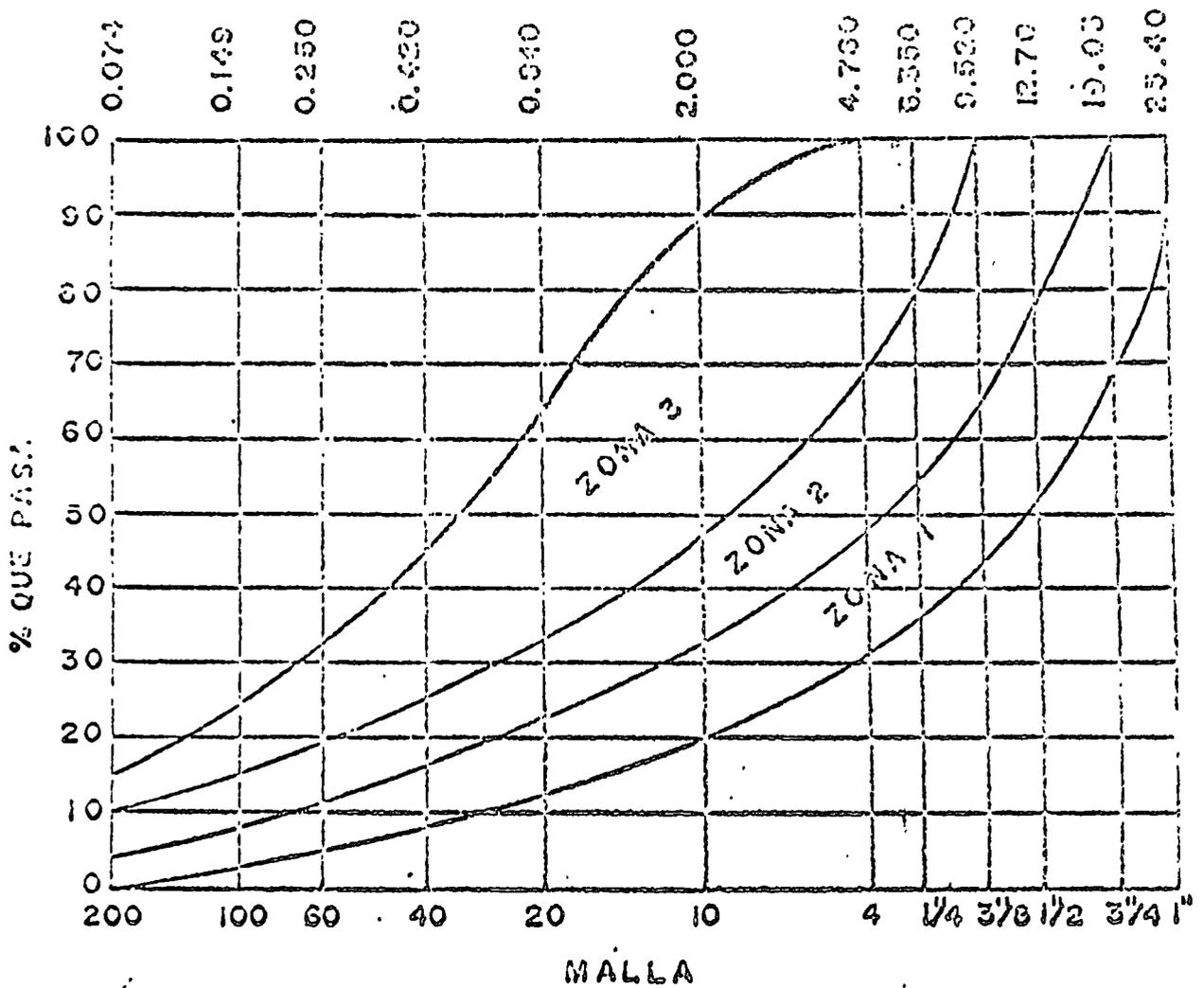
La composición granulométrica es la determinación por el procedimiento de cribado de los tamaños de las partículas que forman el material. Consiste en separar las partículas de material tamizándolo a través de una sucesión de mallas de abertura cuadrada y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, relacionándolas como porcentajes de la muestra total.

La composición granulométrica representa gráfica o numéricamente la distribución de los diferentes tamaños de las partículas que componen el material. Se acostumbra representar la composición granulométrica por medio de una curva dibujada en una gráfica que tenga por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas los porcentajes de material que pasa por dichas mallas a escala aritmética.

Ver ejemplo de gráfica de curva granulométrica.

En términos generales puede decirse que la mayor estabilidad de un material se alcanza cuando se reduce al mínimo la cantidad de vacíos y para que esto pueda lograrse, se requiere una sucesión adecuada de tamaños que permita que los huecos dejados por las partículas mayores sean ocupados por partículas de menor tamaño y que a la vez, en los huecos que dejen estas últimas se acomoden partículas más finas y así sucesivamente. Es pertinente dejar claro, que la determinación de los tamaños por medio de cribas, da idea de estos en sólo dos dimensiones, por lo que un material cuyas partículas afecten las formas de placas o de agujas puede presentar una gran cantidad de vacíos aún cuando su curva -

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA

granulométrica indique una sucesión adecuada de tamaños. Así mismo, cuando se presenten variaciones de consideración en la densidad de las partículas de diferentes tamaños, la curva granulométrica no dará una idea correcta de la sucesión de tamaños, en este caso sería indispensable hacer la corrección para convertir los porcentajes expresados en peso a porcentajes expresados en volúmen.

I.2. Materiales asfálticos.

Los materiales asfálticos que se utilizan para aglutinar los materiales pétreos empleados en la elaboración de mezclas asfálticas son: cementos asfálticos, asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas.

Los cementos asfálticos son obtenidos por un proceso de destilación del petróleo para eliminar a éste sus solventes volátiles y parte de los aceites.

Los asfaltos rebajados son materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente. Estos pueden ser de fraguado rápido, medio o lento, según sea el tipo de disolvente; gasolina, queroseno o un aceite ligero.

Las emulsiones asfálticas son materiales asfálticos líquidos estables, formados por dos fases no miscibles, en los que la fase continúa de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de asfalto. Las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas si los glóbulos de asfalto tienen carga electronegativa o pueden ser catiónicas si los glóbulos de asfalto tienen carga electropositiva. Además pueden ser de rompimiento rápido, medio o lento.

II. MEZCLAS ASFÁLTICAS:

Una mezcla asfáltica es el producto obtenido mediante la incorporación

y distribución uniforme de un material asfáltico en uno pétreo. De acuerdo con sus características y condiciones de uso se recomienda que se elaboren con los materiales asfálticos que se fijan en el siguiente cuadro.

MATERIAL ASFALTICO EMPLEO RECOMENDABLE EN LA CONSTRUCCION DE CARPETAS Y SOBRECARPETAS.		
	PARA CARRETERAS	PARA AEROPISTAS
	Tránsito diario en ambos sentidos en vehículos pesados.	Aviones con peso total en Tons.
Cemento asfáltico	Más de 1,000	Más de 10
Asfalto rebajado	1,000 Max	20 Max
Emulsión asfáltica	1,000 Max	20 Max

Las mezclas asfálticas en cuanto a su procedimiento de elaboración se pueden clasificar en mezclas en frío y mezclas en caliente.

II.1. Mezclas en Frío.

Mezclada en el lugar

Las mezclas en frío pueden ser:

Mezclada en dosificadora

En este tipo de mezclas el material asfáltico empleado es un asfalto rebajado o una emulsión asfáltica.

Los asfaltos rebajados se recomiendan para climas secos o cuando se cuenta con el material pétreo con una humedad menor que la de absorción; ya que si no es así implicaría un proceso de secado, del material pétreo, previo a la incorporación del asfalto rebajado.

El asfalto rebajado que se usa comúnmente en estas mezclas es del tipo FR-3.

Las emulsiones asfálticas se recomiendan para climas húmedos o cuando es difícil obtener material pétreo con una humedad menor que la de absorción. Ejemplo materiales hidrófilos.

El tipo de emulsión que se usa generalmente para la elaboración de mezclas es de rompimiento lento.

En la elaboración de las mezclas frías, la operación de mezclado puede hacerse en planta estacionaria o viajera, pero la mayor parte de las veces se emplea al sistema de mezclado en el lugar con motoconformadora, para lo cual se "acamellona" el material pétreo, se cubica y conocido su volúmen, se extiende con motoconformadora, se le aplican la cantidad de asfalto necesaria por medio de una petrolizadora en tres o cuatro riegos, procediendo inmediatamente a revolver el material utilizando motoconformadora para homogeneizar la mezcla y provocar la pérdida de solventes. Este proceso toma de 20 a 30 horas de mezclado, según las condiciones atmosféricas, para un volúmen de unos 200 m³. de mezcla; después de esto cuando la mezcla tenga la cantidad mínima de solventes se procede al tendido con motoconformadora y compactación, para lo cual se usan rodillos lisos tandem de 6 a 8 tons. y después compactadores neumáticos con peso de 4 a 6 tons. hasta alcanzar la compactación del 95%.

II.2. Mezclas en Caliente.

Este tipo de mezclas es elaborado en planta, la que puede ser de funcionamiento continuo o discontinuo. La diferencia como su nombre lo indi-

ca es que mientras es una la alimentación de la mezcladora es en forma continua en la última ésta alimentación se hace por pesadas.

La carpeta asfáltica elaborada en planta y con cemento asfáltico, es la de mejor calidad y la más costosa de las comunmente usadas en -- nuestro país, debido a lo cual es indispensable que la elaboración y el tendido se efectúen con el cuidado necesario a fin de obtener la ca lidad que debe corresponder a la inversión que se hace.

El elaborar concreto asfáltico en planta, sea ésta de tipo continuo o -- discontinuo, permite lograr una mezcla con características casi exactas a las previstas en el proyecto, por lo que es absolutamente necesario que las personas que intervienen tanto en el proyecto como en = la elaboración, tendido y supervisión, conozcan perfectamente el fun cionamiento, posibilidades y limitaciones de la planta que se use.

PLANTA DE TIPO DISCONTINUO.

Este tipo de planta es el más común en la actualidad en nuestro país. También se le llama Planta de "Bachas". Puede ser de muy variadas -- capacidades, pero las más usuales son las de 2,000 y 4,000 lbs. por "bacha".

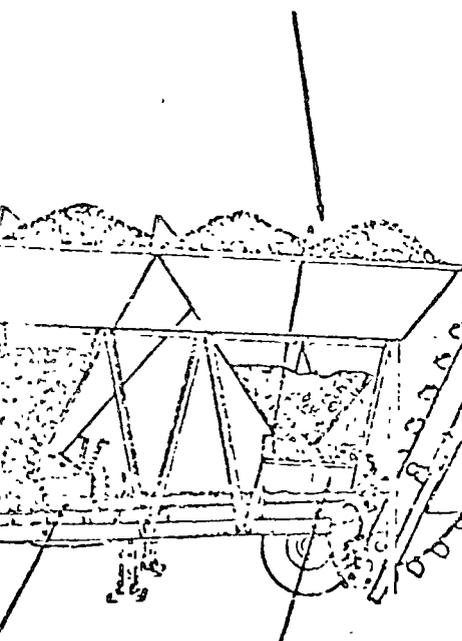
La planta de tipo discontinuo, está compuesta de varios elementos -- principales, como se puede ver en el esquema:

El funcionamiento de la planta y sus distintos elementos es el siguien te (numerados conforme el esquema):

INSTALACION MEZCLADORA CONTINUA

ALMACENAJE Y ALIMENTACION DE ARIDOS FRIOS

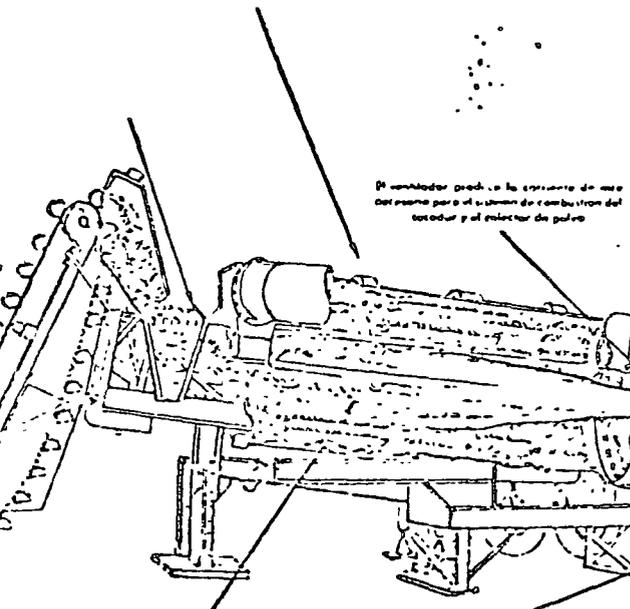
Almacena los áridos en grandes cantidades y suministra la cantidad de cada hora a medida que se necesita para la planta mezcladora.



Los alimentadores de ramas giratorias bajo los tolvas de áridos hacen compuertas regulables.

SECADOR

El secador consiste de aridos res de la máxima humedad de secado que contiene el agua, con la bomba y los gases calientes. Cada porción de los áridos se agita rápidamente a esta altura obteniendo el máximo efecto de secado.



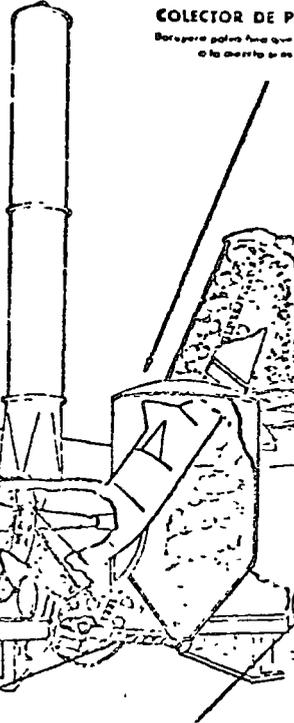
Los paños de algodón cubren los áridos formando una cortina uniforme a través de la cámara y los gases calientes, están en contacto al máximo efecto de secado.

El mezclador produce la corriente de aire caliente para el sistema de combustión del secador y el colector de polvo.

Las fajas accionadas se transportan mediante un sistema a la base del alimentador de áridos calientes.

COLECTOR DE POLVO

Reserva polvo fino que puede devolverse a la planta o ser vendido.



Los compuertas reguladas manualmente clasifican exactamente el porcentaje de cada tipo de áridos mezclados.

UNIDAD DE CONTROL DE LA GRANULOMETRIA

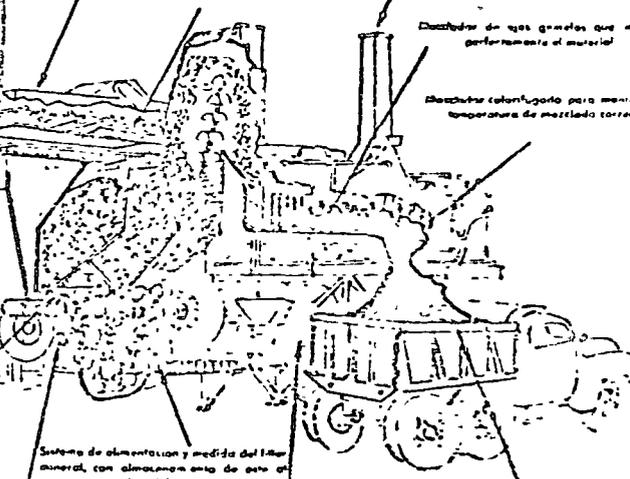
Secura y almacena los áridos secos medidos y suministrando la cantidad necesaria de cada hora.

Los tamices vibratorios separan los áridos en los tamaños adecuados, dirigiendo el tamaño deseado.

Sistema de alimentación y medida del litro mineral, con almacenamiento de este material del suelo.

MEZCLADOR

Mezcla homogéneamente la cantidad correcta de áridos, mezclados perfectamente en los tolvas de áridos y los áridos de agua que se los clasificadores de áridos y áridos están mezclados mecánicamente.



El bombeo de alimentación asegura grande cantidad en el tolva que el a la bomba medidora.

Dispositivos de agua que se perforan en el material.

Dispositivo centrifugado para medir temperatura de mezcla correcta.

Es fácil tomar muestras de cada uno de los áridos durante el flujo de material a los tolvas para ensayo.

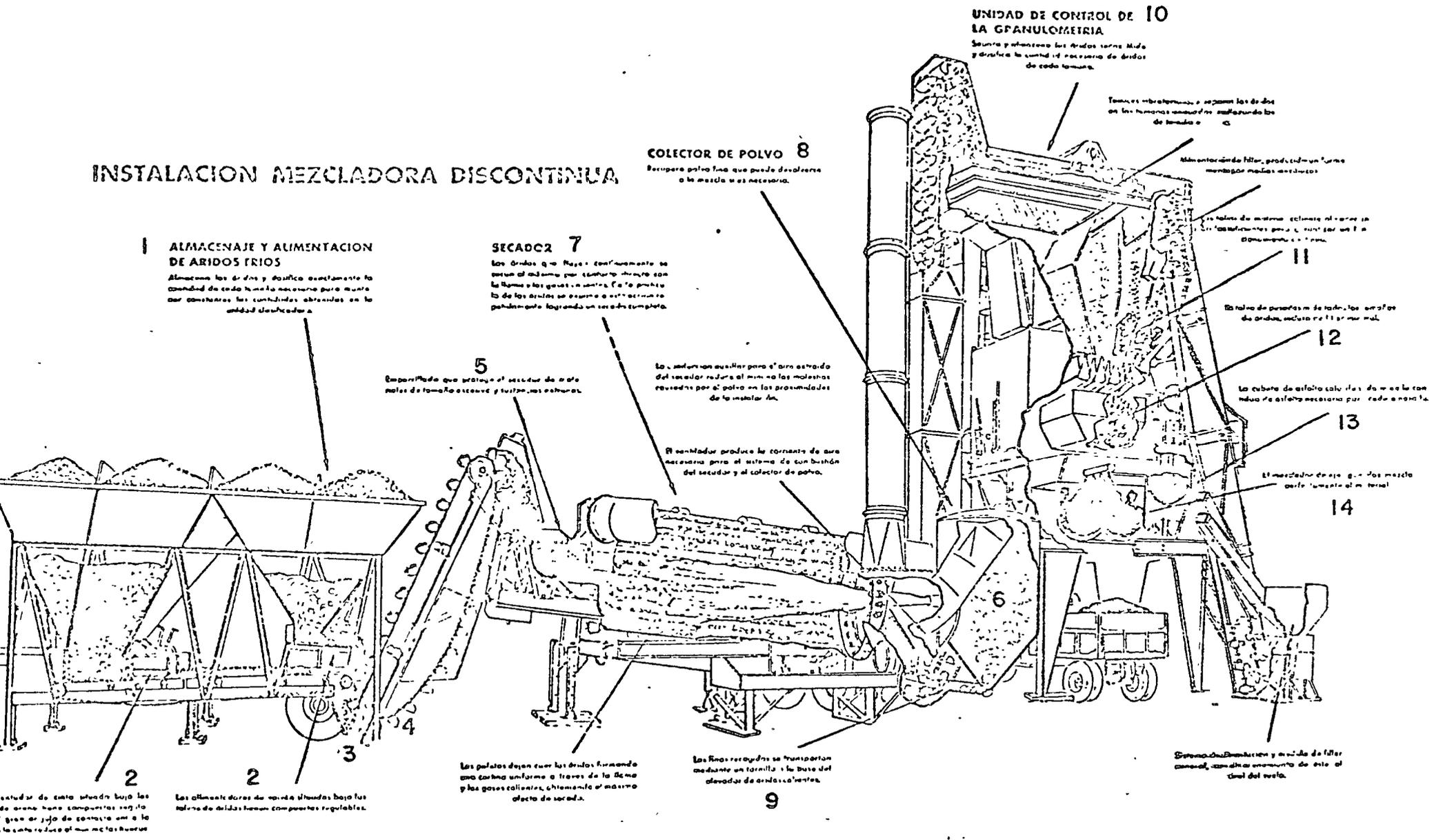
Bomba mecánica transporta los áridos desde los tolvas de áridos, que dan los áridos a la cámara de mezcla.

Los tolvas de áridos que se encuentran en la planta de fabricación de áridos, que dan los áridos a la cámara de mezcla.

El material procedente del almacén se alimenta a la planta por medio de tractor o cargador, depositándose en las tolvas para material frío (1), - por lo general son cuatro tolvas, dispuestas para alimentar material p_étroo de distintos tamaños. Estas tolvas están equipadas, en su descarga, con compuertas ajustables para regular la caída del material al alimentador de fríos (2), (el cual puede ser de banda o de vaivén), por lo que es posible dosificar el material p_étreo frío, para que caiga al dep_ósito (3) con una primera graduación granulométrica. De este dep_ósito es llevado por el elevador de cangilones (4), hasta la tolva de entrada del secador (5), en esta parte se encuentra una rejilla para impedir la entrada de objetos mayores al tamaño fijado. Al entrar el material al secador (7), el polvo (6), y puede ser reincorporado, en caso necesario, en el recipiente (8), en donde se une al material que sale del secador. De allí es llevado por un segundo elevador de cangilones (9), hasta las cribas vibratorias (10), para ser separado por tamaños depositándose en las tolvas de material caliente (11), por las compuertas de estas tolvas se extrae de cada una la cantidad en peso que fija la granulometría de proyecto, valiéndose del recipiente pesador (12), y adicionando por la válvula (13), el cemento asfáltico caliente. Los materiales ya dosificados, así como el cemento asfáltico pasan al mezclador (14), en donde se homogeniza la mezcla y se descarga el camión que la ha de transportar.

Esto es en una muy breve síntesis, del funcionamiento de una planta de tipo discontinuo.

INSTALACION MEZCLADORA DISCONTINUA



1 ALMACENAJE Y ALIMENTACION DE ARIDOS FRIOS
 Almacena los áridos y dosifica exactamente la cantidad de cada humada necesaria para cumplir con las condiciones las cantidades obtenidas en la unidad clasificadora.

7 SECADOR
 Los áridos que fluyen continuamente se secan al mismo por contacto directo con la llama y los gases calientes. El aire precalentado de los áridos se aspira a este sistema para obtener un secado completo.

5
 Espartadero que protege al secador de los efectos de tamaño excesivo y turbulencias naturales.

La aspiración auxiliar para el aire estruido del secador reduce al mínimo las molestias causadas por el polvo en las proximidades de la instalación.

El calentador produce la corriente de aire necesario para el sistema de combustión del secador y el colector de polvo.

8 COLECTOR DE POLVO
 Recupera polvo fino que puede devolverse a la mezcla si es necesario.

UNIDAD DE CONTROL DE LA GRANULOMETRIA
 Selecciona y automatiza los áridos según el tipo y dirige la cantidad necesaria de áridos de cada tamaño.

Tamices vibratarios que separan los áridos en las humadas necesarias reduciendo las de tamaño...

Alimentación filtrada, proceden de un sistema de molienda...

El sistema de molienda produce el cemento necesario para el sistema de molienda...

El sistema de pesados de todos los áridos de áridos, secado en el primer nivel.

La cubierta de estufa cubre el sistema de molienda de estufa necesario para cada hora.

El mezclador de agua que los mezcla para formar el mortero.

Este tipo de sistema bajo los de arena tiene compartidos regulares de flujo de control que a la vez reduce el consumo de agua.

Los alimentadores de arena alivianados bajo las tolvas de áridos tienen compartidos regulares.

Los palcos dejan caer los áridos formando una cortina uniforme a través de la llama y los gases calientes, obteniendo el máximo efecto de secado.

Los áridos recogidos se transportan mediante un tornillo a la base del elevador de áridos calientes.

El sistema de molienda y mezcla de filtro controla, controla el momento de este al final del resto.

Figura VI-6—Instalación mezcladora discontinua

Ahora bien, para lograr que la producción de una planta sea realmente la requerida por el proyecto, es absolutamente necesario que se cumplan los siguientes requisitos:

- a) Que el funcionamiento mecánico de la planta sea correcto.
- b) Que el material pétreo que se alimenta al secador sea uniforme en su granulometría y contenga los tamaños básicos necesarios para formar la curva granulométrica de proyecto.
- c) Conocer y corregir la contaminación en las tolvas de material caliente.

Para que el primero de los requisitos se cumpla, es necesario efectuar primero una revisión general de la instalación haciendo hincapié en todos los elementos de la planta que fácilmente pueden fallar, y hacer fallar la producción, para ello, lo mejor es hacer un recorrido, primero siguiendo todos los pasos del material pétreo, desde la alimentación de las tolvas de material frío, hasta la descarga final, y en seguida siguiendo todos los pasos del cemento asfáltico, desde su descarga en el almacenamiento de la instalación hasta la descarga final de mezcla. Los principales puntos de falla probable son los siguientes:

Las compuertas ajustables de las tolvas de materiales fríos.

El alimentador de fríos (de banda o vaivén).

El secador (inclinación y carburación adecuadas).

Las cribas vibratorias (comprobar si no hay fugas por rotura, si el vibrador tiene los contrapesos adecuados, si la inclinación es correcta y si son de las dimensiones requeridas).

Compuertas de las tolvas de material caliente (Deben cerrar perfectamente, sin fugas, sobre todo las de materiales finos).

Básculas (Debe comprobarse por medio de pesos conocidos si las lecturas son correctas).

Depósitos y tuberías de calentamiento de cemento asfáltico (si el calentamiento es por vapor o aceite, no debe haber fugas que contaminen el cemento asfáltico).

Válvula de descarga del Cemento Asfáltico (Debe cerrar perfectamente, sin derrames).

Mezclador (Debe cerrar la compuerta sin derramar, y tener las paletas en buen estado).

Los puntos fijados sólo son una guía de lo que debe comprobarse, sin embargo puede haber fallas en otras partes, como entradas de grasa de lubricación en el mezclador, fallas en los cangilones de los elevadores, fallas en los pirómetros, etc. Por lo tanto debe hacerse una inspección detallada.

Para que se cumplan los otros dos requisitos, que se refieren al material pétreo, es necesario llevar a cabo la Calibración de la Planta, la cual puede separarse en dos fases:

Calibración primaria o de aproximación.

Ajuste definitivo

Para que una planta funcione correctamente debe producir el volúmen - de mezcla que se le solicite conforme a la capacidad de tendido y aca rreo, sin demoras ocasionadas por falta de material en una o varias -- tolvas de material caliente, y sin desperdicios excesivos por derrames en otras tolvas. Además de los requisitos de eficiencia mencionados, su producción debe ser tal y como fué proyectada en cuanto a granulo metría y contenido de cemento asfáltico.

Los dos problemas principales que se presentan para lograr que la -- planta funcione como se menciona antes son:

- 1o.- Una alimentación variable en cuanto a granulometría y no con-- trolada en cuanto a cantidad.
- 2o.- Una contaminación de material en las tolvas de material ca-- liente (Material correspondiente a una tolva, contaminando -- otra).

El primero de estos problemas tiene consecuencia en el segundo, ya -- que aún cuando se logren controlar las contaminaciones entre las tol-- vas, si la alimentación de la Planta es irregular y variable, ésto des-- truirá todo lo hecho. Por lo tanto es muy importante que estos pro-- blemas se ataquen en el orden señalado a fín de evitar trabajos inúti-- les.

La solución del primero de los problemas se logra por medio de la Ca libración Primaria, que consiste en ajustar las compuertas de las --- tolvas de fríos con objeto de que alimenten un material pétreo dosifi-- cado con una granulometría lo más aproximada posible a la de proyec-- to, y sobre todo una granulometría uniforme. Además de que la ali--

mentación debe ser la adecuada para satisfacer la demanda de producción, en cuanto a volúmen. Para lograr lo anterior hay que proceder como sigue:

Primero deberá determinarse el volúmen de mezcla que se requiere de la planta, lo cual depende del equipo de tendido y compactación, así como del equipo de acarreo disponible ya que estos factores determinan el volúmen de producción que se requiera de la Planta (dado en Kg/min) Por lo general una planta trabajada correctamente, es capaz de elaborar dos bachas por minuto, obteniéndose un mezclado satisfactorio, sin embargo debe comprobarse en cada caso, el tiempo necesario para obtener una bacha bien mezclada, y tomar en cuenta los tiempos necesarios para cargar los camiones.

Una vez conocida la cantidad de mezcla por minuto que se va a producir, deberá calcularse la cantidad de material pétreo necesario por minuto. Así, por ejemplo, si se van a producir 1,800 kg/min. de mezcla, y el proyecto señaló un 5% de cemento asfáltico, el material pétreo necesario por minuto será:

$$\frac{1800}{1.05} = 1715 \text{ kg/min.}$$

Por lo tanto, la alimentación a la salida de las tolvas de fríos deberá ser de 1715 kg/min a fin de que la planta trabaje eficientemente. Pero hay que tomar en cuenta que además de la cantidad de material pétreo, éste debe alimentarse con una cierta granulometría (la de proyecto) y mante

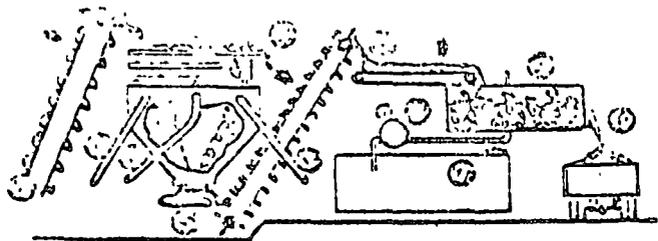


Figura No. 14

C.- PLANTA DE MEZCLADO CONTINUO.

- A-10.- Continuación del elevador de calientes.
- 1.- Cama de Cribas.
 - 2.- Tolva para los agregados calientes.
 - 3.- Tubos vertedores de sobrantes.
 - 4.- Rechazo de tamaños mayores.
 - 5.- Alimentador de agregados proporcionados (tipo de correa de transmisión).
 - 6.- Colector elevador de agregado al sistema de mezclado.
 - 7.- Tanque de almacenamiento de asfalto.
 - 8.- Bomba para el asfalto, motor y sistema de alimentación.
 - 9.- Mezclador amasador.
 - 10.- Mezcla completa que se descarga por los camiones.

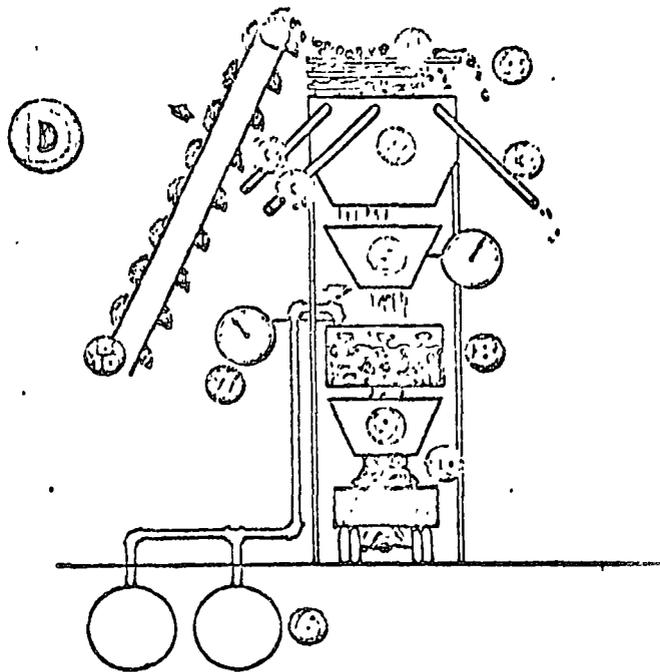


Figura No. 15

PLANTA DE MEZCLADO DISCONTINUO
(Tipo de Bachas)

- D.- Planta mezcladora de bachas.
- B 10.- Elevador caliente.
- 1.- Cama de cribas.
 - 2.- Tolvas de agregados calientes.
 - 3.- Tubos vertedores de sobrantes.
 - 4.- Rechazo de tamaños mayores.
 - 5.- Cajón de medida del agregado de la bacha (tipo de pesada).
 - 6.- Tanque de almacenamiento de asfalto.
 - 7.- Sistema de medida del asfalto para la bacha (tipo de pesada).
 - 8.- Mezclador amasador.
 - 9.- Tolva de descarga de la mezcla asfáltica.
 - 10.- La mezcla terminada se descarga.

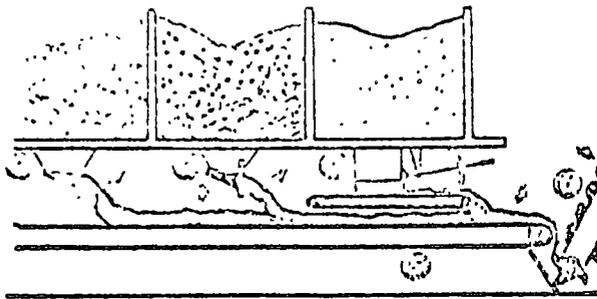


Figura No. 12

- A.- Almacenamiento de los Agregados y Sección del Alimentador Frío.
- 1.- Almacenamiento de los Agregados en tolvas o depósitos de abastecimiento sobre el Túnel.
- 2.- Alimentador de los Agregados Gruesos (tipo de gravedad).
- 3.- Alimentador de los Agregados Medianos (tipo de gravedad).
- 4.- Alimentador de los Agregados Finos (tipo de correa de transmisión).
- 5.- Principal Colector de Agregados (tipo de correa de transmisión).
- 6.- Elevador de Fríos.

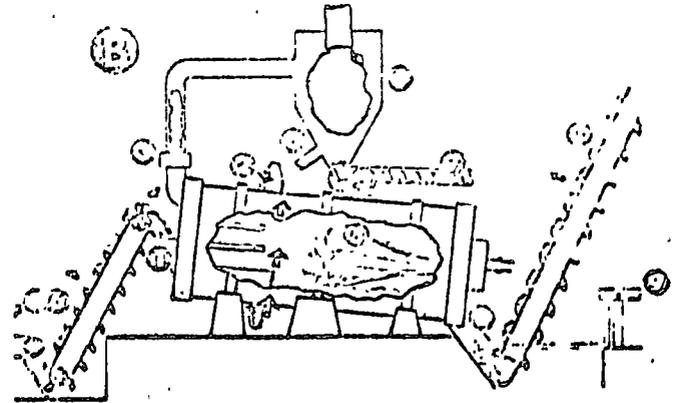


Figura No. 13

- B.- Sección del Secador y del Colector de Polvo.
- A6.- Elevador de Fríos.
- 1.- Extremo del Cargador del Secador.
- 2.- Secador Rotativo.
- 3.- Abanico que Desarrolla la Succión.
- 4.- Colector de Polvo (ciclón).
- 5.- Compuerta Ajustable del Control del Vertedor de Polvo.
- 6.- Vertedor del Exceso de Polvo.
- 7.- Retorno Uniforme del Polvo al Elevador de Calientes.
- 8.- Quemador y Extremo de Descarga del Secador.
- 9.- Aparato Indicador de Temperaturas.
- 10.- Elevador de Calientes.

nerse ésta uniforme durante toda la producción, para ello, se separan los materiales de alimentación en distintos tamaños (todas las plantas tienen tres o cuatro tolvas de fríos), debiendo ser en un mínimo de dos, pero debe tenerse en cuenta que mientras mayor sea el número de tamaños en que se haga la separación, mejores resultados se obtendrán. Como se decía antes, el mínimo de tamaños en que se separe el material de alimentación serán dos:

Material retenido en malla 1/4" y material que pasa malla de 1/4", al separarse los materiales y ser almacenados en tolvas distintas, permiten efectuar la dosificación primaria conforme a la curva de proyecto, regulando la compuerta de cada tolva, de tal modo que alimenten los distintos tamaños en la proporción debida. El ajuste de las aberturas de las compuertas, se lleva a cabo inicialmente en forma teórica, calculándose matemáticamente; pero como para esto es necesario suponer una eficiencia determinada, por lo general se procede a hacer una corrección a la abertura obtenida por la fórmula, en forma práctica comprobando la granulometría y ajustando hasta obtener lo deseado, ya que el ajuste definitivo se hará posteriormente en las tolvas de material caliente. El cálculo de la abertura de una tolva se efectúa por medio de las fórmulas:
Para alimentador de banda:

$$H = \frac{G}{S.V.P_v \cdot E.}$$

Para alimentador tipo vaiván o alternativo:

$$H = \frac{G}{B \cdot N \cdot C \cdot P_v \cdot E}$$

en donde:

G = Gasto de la Tolva en Kg/min.

B = Ancho de la compuerta en Mts.

H = Altura de la compuerta en Mts.

V = Velocidad de la banda en Mts./min.

P_v = Peso Volumétrico del material en Kg/M³.

E = Eficiencia

N = Número de carreras por minuto del alimentador

C = Carrera del alimentador en metros.

El Gasto se determina conforme a la curva granulométrica de proyecto y la cantidad de material pétreo por minuto necesario. Por ejemplo, suponiendo que la cantidad necesaria de material pétreo por minuto sea 1715 Kg./min., y que la curva granulométrica exige un 45% de material que pasa la maila de 1/4" entonces, para calcular la apertura de la compuerta de la tolva que contiene dicho material, primero se calculará el Gasto:

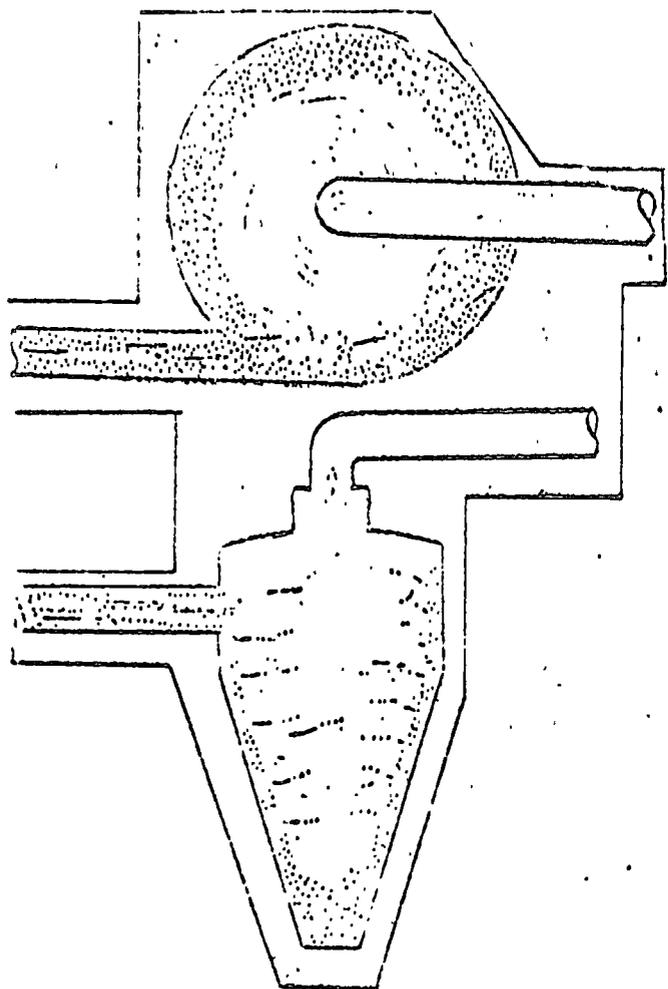
$$G = 1715 \times 0.45 = 771.75 \text{ Kg./min.}$$

Este será el Gasto para la tolva que se trata. Los otros datos son medidos directamente en la planta y el P_v se determina con el material usado.

Una vez calculada la abertura para cada tolva, se hace funcionar la máquina y se muestrea la descarga del alimentador de fríos, comprobándose la granulometría, cerrando ó abriendo la compuerta según el caso y repitiendo la operación y muestreo, hasta que se obtenga una curva granulométrica lo más cercana posible a la de proyecto, en lo que se refiere a los porcentajes en los tamaños - en que se hizo la separación de material. La operación de muestreo para granulometría, puede aprovecharse para comprobar el gasto del alimentador de fríos, recogiendo el material descargado en un tiempo medido y calculando la cantidad de material alimentado por minuto.

Con esto queda terminada la Calibración Primaria o de Aproximación, por lo que el siguiente paso consistirá en efectuar el Ajuste Definitivo, que consiste en lograr que la granulometría de la mezcla producida sea igual a la proyectada para - lo cual es necesario neutralizar el efecto desfavorable ocasionado por la contaminación.

Como es sabido, el sistema vibratorio de cribado en las plantas no tiene un 100% de eficiencia ocasionándose que en una tolva destinada a almacenar exclusivamente determinados tamaños, se encuentre material correspondiente a las otras. Este, como es natural ocasiona una variación en la curva.



Corriente de aire y polvo a través del colector de polvo. Las partículas gruesas son descargadas por el fondo y las finas por la parte superior del colector.

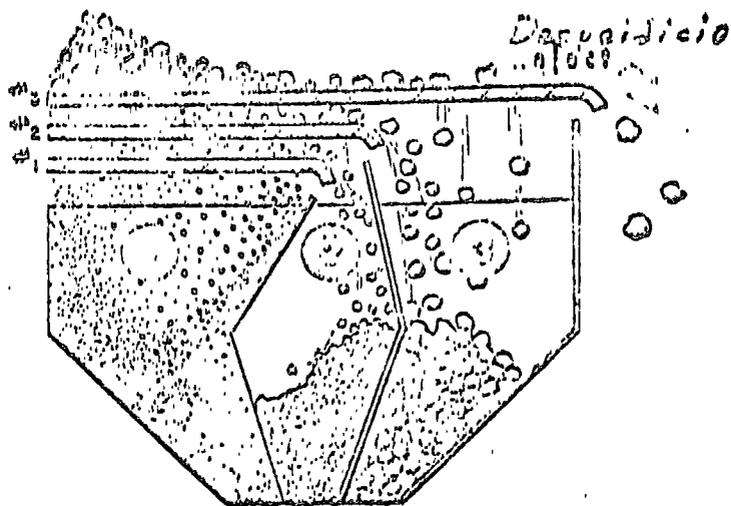


Figura No. 17

Arreglo típico de cribas y tolvas de agregados.

La Tolva No. 1 contiene el material fino, el que está sujeto a considerable segregación a causa de la rapidez de su cribado, mientras que los tamaños grandes recorren la cama de las cribas antes de caer en las tolvas. Por la criba No. 1, se retiene el material de la tolva No. 2 y dicha criba está sujeta a una sobrecarga pudiendo ser este un factor que puede afectar la producción de la planta, en aquellos casos, en que sea muy pequeña o se obstruya.

La Tolva No. 2 contiene el tamaño siguiente más grande de material que será usado.

La Tolva No. 3 contiene el tamaño más grande del material que va a usarse.

granulométrica cuando el operador dosifica el material, extrayendo la cantidad que sería necesaria - de una determinada tolva, sin tomar en cuenta que de esa cantidad extraída sólo un determinado porcentaje corresponde al tamaño correcto y el resto está formado por tamaños que deberían estar en - - otras tolvas. Para remediar esto, es necesario conocer que porcentaje de material de una tolva se encuentra contaminando a las otras, y esto se determina comprobando la granulometría del material que se encuentra en cada una de las tolvas de material caliente.

El muestreo de las tolvas de material caliente no siempre es sencillo, ya que no todas las plantas tienen fácil acceso a ellas. En algunos casos es necesario usar un muestreador de tipo especial y en otros introducir un hombre al mezclador para obtener una muestra, ya que es indispensable que sea representativa, debiendo tenerse en cuenta que dentro de una misma tolva el material tiende a clasificarse, separándose los tamaños mayores a un lado de la tolva.

Una vez conocida la granulometría real del material contenido en cada una de las tolvas, se calculan los porcentajes de contaminación. Para mayor claridad sobre como proceder, se verá un ejemplo: Tenemos que la separación por tolvas será como sigue:

Tolva No.	Material que pasa Malla	Material Re-tenido en Ma-lla.
1	No. 8	- . -
2	1/4"	No 8
3	1/2"	1/4"
4	3/4"	1/2"

Supondremos que la granulometría de proyecto exige los siguientes porcentajes:

Material	% de Proyecto
1	43
2	22
3	25
4	10

Al efectuarse la granulometría del Material en cada tolva, se obtuvo la siguiente contaminación:

Material No.	T O L V A S N o .			
	1	2	3	4
1	100%	0%		
2		78%	24%	0%
3		13%	76%	4.3%
4				57%

Es decir, que en tolva No 2 (para material de - - 1/4" a No. 8), se encuentra un 9% de material Número 1 - (Pasa malla No 8) y un 13% de material No. 3 (de 1/2" a 1/4", y sólo un 78% del material que contiene es el co--

correspondiente a esa tolva (en este ejemplo se supone que la eficiencia del cribado es muy baja, pues las tolvas Núms. 2, 3 y 4 sólo contienen 78%, 76% y 57% del material que les corresponde. Esto es con el fin de hacer más claro el ejemplo, pero lo que se impondría en un caso como ese, sería hacer una revisión del sistema de cribado para mejorar la eficiencia, comprobando por ejemplo, si los contrapesos del sistema de vibración son los adecuados, ya que un vibrado más energético obliga a pasar a las partículas incrustadas en las mallas, sobre todo cuando tienen forma de laja, pero también hace al material desplazarse más rápido sobre la criba en el sentido de la inclinación de ésta).

Habrá que modificar los porcentajes de proyecto conforme a la contaminación, de tal manera que la suma de todo el material Núm. 1, por ejemplo, extraído tanto de la tolva 1 como de la tolva 2, nos dé precisamente la cantidad requerida por el proyecto

El procedimiento de cálculo para corrección de la contaminación, que se expone a continuación, aunque no es matemáticamente preciso, el error que se obtiene no afecta grandemente para fines prácticos, y es un método bastante rápido:

Material No.	T O L V A S No.				Proyecto	
	1	2	3	4		
1	100	0			109	43
2		78	24	0	102	22
3		13	76	43	132	25
4				57	57	10

Material No 1:

$$\frac{100 \times 43}{109} = 39.5$$

$$\frac{0 \times 43}{109} = 3.5$$

Material No 2:

$$\frac{78 \times 22}{102} = 16.8$$

$$\frac{24 \times 22}{102} = 5.2$$

Material No. 3:

$$\frac{13 \times 25}{132} = 2.5$$

$$\frac{76 \times 25}{132} = 14.4$$

$$\frac{43 \times 25}{132} = 8.1$$

Material No 4:

$$\frac{57 \times 10}{57} = 10$$

Material No.	T O L V A S No.				Material No.	% Corre gidos.
1	39.5	3.5			1	39.5
2		16.8	5.2	0.0	2	22.8
3		2.5	14.4	8.1	3	19.6
4				10.0	4	18.1
	39.5	22.8	19.6	18.1		100.0

Los porcentajes así obtenidos serán los que, debido a la contaminación, deberán extraerse de cada tolva

para obtener la curva granulométrica de proyecto, pero aún así estos valores deben comprobarse y ajustarse en caso necesario, lo cual ya puede hacerse disminuyendo o aumentando un poco conforme a las granulometrías obtenidas.

Como es lógico suponer si la alimentación de la planta es variable, y en ese caso el cálculo hecho con cierta granulometría, unas bachas después no servirá, por lo que no será posible obtener una granulometría previamente fijada. De lo anterior se desprende la importancia de la Calibración Primaria o de las tolvas de material frío, tratando de reducir las variaciones de alimentación al mínimo.

Hasta aquí ya es posible producir la mezcla de prueba y tener, si no con la seguridad de que se mantenga exactamente dentro de la granulometría de proyecto, si la de que podemos mantenerla dentro de aproximadamente un 1% de variación y con la posibilidad de localizar en caso dado la causa de anomalía en la producción.

Al iniciarse la producción de la planta, y antes de que sea transportada la mezcla para ser tendida, es conveniente tomar una muestra y someterla a pruebas completas, para determinar si reúne las características de proyecto, y esta comprobación debe comenzar por asegurarse si las temperaturas a --

que están siendo calentados los materiales pétreos y el cemento asfáltico son adecuadas (el cemento asfáltico se calienta del orden de los 130°C y -- los materiales pétreos aproximadamente a 160°C) -- así como la temperatura de salida de la mezcla, la cual debe, corresponde al clima del lugar de trabajo y la distancia a que deberá acarreararse, debiendo procurarse que su temperatura de tendido sea -- aproximadamente 120°C , y pudiendo tomarse 10°C , como un valor medio para la temperatura que se pierde en el acarreo, la cual debe ajustarse conforme a lo obtenido en los primeros viajes, para las condiciones particulares de cada obra.

Se decía arriba que debe someterse a todos los ensayos pertinentes la mezcla primeramente elaborada, esto incluye, además de la granulometría y contenido de cemento asfáltico, la prueba Marshall, y adherencia, ésta última prueba aún en el caso de -- que haya sido satisfactoria en anteriores ensayos -- y muy especialmente si el quemador del secador de la planta funciona con un combustible derivado del petróleo, ya que una mala mezcla de aire y combustible puede hacer que se forme una película de carbón envolviendo el material pétreo, lo cual dificulta la adherencia y disminuye la estabilidad, facilitando la disgregación de la mezcla.

Cuando los materiales pétreos con que está -- siendo alimentada la planta contienen humedad, no,

debe descuidarse la comprobación de la humedad a la salida del secador, para lo cual puede muestrearse, deteniendo el funcionamiento de la planta, en la base del elevador de calientes. Esto nos indica la -- eficiencia del secador.

Transporte de la Mezcla: Los camiones en los cuales se vaya a efectuar el transporte de la mezcla, deberán ser previamente limpiados, procurando que no -- quede polvo o materias sueltas, ni arcilla aherrida, una vez perfectamente limpios deben lubricarse las -- cajas, con aceite delgado pero no disolvente del as -- falto (no debe emplearse diesel ni petróleo), dis -- tribuyéndolo con escoba o cepillo y levantando la -- caja para que escurra, pues no debe quedar acumula -- do en las deformaciones del fondo.

No debe pasarse por alto el cubrir la caja - - del camión, una vez cargada la mezcla, con lona de protección, con objeto de que no se contamine la -- mezcla con polvo o cualquier otra materia extraña, - y para ayudar a conservar la temperatura

Tendido y Compactación del Concreto Asfáltico:
El concreto asfáltico debe ser colocado con máquina terminadora o extendedora, la cual es alimentada -- por los camiones que acarrearán la mezcla, caliente, - la distribuyen uniformemente y la acomoda (algunas dan una ligera compactación) para ser debidamente com -- pactada por el equipo adecuado.

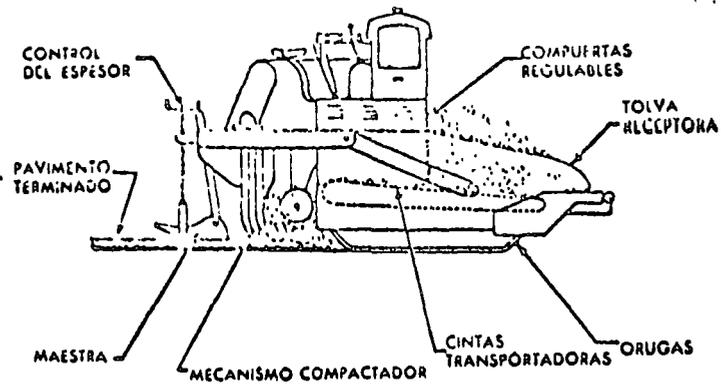
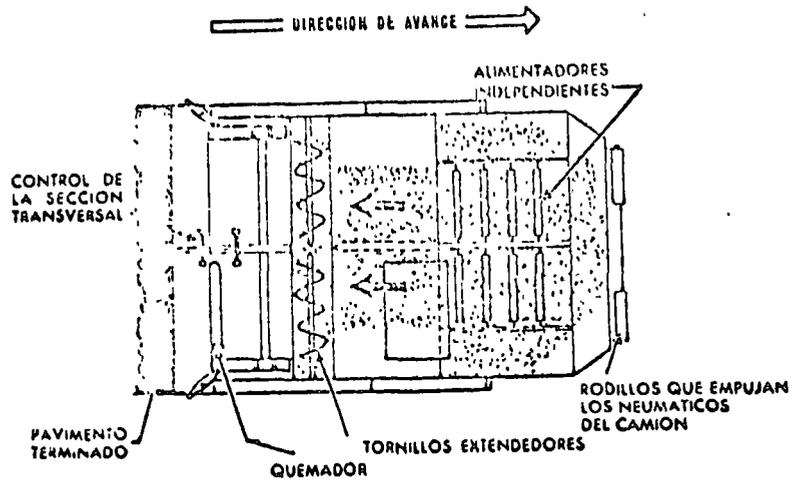


Figura VI-8—Esquema de una terminadora para pavimentos asfálticos

Para proceder al tendido previamente se debe haber nivelado la superficie sobre la que se vá a colocar la mezcla, esto es para que de acuerdo con la rasante de proyecto, poder conocer los espesores necesarios de mezcla para lograr la mencionada rasante.

Una vez conocidos los espesores se procede a marcarlos sobre la superficie o se pueden colocar pijas que indiquen esos espesores. El control de los espesores de mezcla tendidos se puede hacer manualmente con los tornillos de la placa maestra (ver esquema) para lo cual se requiere personal con una cierta habilidad en este trabajo ya que deben accionar los tornillos de acuerdo con los espesores que previamente se han fijado para cada sección transversal.

Algunas extendedoras tienen como equipo complementario un controlador de niveles que es accionable por medio de impulsos eléctricos. Este aparato se guía por medio de un hilo que une las pijas con los espesores marcados y acciona a la "placa maestra" de manera que vá colocando los espesores necesarios. Con este procedimiento se evita la necesidad de los "tornilleros" los que si no tienen la habilidad suficiente es difícil que dejen un acabado en cuanto a niveles se refiere, satisfactorio. -- Por lo que representa ventajas el controlador de niveles accionado por impulsos eléctricos.

La compactación puede dividirse en dos etapas:

Compactación Primaria
Acabado Final

La primaria debe ejecutarse con una aplanadora o rodillo liso, entrado en reversa respecto al avance de la extendidora, y tiene por objeto dar a la mezcla la mayor parte de la densidad que puede admitir, para ello es necesario que el concreto asfáltico se encuentre a una temperatura alta. Como recomendación puede decirse que la compactación debe iniciarse a la temperatura más alta (alrededor de los 100°C) que puede entrar la aplanadora sin provocar corrimiento de la mezcla, debiendo terminarse esto prácticamente. Generalmente son suficientes dos a tres pasadas de la aplanadora de tres ruedas, siendo muy importante que ésta no haga cambios de dirección ni se estacione sobre ella. Este equipo debe disponer de esparcidor de agua sobre las ruedas, a fin de que no se adhiera la mezcla a ellas.

Con respecto al peso y tipo de aplanadora o rodillo liso que entra inicialmente, se deberá hacer una prueba práctica en la que tomando en cuenta la máxima temperatura a la que el equipo pueda compactar sin desplazar, se deberá seleccionar entre la triciclo de 10 a 12 Tons y la Tandem de 6 a 8 Tons

En forma general se puede decir que la temperatura para iniciar la compactación con rodillo liso deberá estar comprendida entre 100°C y 110°C.

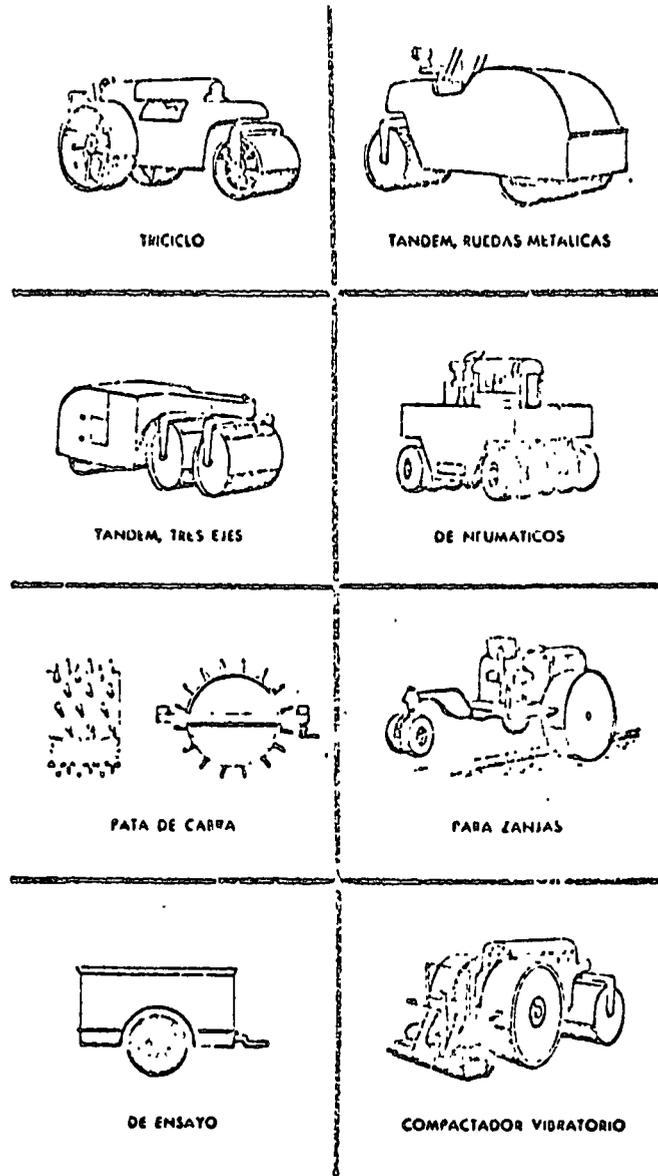


Figura VI-10—Tipos de compactadores

Inmediatamente después de terminar su labor la aplanadora, se continúa la compactación con un compactador neumático autopulsado (esto último es importante ya que el tirado por tractor daña la carpeta), el cual da un efecto de amasado a la mezcla debido a su sistema basculante en las ruedas, ayudando a la impermeabilización y compactando, principalmente, los dos centímetros superiores de la carpeta. Este equipo deberá trabajar antes que la mezcla se enfríe demasiado. Se recomienda que esta compactación se termine cuando la mezcla carpeta tenga una temperatura mínima de 70°C. Es conveniente que cuando se encuentre aproximadamente a 50°C, se inicie el acabado final, el cual se da por medio de una aplanadora tipo Tandem de aproximadamente 6 toneladas de peso, transitándola en el sentido transversal y diagonal al eje del tendido, y tiene por objeto borrar todas las huellas que hubieran quedado de la compactación anterior para lograr un acabado uniforme.

La temperatura a la cual se efectúa la compactación, es básica para obtener una buena carpeta; ya que una compactación efectuada cuando la mezcla ha perdido su temperatura no logra darle el acomodo y la densidad necesarias, lo que sería desperdiciar las cualidades del concreto asfáltico.

Control de Calidad: La supervisión y control deben comenzar al momento de iniciarse la producción, sin embargo, es conveniente que se observe la maniobra de instalación y armado de la planta (en caso de que no esté instalada), con objeto de obtener, desde un

principio los datos necesarios sobre las condiciones del equipo, como bandas, elevadores, quemadores, cribas, compuertas, etc., y poder preveer las probables causas de futuros problemas de producción .

Actualmente las reglamentaciones de la S.O.P. - dejan a juicio y criterio del contratista los ajustes y calibración de las plantas, por lo que la mayoría, de las veces, no se efectúa ninguna calibración, culpándose a los bancos de material cuando no se logra producir la granulometría de proyecto. Debido a lo anterior, en la mayor parte de los casos en que se ha trabajado concreto asfáltico, ha sido necesario elaborar cientos de bachas fuera de lo especificado, para lograr producir la mezcla con una granulometría y contenido de cemento asfáltico aceptables, y como para determinar si son aceptables las bachas producidas es necesario conocer su granulometría y contenido de cemento asfáltico, por lo general cuando se obtienen estos datos, la mezcla analizada ya fué tendida. Para evitar esto es necesario que no se inicie el tendido de la mezcla asfáltica mientras no se haya elaborado una mezcla de prueba que de müestre que ya se han logrado las condiciones exigidas por el proyecto.

Hay que tener en cuenta, al trabajar el concreto asfáltico que:

Una buena mezcla, mal tendida y mal compactada nos dá una mala carpeta .

Una mala mezcla bien tendida y bien compactada nos dá una mala carpeta .

Es decir, que en el concreto asfáltico no puede descuidarse ni la elaboración, ni el tendido ni la compactación, pues de estos tres factores depende -

el que se obtenga una buena o mala carpeta.

Uno de los principales requisitos para que una carpeta se comporte satisfactoriamente y tenga una larga vida útil, es el grado de compactación que se le dá. Este puede determinarse por medio de corazones extraídos con una máquina perforadora o con cincel, determinándoles su densidad por medio del método descrito en el inciso 108-7.4 de las especificaciones usadas por la S.O.P., conocido como "Método de la Parafina". Otra forma de determinar la densidad es con el uso de equipo conocido por AP-425 fabricado por la Soiltest, y con el cual no se causa ningún daño a la carpeta, además de ser un procedimiento mucho más rápido.

Respecto al grado de compactación que debe tener la carpeta, las Especificaciones usadas por la S.O.P. establecen:

"...hasta alcanzar un grado mínimo de noventa y cinco por ciento (95%) del peso volumétrico máximo que fije el proyecto y lo ordene la Secretaría"....

(Parte Cuarta.- Inciso 57-04.13 Pag 124) -
Edic 1971.

Con respecto a este punto es conveniente aclarar que: Cuando se utiliza el peso volumétrico máximo del proyecto se está haciendo una comparación en la que existen variables no controlables en la producción por lo que no siempre resulta conveniente usar el peso volumétrico máximo de proyecto.

Las variables no controlables a que se refiere el párrafo anterior son las variaciones, que pueden ser aceptables dentro de ciertos rangos especificados, en cuanto a granulometría y contenido de cemento asfáltico en la mezcla.

Por otra parte, se puede utilizar el peso volumétrico máximo de la mezcla producida, el cual es determinado de las pastillas que se elaboran para el control de la planta. Al utilizar este peso volumétrico se efectúa una comparación más racional ya que se hace la determinación de la compactación con los pesos volumétricos del mismo material tendido y de la muestra tomada de dicho material.

Las características que debe reunir una mezcla asfáltica elaborada en caliente, están fijadas en el siguiente cuadro:

Características	Uso de la mezcla asfáltica elaborada con cemento asfáltico.	Para Carreteras Hasta 2,000 Veh. pesados.	Más de 2,000 Veh. pesados	Para Aeropistas
No. de golpes por cara.		50	75	75
Estabilidad mínima. K ₁₅ .	Para carpetas - capas de renovación, bases asfálticas y bacheo	450	700	700
Flujo, en milímetros	Para carpetas, capas de renovación, bases asfálticas y bacheo	2-4.5	2-4	2-4
Por ciento de vacíos en la mezcla, respecto al volúmen del espécimen.	Para carpetas y - mezclas de renovación. Para bases asfálticas.	3-5 3-8	3-5 3-8	3-5 3-8
Por ciento de vacíos en el agregado mineral - (VAM), respecto al volúmen del espécimen de mezcla, de acuerdo con el tamaño máximo del pétreo	Para carpetas, capas de renovación - bases asfálticas y bacheo			
	Tamaño Máx.			
	4.76mm. (No. 4)	18	18	18
	6.35 mm. (1/4")	17	17	17
	9.51 mm. (3/8")	16	16	16
	12.7 mm. (1/2")	15	15	15
	19.0 mm. (3/4")	14	14	14
	25.4 mm. (1")	13	13	13

Se consideran como vehículos pesados los camiones en todos sus tipos y los autobuses.

Los porcentos de vacíos de la mezcla y del material pétreo, respecto al volúmen del espécimen, deberán determinarse de acuerdo con el procedimiento descrito en el capítulo CXII de la parte novena.

BIBLIOGRAFIA.-

Especificaciones Generales de Construcción S.O.P.
Partes IV, VIII y IX.

Pavimentos Asfálticos.
Martin y Wallace.
Editorial Aguilar.

Elaboración del concreto asfáltico. (Apuntes)
Ing. Alfonso Gracia Sáenz Rico

El Concreto Asfáltico (Apuntes)
Departamento de Construcción de la División
de Caminos del Estado de California, E.U. de N.A.

Manual del Asfalto.
The Asphalt Institute
College Park
Maryland, U.S.A.



PARTE SEGUNDA.

Ing. Emilio Gil

El tipo de planta llamado de producción continúa , es en nuestro país me
nos empleada que la llamada de producción discontinua (Bachas).

DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO.

La descripción de una planta de producción continúa , se puede hacer di
vidiéndola en tres secciones:

A. - Dosificación de áridos fríos (Fig. 1)

B. - Secador y colector de polvo (Fig. 2)

C. - Dosificación y mezclado de materiales calientes (Fig. 3)

El funcionamiento de una planta de este tipo es el siguiente (Fig. 4)

El material procedente del almacén se alimenta a la planta por medio de-
tractor o cargador , depositándose en las tolvas para material frío (1) , -
por lo general son cuatro tolvas , dispuestas para alimentar material pé-
trea de distintos tamaños. Estas tolvas están equipadas , en su descar-
ga , con compuertas ajustables para regular la caída del material al ali--
mentador de fríos (2) , (el cual puede ser de banda o de vaivén) por lo que
es posible dosificar el material pétreo frío , para que caiga al depósito --
(3) con una primera graduación granulométrica. De este depósito es lleva
do por el elevador de cangilones (4) , hasta la tolva de entrada del seca--
dor (5) , en esta parte se encuentra una rejilla para impedir la entrada de-
objetos mayores al tamaño fijado. Al entrar el material al secador (7) , --
el polvo (6) , puede ser reincorporado , en caso necesario , en el reci- -

INSTALACION MEZCLADORA CONTINUA

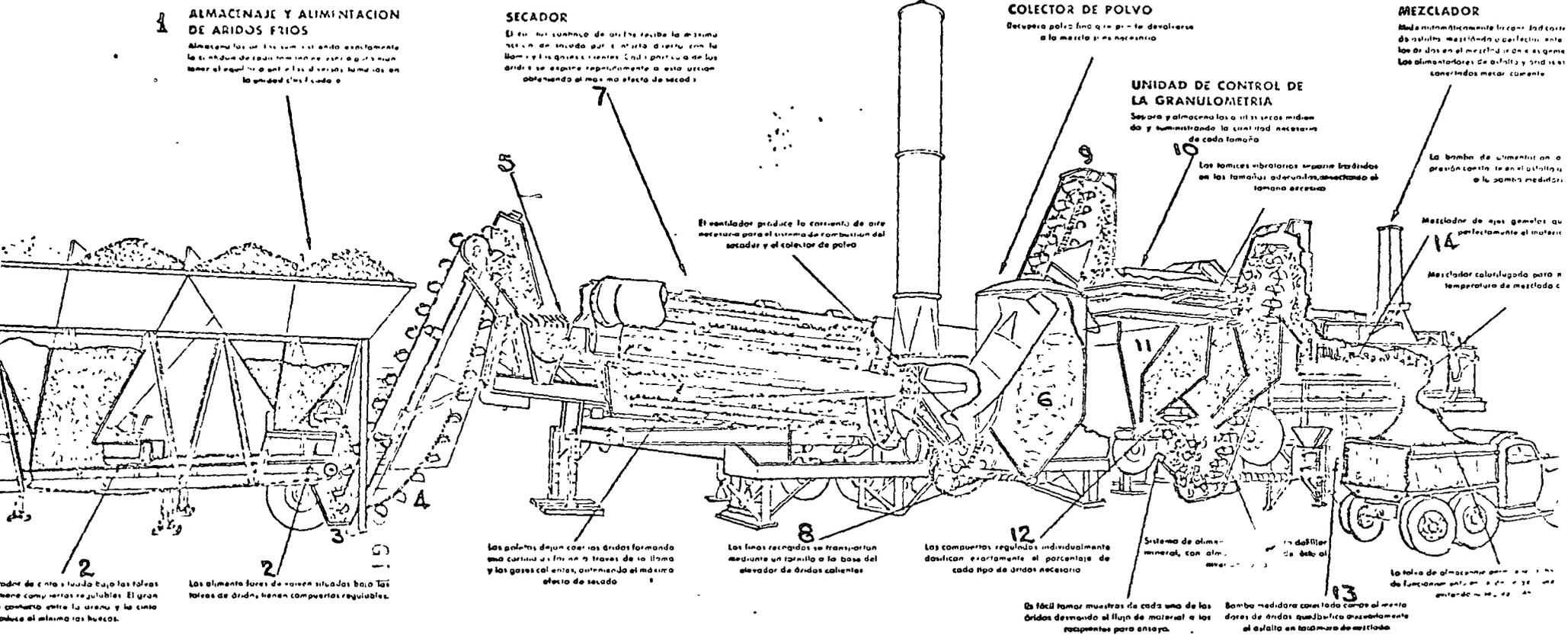


Figura 14—Instalación mezcladora continua

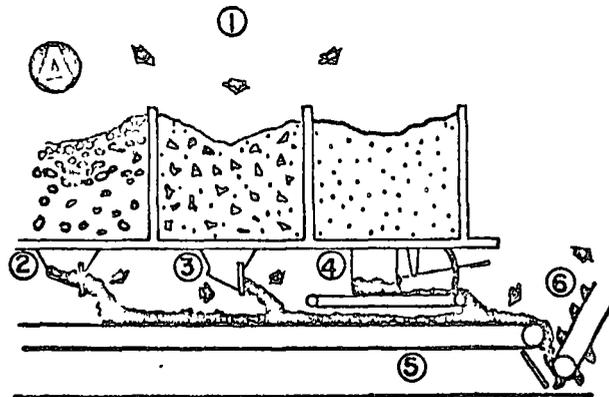


Fig. No. 1

A.- Sección de Dosificación de áridos fríos.

- 1.- Almacenamiento de los agregados en tolvas o depósitos de abastecimiento sobre el Túnel.
- 2.- Alimentador de los Agregados Gruesos (tipo de gravedad)
- 3.- Alimentador de los Agregados Medianos (tipo de gravedad)
- 4.- Alimentador de los agregados finos (tipo de correa de transmisión)
- 5.- Principal Colector de Agregados (tipo de correa de transmisión).
- 6.- Elevador de Fríos.

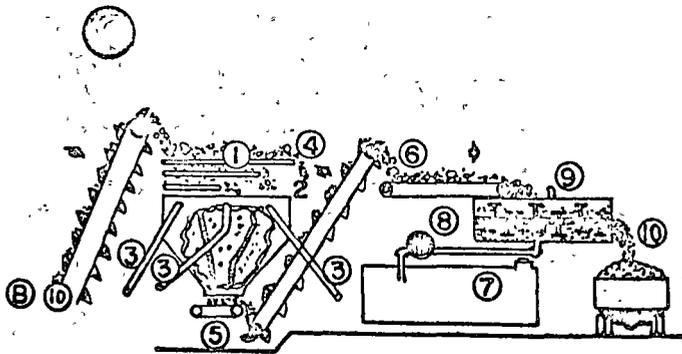


Fig. No. 3

C.- Sección de Dosificación y mezclado de materiales calientes.

B-10.- Continuación del elevador de - - calientes.

1.- Cámara de cribas.

2.- Tolva para los agregados calientes.

3.- Tubos vertedores de sobrantes.

4.- Rechazo de tamaños mayores.

5.- Alimentador de agregados proporcionados (tipo de correa de transmisión).

6.- Colector elevador de agregados al -- sistema de mezclado.

7.- Tanque de almacenamiento de asfalto.

8.- Bomba para el asfalto, motor y sistema de alimentación.

9.- Mezclador amasador.

10.- Mezcla completa que se descarga en los camiones.

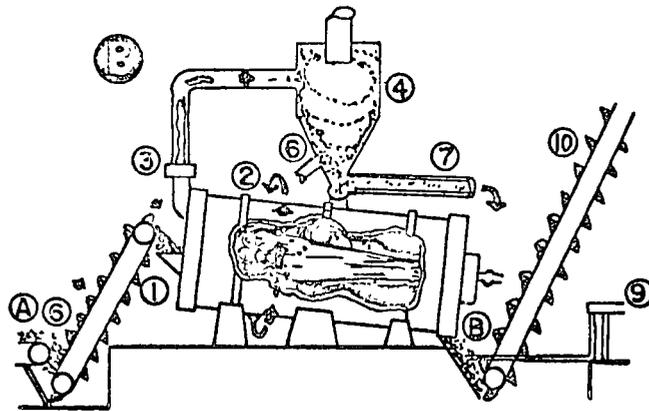


Fig. No. 2

B.- Sección del Secador y del Colector de Polvo.

A6.- Elevador de Fríos.

1.- Extremo del Cargador del Secador.

2.- Secador Rotativo

3.- Abanico que desarrolla la succión.

4.- Colector de Polvo (ciclón)

5.- Compuerta Ajustable del Control del -
vertedor de polvo.

6.- Vertedor del exceso de polvo.

7.- Retorno uniforme del polvo al Elevador
de calientes.

8.- Quemador y extremo de descarga del -
Secador.

9.- Aparato indicador de temperaturas.

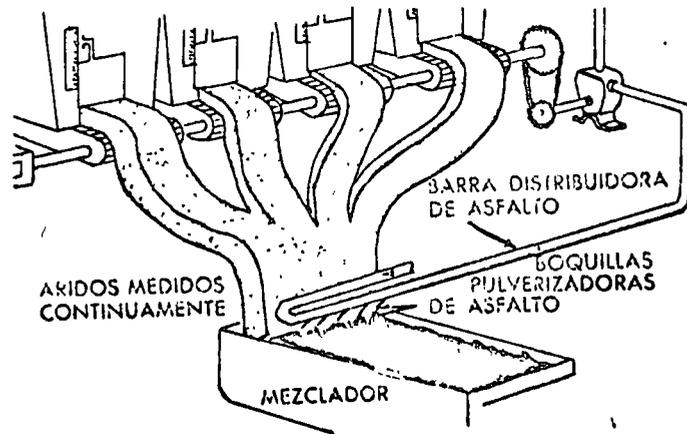
10.- Elevador de calientes.

piente (8), en donde se une al material que sale del secador. De allí es llevado por un segundo elevador de cangilones (9), hasta las cribas vibratorias (10), para ser separado por tamaños depositándose en las tolvas de material caliente (11), por las compuertas (12) de estas tolvas se extrae de cada una la cantidad que fija la granulometría de proyecto, y adicionando por la válvula (13), el cemento asfáltico caliente. Los materiales ya dosificados, así como el cemento asfáltico pasan al mezclador (14), en donde se homogeniza la mezcla y se descarga el camión que la ha de transportar.

Esto es una muy breve síntesis, del funcionamiento de una planta de tipo contínuo.

En este tipo de plantas contínuas el material procedente de las tolvas de almacenaje en caliente se dosifica por medio de compuertas regulables que descargan sobre los alimentadores de material caliente. Todos los materiales son transportados al mezclador en forma contínua.

El asfalto también afluye en forma contínua, y se regula con un sistema de bombeo conectado con el mecanismo de dosificación (Fig. 5), de tal manera que se obtiene una relación constante entre la cantidad total de los agregados pétreos y el producto asfáltico empleado, esto en forma-



independiente de la velocidad de producción.

CALIBRACION DE LA PLANTA.

Los principales pasos para iniciar la producción de mezcla con este equipo son los siguientes:

- 1.- Ajuste de las compuertas de las tolvas de almacenamiento de agregados pétreos fríos, a fin de que estos pasen al secador en las proporciones requeridas.
- 2.- Determinación de la cantidad de material que debe pasar al mezclador desde cada una de las tolvas de agregados calientes, y de la cantidad de producto asfáltico.

Ajuste de las Compuertas de Agregados en Frío.

Generalmente hay dos tipos de alimentadores para agregados en frío:

- 1).- Alimentadores Alternativos (Cangilones) y
- 2).- Alimentadores de Correa (Bandas transportadoras).

La cantidad que suministra un alimentador alternativo, en kilogramos por minuto, puede calcularse por la ecuación.

$$C_t = WHRLUE$$

En donde

W = Anchura de la compuerta, en metros;

H = Altura de la compuerta, en metros;

L = Carrera de alimentador, en metros;

R = Carreras por minuto;

C_t = Capacidad teórica, en kilogramos por minuto;

U = Peso de los agregados, en kilogramos por M³.;

F = Rendimiento.

Los kilogramos por minuto que se suministran por un alimentador de correa se determinan por la siguiente ecuación.

$$C_t = WHSUF$$

En donde

S = Velocidad de la correa, en metros por minuto;

En la práctica es factible determinar la abertura de las compuertas de las tolvas por tanteos, no siendo indispensable las ecuaciones citadas; de tal manera que las áreas correspondientes a los distintos agregados sean proporcionales a los porcentajes requeridos.

Es muy importante la calibración de los alimentadores en frío, y es una maniobra fácil de realizar. Cuando el material se lleva al secador por medio de transportadores de banda, sólo es necesario ajustar la compuerta de una tolva en la posición en que se espera suministre la cantidad correcta de material, se cierran las otras tolvas y se pone en marcha la planta. Cuando ha funcionado durante un minuto, aproximadamente, se separa y pesa el material contenido en el transportador de banda

en una distancia media por ejemplo 3 m. , y se convierte la cifra a Kg/m. Esta , multiplicada por la velocidad de la cinta en M. por minuto , dá Kg. , por minuto entregados por la tolva con esa abertura particular de la compuerta. Se convierte a Tons. p/h y por centímetro de abertura de compuerta y se calcula la proporción a número exacto de centímetros a que debe abrirse la compuerta para suministrar la cantidad deseada de tons./h.

Ya efectuado lo anterior , se pone nuevamente la planta en marcha durante un minuto aproximado , después que los agregados han empezado a caer en las tolvas de materiales calientes. Se vacían las tolvas y se continúa con la planta en marcha unos minutos más para volverlos a llenar hasta la mitad cuando menos , procediéndose al muestreo de los distintos agregados en caliente para el análisis gravimétrico.

M U E S T R E O.

Previo al muestreo de las tolvas deben de verterse aproximadamente 500 Kgs. , de cada una de ellas , ello con el fin de establecer un flujo de pétreos regulado , una vez efectuado lo anterior se suelta la palanca de una de las tolvas y se toma una muestra de 20 Kg. , por lo menos del material que cae. Se repite esta operación con las otras tolvas , este tipo de plantas tienen por lo general dispositivo bastante accesible para efectuar los muestreos , es muy conveniente dejar siempre la planta en funcionamiento durante algunos minutos antes de llevar a cabo el muestreo.

ANALISIS DE LAS MUESTRAS.

Cada una de las muestras debe de cuartearse cuidadosamente hasta obtener las cantidades mínimas de material adecuadas para los estudios de laboratorio.

Como regla general, la muestra procedente de la tolva de finos, después -- del cuarteo debe ser de 500 gr., las muestras de tolvas de un tamaño aproximado de 1/4" de 1,000 gr., y las muestras de las tolvas conteniendo agregados mayores, de 2,000 gr. Una vez hecho lo anterior se procede al análisis granulométrico de cada una de estas, se anotan los resultados y con estos se calcula la granulometría combinada, la que una vez determinada -- se representa gráficamente.

En cada tolva existe siempre algún material menor que el tamiz de menor -- abertura representado por ella, esto se debe a que cierta cantidad de los -- materiales más finos es siempre arrastrada a la tolva siguiente por los -- agregados mayores. Este efecto aumenta cuando disminuye el tamaño del tamiz -- Por esta razón no deben o no se emplean en una planta de elaboración de -- mezcla en caliente, tamices menores del Num. 10.

En la tabla ejemplo puede observarse que el material, salvo en lo que se -- refiere al de los tamices 100 y 200, puede combinarse ajustándose muy es -- trechamente a la fórmula de dosificación en planta. Como regla general, --

P R I M E R A J U S T E .

Malla No.	P O R C E N T A J E Q U E P A S A .						Granulo metrfa Combi- nada	Granulo metrfa de traba jo.	Pro- yec- to.	Tole- rancias Especi- ficadas.
	Tolva 3		Tolva 2		Tolva No. 1					
	3/4" a 3/8"	3/8" a No. 10	Menor que No. 10							
	Total	30%	Total	40%	Total	30%				
3/4"	100.0	30.0	100.0	40.0	100.0	30.0	100.0	100	100	± 5
1/2"	58.2	17.5	100.0	40.0	100.0	30.0	87.5	88	94	± 5
3/8"	10.1	3.0	100.0	40.0	100.0	30.0	73.0	73	85	± 5
1/4"	6.1	1.8	84.2	33.7	100.0	30.0	65.5	65	76	± 5
No. 4	2.0	0.6	68.5	27.4	100.0	30.0	58.0	58	68	± 4
No. 10	0.5	0.2	21.0	8.4	100.0	30.0	38.6	39	44	± 3
No. 20	0.4	0.1	16.0	6.4	77.5	23.2	29.7	30	35	± 3
No. 40	0.3	0.1	11.0	4.4	55.1	16.5	21.0	21	24	± 1
No. 60	0.2	0.1	8.6	3.4	42.9	12.9	16.4	16	19	± 1
No. 100	0.1	- -	4.8	1.9	19.8	5.9	7.8	8	10	± 1
No. 200	0.0	- -	3.2	1.3	9.1	2.7	4.0	4	6	± 1
Contenido de Cem. Asfáltico									5.2	± 0.26 (0.05CA)

66

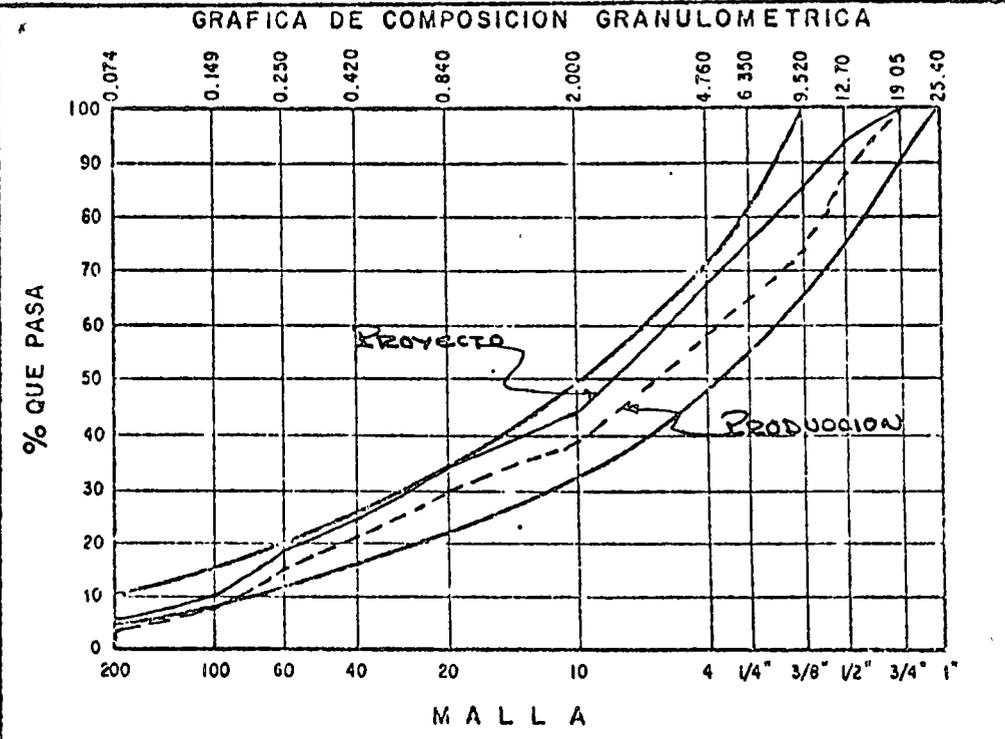
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE CONCRETO ASFALTICO

MATERIAL Mezcla 30%-40%-30% EXPEDIENTE A-5
 ENSAYE NUM. 1 MUESTRA NUM 1-2-3 FECHA RECIBO 23 JULIO 73
 ENVIADA POR _____ FECHA INFORME 24 JULIO 73
 PROCEDENCIA _____
PRIMER AJUSTE.

PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO

CLASIFICACION PETROGRAFICA _____
 PESO VOL. SUELTO, Kg./m³ _____
 QUE PASA MALLA, % _____
 1" PRODUCCION PROYECTO
 3/4" 100 100
 1/2" 88 94
 3/8" 73 85
 1/4" 65 76
 No. 4 58 68
 " 10 39 44
 " 20 30 35
 " 40 21 24
 " 60 16 19
 " 100 8 10
 " 200 4 6
 DENSIDAD _____
 ABSORCION, % _____
 DESCASTE, % _____
 PARTICULAS ALARGADAS, % _____
 PARTICULAS EN FORMA DE LAJA, % _____
 EQUIVALENTE DE ARENA _____



CARACTERISTICAS DEL ASFALTO PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA

TIPO _____	CONT OPT DE ASFALTO (%) <u>5.2%</u>	GRADO DE COMPACTACION EN CARPETA % _____
TEMPERATURA RECOMENDABLE DE APLICACION _____	PESO VOL. MAX. EN MEZCLA COMPACTA (Kg/m ³) _____	CONT. ASFALTO EN MEZCLA <u>4.8</u>
PENETRACION _____	AFINIDAD CON EL ASFALTO _____	PERMEABILIDAD DE LA CARPETA _____

OBSERVACIONES :

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	EL JEFE DEL LABORATORIO REGIONAL
_____	_____	_____

A J U S T E F I N A L .

Malla No.	P O R C E N T A J E Q U E P A S A						Granulo metrfa combi- nada	Granulo metrfa de tra- bajo	Pro- yec- to.	Tolerancias Especi- ficadas.
	Tolva 3		Tolva 2		Tolva No. 1					
	3/4" a 3/8"	19.0%	3/8" a No. 10	49.0%	Menor que No.10	32.0%				
3/4"	100.0	19.0	100.0	49.0	100.0	32.0	100.0	100	100	+ 5
1/2"	58.2	11.0	100.0	49.0	100.0	32.0	92.0	92	94	+ 5
3/8"	10.1	1.9	100.0	49.0	100.0	32.0	82.9	83	85	+ 5
1/4"	6.1	1.1	84.2	41.2	100.0	32.0	74.3	74	76	+ 5
No. 4	2.0	0.4	68.5	33.6	100.0	32.0	66.0	66	68	+ 4
No.10	0.5	0.1	21.0	10.3	100.0	32.0	42.4	42	44	+ 3
No. 20	0.4	0.1	16.0	8.0	77.5	24.8	32.9	33	35	+ 3
No. 40	0.3	0.1	11.0	5.4	55.1	17.6	23.1	23	24	+ 1
No. 60	0.2	--	8.6	4.2	42.9	13.7	17.9	18	19	+ 1
No. 100	0.1	--	4.8	2.3	19.8	6.3	8.6	9	10	+ 1
No. 200	0.0	--	3.2	1.6	9.1	2.9	4.5	5	6	+ 1
Contenido de Cem.asfáltico									5.2	+ 0.26 (± 0.05 CA)

60

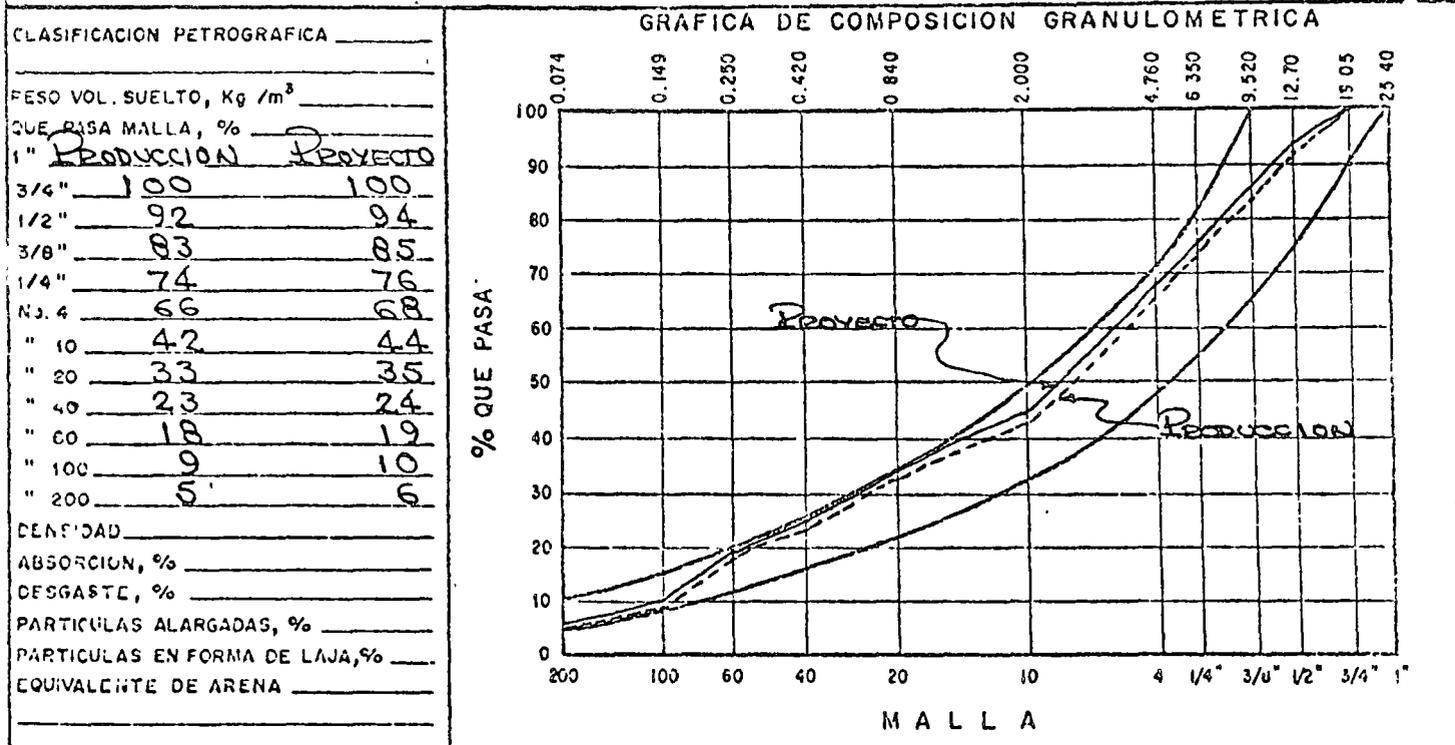
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE CONCRETO ASFALTICO

MATERIAL Mezcla 19%-49%-32% EXPEDIENTE A-5
 ENSAYE NUM. 2 MUESTRA NUM. 4-5-6 FECHA RECIBO 24 JULIO 73
 ENVIADA POR _____ FECHA INFORME 25 JULIO 73
 PROCEDENCIA _____

AJUSTE FINAL

PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO



CARACTERISTICAS DEL ASFALTO		PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA	
TIPO _____	CONT. OPT. DE ASFALTO (%) <u>5.2%</u>	GRADO DE COMPACTACION EN CARPETA % _____	
TEMPERATURA RECOMENDABLE DE APLICACION _____	PESO VOL. MAX. EN MEZCLA COMPACTA (Kg/m ³) _____	CONT. ASFALTO EN MEZCLA <u>5.0%</u>	
PENETRACION _____	AFINIDAD CON EL ASFALTO _____	PERMEABILIDAD DE LA CARPETA _____	

OBSERVACIONES :

. . .

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	EL JEFE DEL LABORATORIO REGIONAL

los análisis combinados de las tolvas en caliente, darán en estos, porcentajes correspondientes a mezclas de agregados más gruesos que los que se obtendrían de la granulometría de extracción. Esto se debe, a que es imposible separar los agregados de tamaños correspondientes a las mallas 100 y 200, que están adheridas a la piedra, esto en un análisis por vía seca y que si se separan cuando el análisis se efectúa por lavado, bien con agua, cuando el material aún no se mezcla con el producto asfáltico o con algún disolvente cuando el análisis se efectúa ya a la mezcla producida.

Ajuste de la Producción de la planta.

A diferencia del empleo de plantas de producción discontinua, el procedimiento de ajuste solo se altera, en función de que se considera como una bacha, una vuelta del cuenta vueltas incorporado a la planta. Se representa la curva que relaciona los Kg., por vuelta con la abertura de la compuerta por medio de datos obtenidos de una calibración de la planta realizada según las instrucciones del fabricante. Se cita el siguiente ejemplo: Suponiendo que queremos poner la planta a punto de producir 100 tons. p/h. empleando el análisis granulométrico correspondiente al de la tabla ejemplo. El primer paso consiste en determinar la cantidad de asfalto por añadir en litros por minuto.

Ya que el contenido en este caso es de 5.2%; $5.2/100 \times 100/60 \times 1,000 = 86.5$ Kg/min., deduciendo que el producto asfáltico empleado tenga un

peso específico de 0.93 Kg. , a la temperatura de empleo, la cantidad requerida sería para una producción de 100 tons. p/h. de mezcla = $86.5/0.93$ o sea, 93 Lts./Min.

Dado que la velocidad de la bomba en este tipo de plantas se regula mediante engranajes intercambiables, se debe encontrar en la información del fabricante cual es la dosificación de asfalto más aproximada a la calculada que podemos obtener con las combinaciones de los engranajes existentes. Suponiendo, que encontramos que la dosificación es de 94 Lts/Min., colocaremos en la bomba los engranajes que combinados puedan dar este caudal.

Lo anterior producirá una ligera alteración en el ritmo a que debe producirse la mezcla. Convertimos los 94 Lts. a Kg/P Min. $94 \times 0.93 = 87.5$ Kg/Min. El peso total de áridos a emplear por minuto se obtendría así:

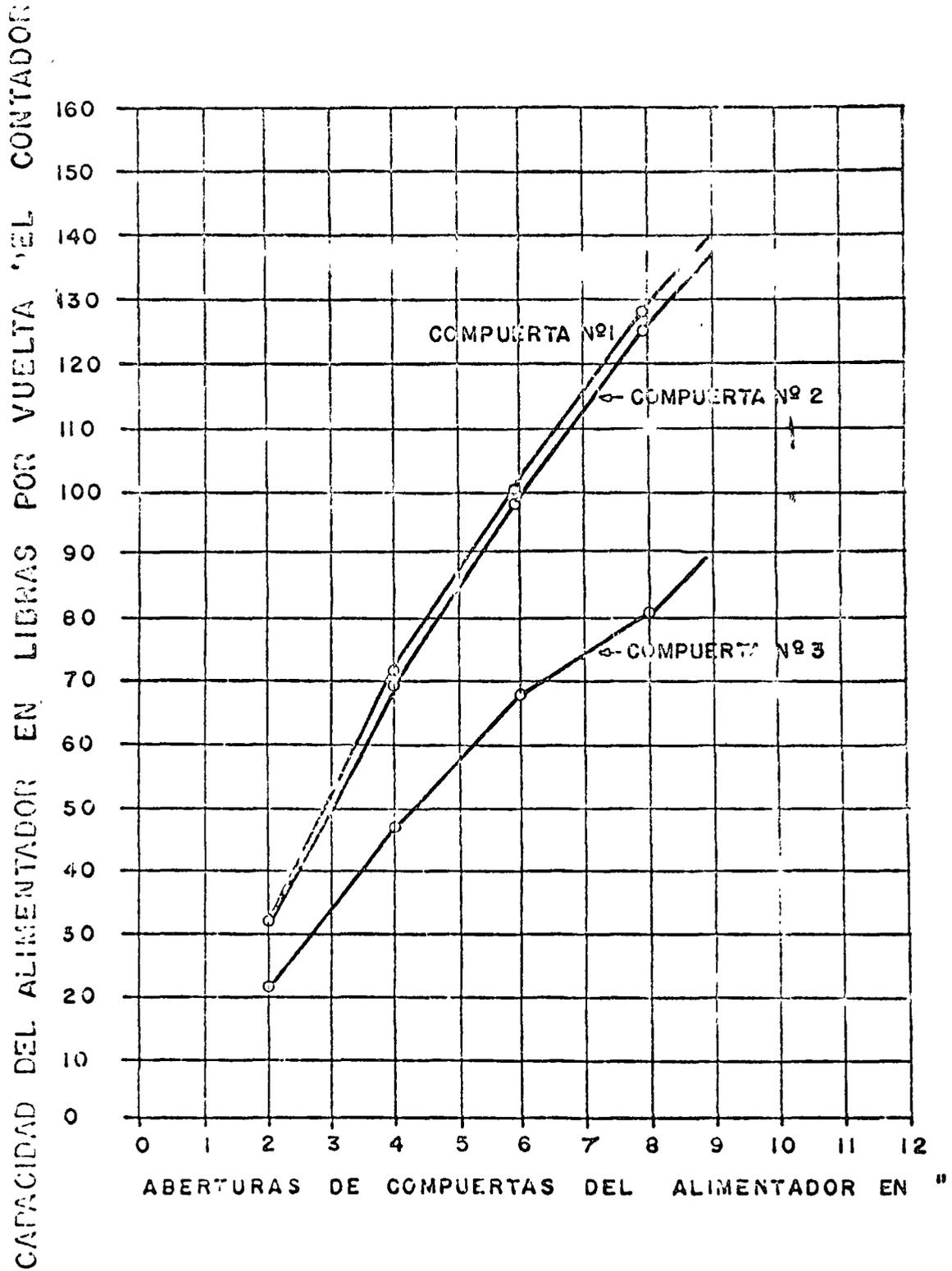
$$\frac{0.948}{0.052} \times 87.5 = 1,590 \text{ Kg/Min.}$$

De los datos del fabricante se deduce el número de vueltas por minuto del contador de revoluciones, suponiendo que este valor sea de 15.28, los Kg. de agregados requeridos por vuelta, se calculan así:

$$\frac{1,590}{15.28} = 104 \text{ Kg/vuelta.}$$

A continuación se calibra cada tolva de agregados en caliente obteniéndose una curva como las representadas en la gráfica anterior y se procede a calcular la abertura necesaria en cada tolva según la Tabla siguiente:

CURVAS DE CALIBRACION DEL SUMINISTRO DE AGREGADOS EN PLANTAS DE TIPO CONTINUO



Tolva	Kilogramos por vuelta	Abertura en cm.
3	$0.19 \times 104 = 20$	3.4
2	$0.49 \times 104 = 51$	6.2
1	$0.32 \times 104 = 33$	3.5

Ya a partir de este punto pueden hacerse cambios diferenciales . Los --
cálculos se efectúan sobre los Kg. de agregados por vuelta , y se modi-
fican las aberturas de las tolvas por medio de la curva de la gráfica de
calibración de suministro.

Es muy frecuente que al comenzar el funcionamiento normal de una plan-
ta , la granulometría de la mezcla tome un aspecto algo distinto del obte-
nido en las mezclas de prueba . Con el objeto de mantener el producto den-
tro de los lineamientos del diseño , es conveniente efectuar pequeños cam-
bios en las aberturas de las tolvas . Estos cambios deben de llevarse a -
cabo con extremo cuidado y por pequeños incrementos; antes de cualquier
modificación , se requiere la seguridad de que se hace en la dirección - -
adecuada . No es correcto efectuar ningún cambio basándose en un único
ensaye , conviene efectuar un mínimo de tres , a fin de estar seguro de que
la variación no está basada en una muestra no representativa .

Por lo anterior , es muy importante que la toma de muestras sea en extre-
mo cuidadosa , en especial en mezclas con agregados con tamaños máxi-
mos de $3/4"$ ó más , ya que unas piedras suplementarias del tamaño mayor
pueden hacer que el resultado del ensaye caiga fuera de los límites de la
fórmula de modificación en planta por exceso de gruesos o inversamente

la falta de unas de estas piedras puede hacer que el ensaye indique que los agregados se salen de la fórmula de dosificación en planta por defecto de agregados gruesos.

Es muy común no obtener resultados satisfactorios en la prueba inicial, por ello después de haber empezado la producción normal, es frecuente que una de las tolvas de agregados fríos empiece a rebozar, mientras - que es necesario esperar para que una ó más de las otras, se llenen. - Para corregir lo anterior, deben hacerse gradualmente pequeños cambios en las tolvas en frío hasta obtener un funcionamiento adecuado de la planta.

La naturaleza de variación de resultados, puede deducirse de la naturaleza del exceso o deficiencia en la capacidad de las tolvas, por ejemplo: Si la tolva de agregados que pasan por la malla No. 10, reboza, mientras que es necesario esperar a que se llene la tolva de agregados de 3/8", - disminuirémos ligeramente la abertura de la tolva C de agregados fríos, aumentando proporcionalmente la abertura de la tolva A.

Como otro ejemplo, podría citarse el siguiente:

Suponiendo que la tolva de agregados gruesos reboza, pero que las otras dos funcionan correctamente. En este caso se está suministrando en conjunto un exceso de material, de manera que será necesario reducir ligeramente la dosificación de la tolva A de agregados fríos y no será necesari-

rio modificar la de las otras. Cuando deba d e aumentarse o disminuirse la alimentación en conjunto por exigencias del funcionamiento, se modifica la abertura inicial de cada tolva en la misma proporción hasta que se obtiene el volúmen total necesario. No es recomendable hacer dos correcciones a la vez; por ejemplo: Si se sabe que la alimentación total es escasa y que la dosificación de agregados en una tolva es ligeramente excesiva, es preferible corregir primero el volúmen total y hacer después una nueva corrección en las proporciones de agregados de las diversas tolvas.

Es relativamente frecuente no poder producir una mezcla en planta con los materiales de alimentación en frío que se usan, especialmente cuando las tolerancias son relativamente estrechas, como en nuestro ejem—plo. En tal caso deben tomarse muestras de los almacenamientos, determinar su granulometría y obtener una nueva fórmula de dosificación en planta, si esta fórmula produce una granulometría que cumple con las especificaciones generales y tiene características satisfactorias, no hay motivo para cambiar la fórmula de dosificación de modo que el productor pueda mantenerse dentro de los límites de aquella con los agregados de que dispone. Es común que incidentes como el que acabamos de indicar procedan de un mal muestreo de los agregados en frío.

Es indiscutible la importancia del estricto control de la alimentación en frío de cada tipo de agregados, la alimentación de estos al secador, de

be regularse de tal manera que el caudal de cada tipo de ellas sea uniforme y lo más próxima posible a la cantidad exacta necesaria para mantener las tolvas de agregados calientes bien llenas , pero sin rebozar .

La irregularidad del caudal de cualquiera de los materiales fríos es perjudicial de dos maneras distintas para el buen funcionamiento de la planta.

Si se sobrecargan las mallas de uno de los tamaños , disminuye el rendi-miento del cribado y se produce generalmente un exceso de arrastre de - unos agregados por otros .

El exceso o defecto de uno de los materiales fríos puede dar lugar a que una de las tolvas de agregados en caliente , reboze o se vacíe , una tolva rebozante significa pérdida de calor y vacía, disminuye la capacidad de la planta . En ambos casos , los gastos de funcionamiento de la planta aumentan .

En el caso relativamente frecuente de agregados húmedos o inclusive saturados a consecuencia de lluvias o por su extracción de lechos de río , puede eliminarse gran parte de la humedad superficial removiendo las capas superiores y empleando la parte que se ha ventilado en mayor proporción . En el caso de usar continuamente agregados mojados , uno de los mejores métodos para asegurarse del empleo de material estrictamente seco , es utilizar dos secadores en serie . De esta forma puede lograrse el máximo de rendimiento de la planta , sin duda alguna sobre el perfecto secado de los agregados .

B I B L I O G R A F I A

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION, S. O. P.
PARTES IV, VIII Y IX.

PAVIMENTOS ASFALTICOS
MARTIN Y WALLACE
EDITORIAL AGUILAR

ELABORACION DEL CONCRETO ASFALTICO (APUNTES).
ING. ALFONSO GRACIA SAENZ RICO.

EL CONCRETO ASFALTICO (APUNTES)
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION DE LA DIVISION
DE CAMINOS DEL ESTADO DE CALIFORNIA, E.U. DE N.A.

MANUAL DEL ASFALTO.
THE ASPHALT INSTITUTE
COLLEGE PARK
MARYLAND, U.S.A.

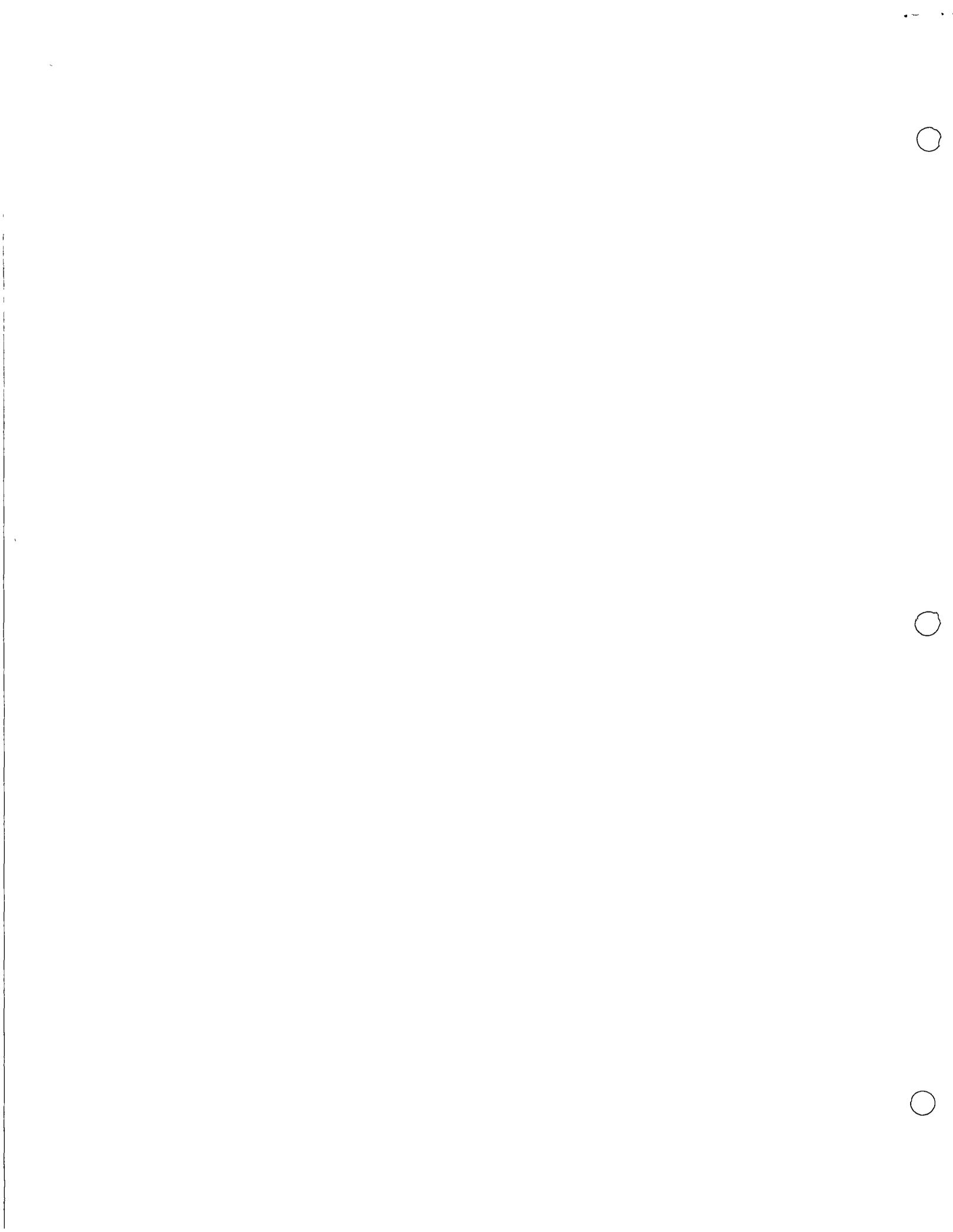
TRABAJO COMPLEMENTARIO

I.- CONOCIDAS LAS GRANULOMETRIAS DE TRES MATERIALES, QUE SEGUN ESTUDIOS PREVIOS, REUNEN CARACTERISTICAS ACEPTABLES PARA SU EMPLEO EN LA ELABORACION DE CONCRETO ASFALTICO, DETERMINE LAS PROPORCIONES EN QUE SE DEBERAN USAR PARA OBTENER LA CURVA GRANULOMETRICA DE PROYECTO.

MALLA No.	PORCENTAJE QUE PASA			PROYECTO
	MAT. A	MAT. B	MAT. C	
3/4	100	100		100
1/2	72	96		88
3/8	50	91		81
1/4	32	80		71
No. 4	23	66		61
No. 10	11	42	100	42
No. 20	6	26	99	27
No. 40	4	20	77	18
No. 60	3	16	22	10
No. 100	2	11	4	7
No. 200	1	7	2	5

II.- DESCRIBA LOS PASOS QUE SERIAN NECESARIOS DAR PARA CALIBRAR UNA PLANTA DE PRODUCCION CONTINUA, SEMEJANTE A LA DEL EJEMPLO, DE TAL MANERA QUE SE PUEDE PRODUCIR 140 TON./HR. SIENDO EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO - 5.5% .

III.- SI EN ESTE MISMO CASO, LA PLANTA CUENTA CON TRES TOLVAS DE IGUAL CAPACIDAD PARA AGREGADOS EN FRIJO Y LA PROPORCION RESULTANTE DE AGREGADOS, REQUIERE CANTIDADES -- MUY DIFERENTES ENTRE SI, DE CADA UNO DE LOS MATERIALES QUE SOLUCION PROPONDRIA UD. PARA OBTENER LA MAYOR EFICIENCIA DE LA PLANTA.



CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

U N A M

CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

ELABORACION, TENDIDO Y COMPACTACION
DE MEZCLAS DE CONCRETO ASFALTICO.

Ing. Emilio Gil Valdivia
México, D.F. Agosto de 1974



T E M A R I O

OBJETIVOS

PARTE PRIMERA

MATERIALES	1
MEZCLAS ASFALTICAS	3
PLANTA DE PRODUCCION DISCONTINUA	6
CALIBRACION DE LA PLANTA	9
TRANSPORTE DE LA MEZCLA	22
TENDIDO Y COMPACTA CION.	22
CONTROL DE CALIDAD	25
ESPECIFICACIONES	29

PARTE SEGUNDA

PLANTA DE PRODUCCION CONTINUA	1
CALIBRACION DE LA PLANTA	3
MUESTREO	5
ANALISIS DE LAS MUESTRAS	6
AJUSTE DE LA PRODUCCION DE LA PLANTA	7

BIBLIOGRAFIA.

OBJETIVOS: Se pretende que al término de esta plática , el alumno sea capaz de describir los diferentes - tipos de plantas para elaboración de concreto- asfáltico y su funcionamiento. Asimismo pueda identificar los diferentes tipos de mezclas as- fálticas y pueda detallar cada una de las eta-- pas de su construcción.

Con los datos que se le proporcionaran deberá- efectuar la calibración teórica de una planta pa- ra elaboración de concreto asfáltico. El mejor trabajo será aquél que se apegue más al proyec- to , cumpla con las tolerancias especificadas y logre una mayor eficiencia de la planta.

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

"EXCAVACION CON TRACTOR EQUIPADO
CON HOJA TOPADORA Y ARADO "

ING. JORGE A. CABEZUT BOO

CURSO DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS

TRACTORES Y ARADOS

En la industria de la construcción y principalmente en las actividades de excavación podemos considerar que el tractor es una máquina que casi siempre estará presente en este tipo de trabajos por su versatilidad. Para el constructor resulta indispensable conocer bien este equipo para lograr su mejor aprovechamiento al mínimo costo.

Pensemos en cualquier proyecto y observaremos que con frecuencia aparece la silueta tan conocida de un tractor, especialmente el de carriles, equipado con accesorios inseparables como son la hoja o dozer y posiblemente el arado o desgarrador.

La ingeniería moderna exige realización de las obras en plazos mínimos de acuerdo con programas elaborados atendiendo a la técnica y a la economía, pero siempre resultan trabajos en los cuales deben aportarse suficientes recursos y aprovecharlos al máximo, es decir, lograr la mayor eficiencia.

El ingenio del hombre está transformando continuamente la cara de nuestra tierra e inclusive en ocasiones modifica la ecología, todo con la intención de buscar una mejor forma de vida atendiendo a las crecientes y continuas necesidades que debemos satisfacer para nuestra explosiva población.

El constructor atendiendo a un proyecto determinado, planea, programa, organiza, ejecuta, controla, aporta máquinas, materiales, personal y toda la experiencia que se requiere para coordinar esta suma de agregados para lograr un producto,

final que puede ser desde una mínima obra que sirve a un individuo hasta un proyecto que beneficie una zona, región o nación atendiendo necesidades colectivas.

Existen muchas máquinas para realizar trabajo, pero posiblemente ninguna tan conocida como el tractor y resulta que siendo un equipo costoso, en muchas ocasiones los que manejan este equipo delegan en gente irresponsable su operación, casi siempre por desconocimiento o apatía. Una simple analogía sería la de un carro en la cual el dueño lo opera, mantiene y vigila que esté limpio, lubricado y hasta la exageración de que no tenga ruidos. Sabe como usarlo en distintas superficies de rodamiento y pendientes, qué velocidades son convenientes, como hacer el mantenimiento adecuado; de modo que cuando lo reemplaza obtiene casi siempre un buen valor de rescate. Un carro cuesta del orden de \$60,000.00 y se usará en promedio unas 150 hrs/mes cuando mucho. Un tractor tipo D-8 o similar, que es un elemento de producción y se utiliza más horas al mes, se cotiza actualmente en \$1'200,000.00 al contado y si se compra a crédito habrá que sumar gastos de apertura de crédito e intereses. Esto quiere decir que hay una relación de 20 a 1 entre el valor de esas máquinas y cabe reflexionar si la atención durante su vida útil es proporcional.

Cuando se compra una máquina de la categoría de un tractor de inmediato - debe estar produciendo pues el capital invertido es de tal magnitud que la inactividad le causa pérdidas al dueño, es peor que tener el dinero guardado en la - casa sin beneficio alguno. Al contrario, una máquina o grupo de máquinas adquiridas y manejadas con eficiencia pueden permitir al dueño no solo obtener beneficios que compensen la inversión sino también tener utilidades que aceleren el - progreso de la empresa.

El movimiento de tierras se realiza a través de tres actividades principales, - como son: excavar, acarrear y colocar los materiales que han sido atacados en su estado natural. Lo que más le interesa al constructor es obtener máxima producción al mínimo costo y esto dependerá de la modalidad de la obra. El tractor equipado con hoja o dozer llamado comunmente bulidazer y con un arado o desgarrador puede realizar esa triple actividad en forma muy efectiva dentro de determinadas condiciones.

DESCRIPCION.

Existen dos tipos de tractores:

Los de ruedas.

Los de orugas o carriles.

Ambos son muy utilizados en construcción, sin embargo para excavar, el de carriles es más conveniente en terminos generales. Desde luego para seleccionar el tractor que debe usarse es necesario tomar en cuenta el tipo de obra por ejecutar, superficie de rodamiento y pendientes, dureza de los materiales por excavar, distancias de acarreo, dificultades de ataque, cantidades de obra por ejecutar, y -- otra serie de factores, pero cuando se requieren tractores para excavar podemos -- arrevernos a decir que el de orugas es el más utilizado.

El tractor de carriles consta principalmente de un motor diesel, apoyado en un chasis, un sistema de transmisión de diseño planetario para enviar la potencia generada por el motor mediante mandos finales al sistema de tránsito.

El motor es de combustión interna, de cuatro tiempos, seis cilindros. La potencia neta en el volante está indicada bajo determinadas características de temperatu

ra, presión barométrica y revoluciones por minuto.

El sistema de tránsito consta de cadenas formadas por pernos y eslabones a las cuales se atornillan las zapatas de apoyo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos conocidos como "roles". En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engrane propulsor que transmite la fuerza tractiva.

En las tablas de las páginas números 5 y 6 se indican las especificaciones de los tractores de carriles marca Caterpillar. En estas tablas tenemos señaladas las potencias de algunas máquinas, sus dimensiones geométricas, su peso y características de los motores.

Los tractores de oruga tienen diversos aditamentos, siendo el principal la hoja empujadora o dozer cuyas funciones pueden ser la de excavar, desmontar y empujar otras máquinas.

El tractor de oruga tiene la gran ventaja de que construye sus propios caminos de acceso para llegar a los sitios de trabajo, puede operar en zonas montañosas y de fuerte pendiente, tiene mejor tracción al tener mayor adherencia con la superficie de apoyo que los tractores de llanta.

TRACTORES DE CARRILES.- ESPECIFICACIONES

Modelo	DD9G	D9G	D8H	D7F	D6C	D6C (A.E.)	D5 60" (trocha) 74"		D5 (A.E.)	D4D	D4D (A.E.)	
Potencia en el volante, en hp ...	770	385	270	180	125	125	93		93*	65	68*	
RPM indicadas	1330	1330	1280	2000	1900	2000	1750		1500	1680†	2000	
Peso aprox. S-T lb	176,500	68,000	50,000	31,900	23,500		18,700	19,100		13,700		
embarque (kg) ...	(80100)	(30800)	(22700)	(14,500)	(10700)		(8500)	(8700)		(6200)		
Peso: TD lb			49,000	31,300	23,000	26,100	18,100	18,500	26,400	13,100	15,100	
(kg) ...			(22200)	(14200)	(10400)	(11800)	(8200)	(8400)	(9300)	(5900)	(6800)	
Dimensiones Generales:												
Largo total	pies ...	42'6"	18'0"	17'0"	14'8"	13'0"	13'	12'9"		12'9"	11'1"	11'0"
(mm) ...		(13000)	(5500)	(5200)	(4450)	(3950)	(3950)	(3900)		(3900)	(3400)	(3350)
Ancho (zapatas Std.)	pies ...	10'9"	9'11 1/2"	8'11"	8'5"	7'9"	7'10"	6'7 1/2"	7'9 1/2"	7'3 1/2"	6'6"	6'6"
(mm) ...		(3300)	(3050)	(2700)	(2550)	(2360)	(2390)	(2020)	(2370)	(2370)	(1980)	(1930)
Alto (sin escape ni predapurador)	pies ...	9'10 1/4"	9'2"	8'0"	7'4"	6'11 1/2"	7'2 1/2"	6'5 1/2"		6'10"	5'7 1/2"	6'1"
(mm) ...		(3000)	(2800)	(2440)	(2240)	(2120)	(2200)	(1970)		(2050)	(1710)	(1850)
Entrevía	pulg ...	90"	90"	84"	78"	74"	74"	60"	74"	74"	60"	60"
(mm) ...		(2290)	(2290)	(2130)	(1980)	(1880)	(1880)	(1520)	(1880)	(1830)	(1520)	(1520)
Espacio libre (de la cara de las zapatas)	pulg ...	14"	23-9/16"	19-7/8"	15 1/4"	14-5/8"	14 1/2"	14"	13 1/2"	13 3/8"	14"	14"
(mm) ...		(355)	(600)	(500)	(385)	(370)	(370)	(355)	(345)	(345)	(355)	(355)
Ancho de zapatas	pulg ...	24"	24"	22"	20"	18"	20"	16"		18"	13"	16"
(mm) ...		(610)	(610)	(560)	(510)	(455)	(510)	(405)		(455)	(330)	(405)
Area de contacto en el suelo	pulg ² ...		6354	5049	4280	3357	3730	2784		3035	1885	2328
(m ²) ...			(4,10)	(3,26)	(2,76)	(2,17)	(2,41)	(1,80)		(1,99)	(1,22)	(1,50)
Largo de carriles en el suelo	pulg ...		132 1/2"	115"	107"	93 1/4"	93"	87"		85-11/16"	72 1/2"	72 3/4"
(mm) ...			(3350)	(2900)	(2700)	(2370)	(2360)	(2210)		(2130)	(1840)	(1850)

*hp en la Barra de Tiro, no en el volante.

S-T = Servo-Transmisión

TD = Transmisión Directa

†La velocidad indicada del motor del D4D con S-T es de 2000 RPM.

Para la pérdida de hp a causa de la altitud vea la última página de la Sección de Movimiento de Tierra.

TRACTORES DE CARRILES.- ESPECIFICACIONES

Modelo		DD9G	D9G	D8H S-T	D8H TD	D7F S-T	D7F TD	D6C S-T	D6C TD	D6C (A.E.)	D5 S-T	D5 TD	D5 (A.E.)	D4D TD	D4D S-T	D4D (A.E.)
Capacidades:																
istemas de enfr.	gal EUA (litros)	80 (302)	40 (151)	31 (117)	31 (117)	12 (45)	12 (45)	10% (39)	9% (34,5)	10 (38)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	8 (30)	8 (30)	8 (30)
inque de comb	gal EUA (litros)	400 (1514)	200 (757)	134 (507)	134 (507)	115 (435)	115 (435)	78 (295)	78 (295)	115 (435)	65 (246)	65 (246)	78 (295)	42 (159)	42 (159)	62½ (237)
irter del otor diesel	gal EUA (litros)		11½ (43)	8% (33)	8% (33)	7% (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	7 1/4 (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	5 (18,9)	5 (18,9)	5 (18,9)
ompart. transmisión, visor de par, corona embragues de direc.	gal EUA (litros)		31 (117)	31 (117)		31 (117)		21 (79)			12% (46)				10x (38)	
ansm., corona, embrague de direc.	gal EUA (litros)				31* (117)		31* (117)		26* (98)	26* (98)						
ansmisión	gal EUA (litros)											12%* (46)	12%* (46)	6 (22,7)	4† (15,1)	6 (22,7)
embrague ncipal	gal EUA (litros)										(entrevía) 74" 60"			2% (8,5)		2% (8,5)
da mando final	gal EUA (litros)		11½ (43)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	5 (19)	5 (19)	5 (19)	3 (11)	2-3/8 (9)	3 (11)	2½ (9)	2½ (9)	2½ (9)
da caja del orte tensor	gal EUA (litros)		7 (26)	5 (19)	5 (19)											

cluye también el Embrague Principal

†Compart de la Corona

xCompart de la Transm. y del Convertidor de par

= Transmisión Directa

= Servo-Transmisión

En el mercado se encuentran varios proveedores que distribuyen tractores de carriles como son: Caterpillar, Komatsu, Terex, Allis Chalmers, International, de distintos tipos y tamaños, que pueden tener características especiales que los hacen más o menos populares entre el grupo de los constructores, pero quizá los factores que más influyan para adquirir una marca sean la oportunidad, la existencia, facilidades de pago, precio, posible valor de rescato, pero muy especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca el vendedor.

Algunos modelos de tractores se señalan a continuación:

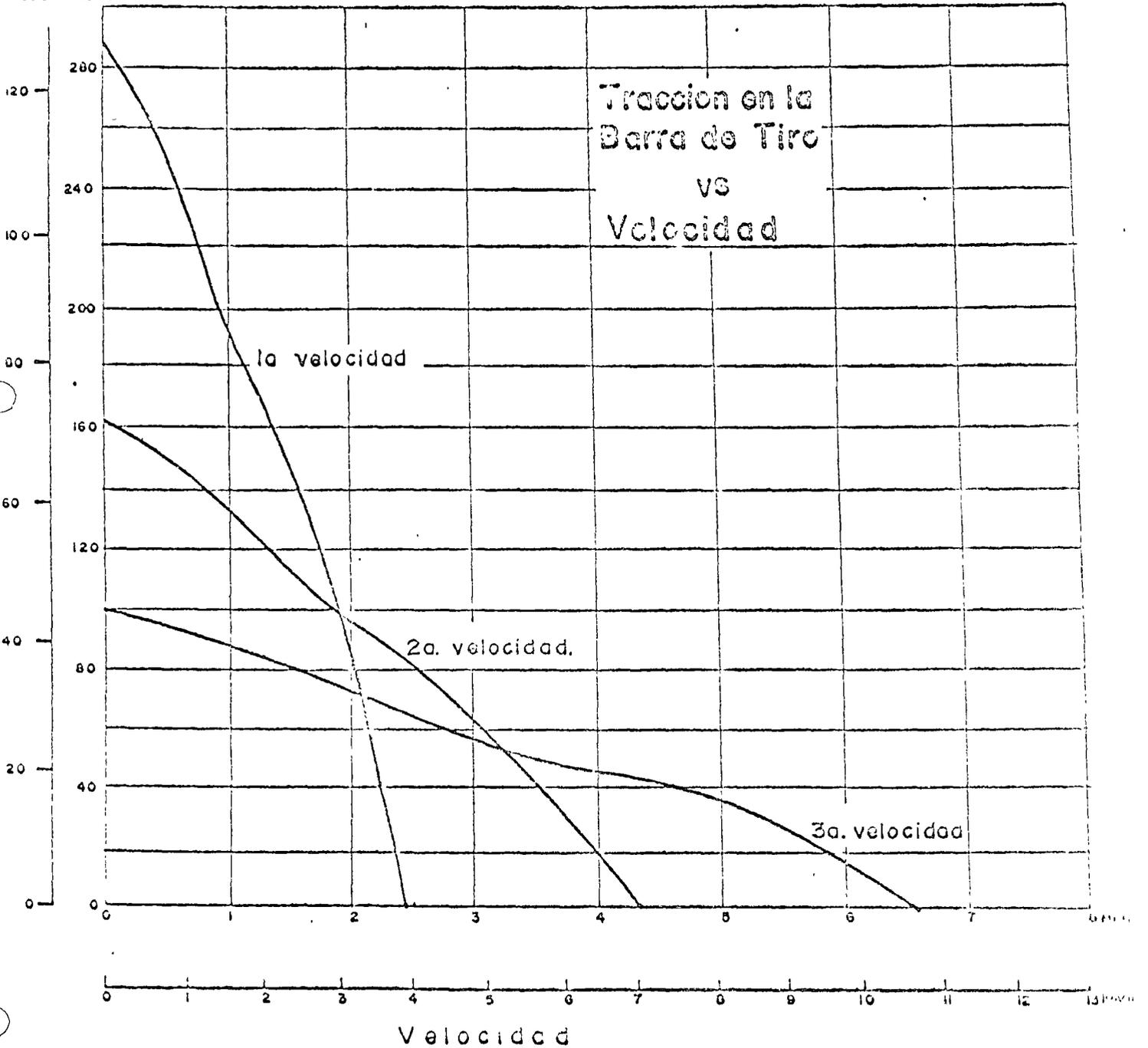
KOMATSU		INTERNATIONAL		TEREX	
modelo	potencia	modelo	potencia	modelo	potencia
D55A	105 HP	TD-15 B	120 HP	82-30	225 HP
D65A	140 HP	TD-20 B	160 HP	82-40	290 HP
D85A	180 HP	TD-20 C	170 HP	82-80	440 HP
D150A	300 HP	TD-25 B	230 HP		
D355A	410 HP	TD-25 C	285 HP		

La capacidad de un tractor está en función de su potencia y de su peso. La potencia nos determina la fuerza tractiva disponible en el gancho o barra de tiro y está afectada por la altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la resistencia al rodamiento de la superficie donde se desplaza la máquina y por la pendiente. La máxima fuerza tractiva está fijada por el peso de la máquina multiplicado por el coeficiente de tracción. Así por ejemplo un vehículo patinaría al transitar sobre hielo, que tiene un mínimo coeficiente de tracción, a pesar de que hubiera mucha potencia disponible.

D96 DOBLE

Traccion en la Barra de Tiro

KG x 1000 lb x 1000



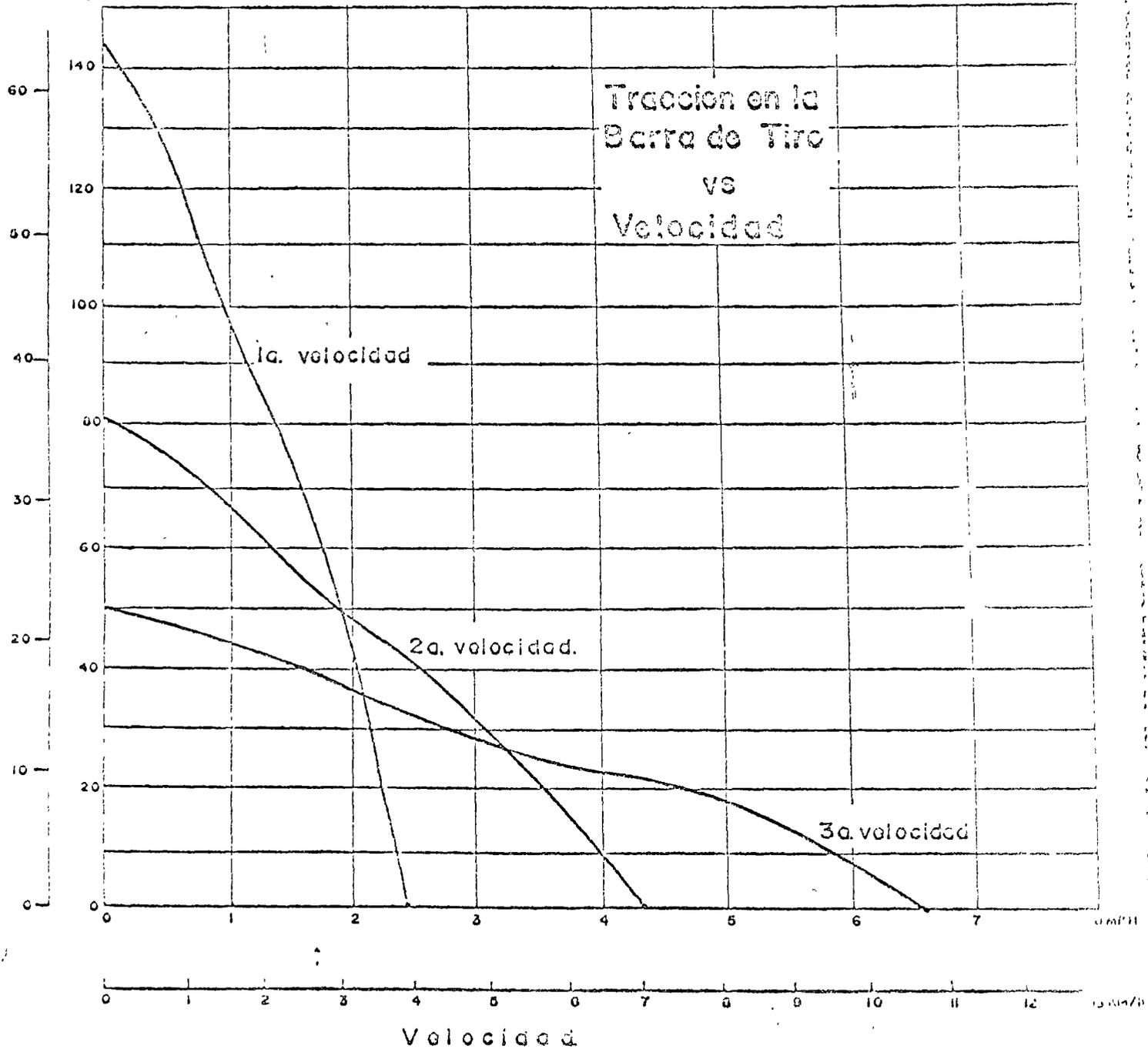
Las hojas de especificaciones que ofrecen los distribuidores de equipo dan las características de los distintos modelos y desde luego el tamaño del tractor es proporcional a su potencia en el volante a determinadas R.P.M., la que se transmite mediante mecanismos y determinan la tracción en la barra de tiro utilizable a distintas velocidades, la cual está afectada como se indicó anteriormente por las -- condiciones del suelo, pendiente, altura sobre el nivel del mar. Este último aspecto superado en las máquinas modernas por la -- instalación de turbo cargadores y -- enfriadores de aire.

La relación entre velocidades de avance y tracción en las barras de tiro en tractores Caterpillar equipados con servo transmisión se muestran en las hojas números 9, 10, 11 y 12. En la hoja 13 se muestra esta misma relación para los mode- los D8H y D7F con transmisión directa.

D 9 6

Traccion en la Barra de Tiro

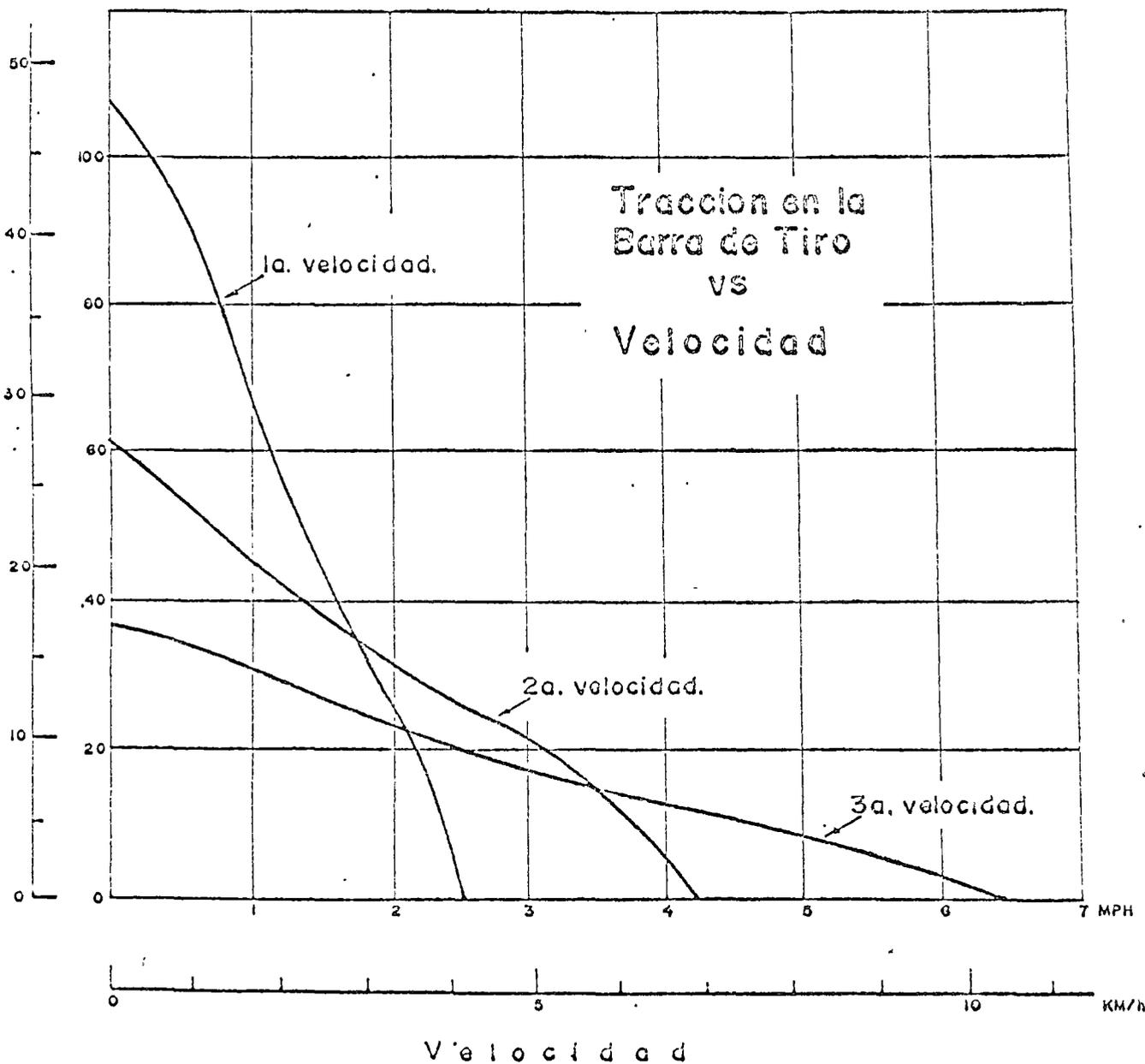
KG x 1000 lb x 1000



D S H - CON SERVO-TRANSMISION

Tracción en la Barra de Tiro

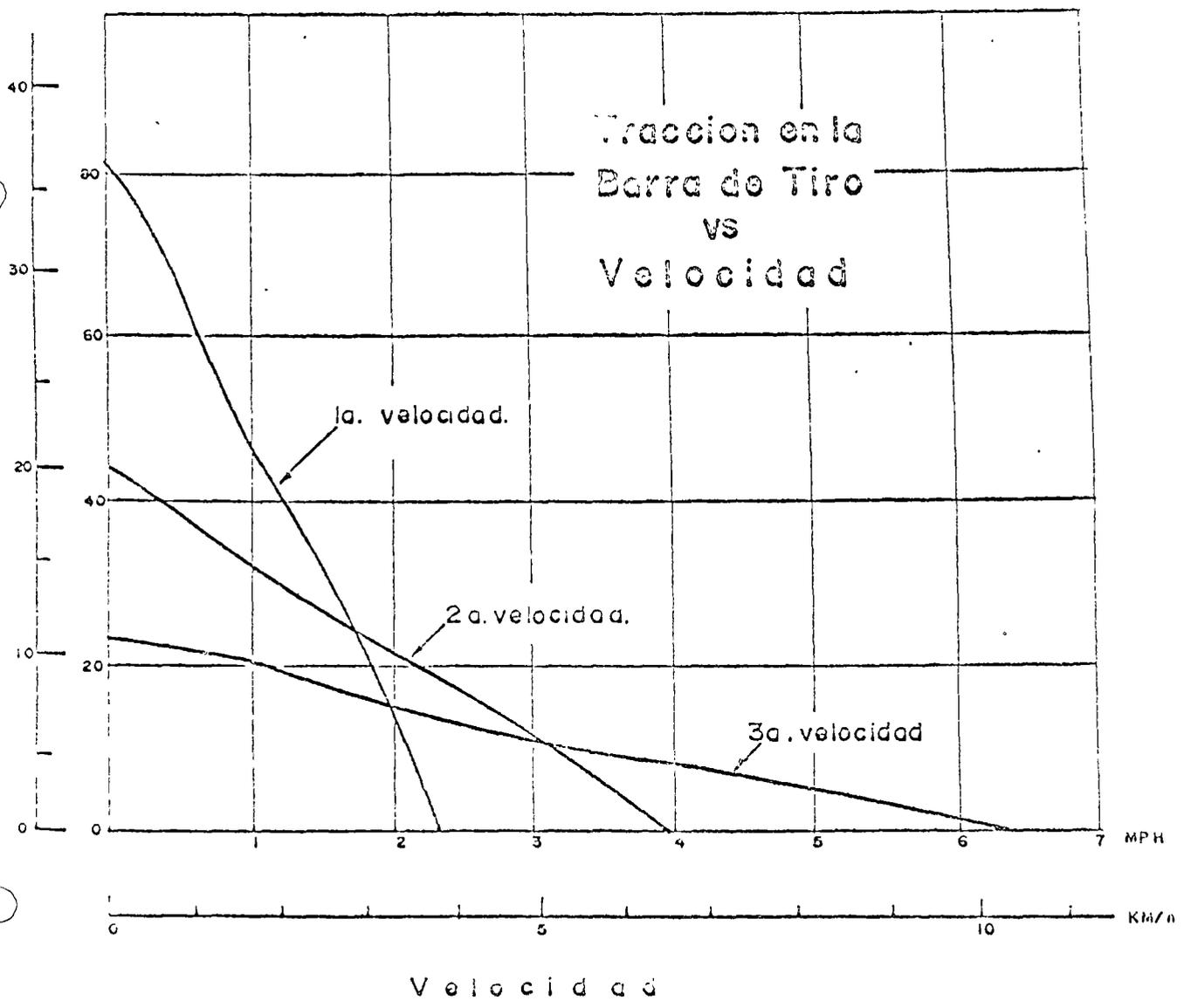
KG x 1000 lb x 1000



D7F con SERVO-TRANSMISION

Tracción en la Barra de Tiro

KG x 1000 lb x 1000



D8H y D7F con TRANSMISION DIRECTA.

TRANSMISION DEL D8H Y DEL D7F:

De engrane constante, con engranajes helicoidales y cambio rápido de sentido de marcha. Lubricación a presión, con aceite filtrado y enfriado. Construcción en unidades desmontables.

VELOCIDADES Y TRACCION EN LA BARRA DE TIRO DEL D8H:

	Avanco		Retroceso		Tracción en la barra de tiro*			
	MPH	km/h	MPH	km/h	A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
					libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.6	(2,6)	1.6	(2,6)	52,410	(23790)	68,000	(28390)
2a	2.1	(3,3)	2.1	(3,4)	39,130	(17780)	47,930	(21760)
3a	2.9	(4,6)	2.9	(4,7)	26,870	(12200)	33,210	(15000)
4a	3.7	(6,0)	3.8	(6,1)	19,490	(8850)	24,300	(11060)
5a	4.9	(7,8)	4.9	(7,9)	13,840	(6280)	17,590	(7900)
6a	6.7	(10,8)	6.8	(11,0)	8,660	(3930)	11,360	(5160)

VELOCIDADES Y TRACCION DEL D7F:

Transmisión Standard

	Avanco		Retroceso		Tracción en la barra de tiro*			
	MPH	km/h	MPH	km/h	A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
					libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.5	(2,4)	1.8	(2,9)	37,600	(17100)	47,450	(21540)
2a	2.2	(3,5)	2.5	(4,0)	25,000	(11350)	31,760	(14420)
3a	3.1	(5,0)	3.7	(6,0)	16,400	(7450)	21,090	(9570)
4a	4.6	(7,4)	5.4	(8,7)	10,100	(4580)	13,280	(6030)
5a	5.9	(9,5)	-	-	7,140	(3240)	9,610	(4360)

RENDIMIENTO. -

Potencia es la capacidad de realizar un trabajo por unidad de tiempo, por lo que las unidades son Pies Libras por Minuto o Kilográmetros por Minuto. Generalmente se expresa en unidades del sistema inglés en H.P. o caballos de potencia. Un H.P. corresponde a 33,000 Pies Libras por Minuto y equivale a 746 watts.

La altura sobre el nivel del mar afecta la potencia útil de los motores arriba de los 1000 metros del orden del 1% por cada 100 metros de altura, así una máquina trabajando a 3000 metros tendría una pérdida del 20%, que con la instalación de turbocargadores y enfriadores de aire de admisión se tiende a compensar esta disminución en la potencia.

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

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

en donde:

F.T. = Fuerza tractiva en libras.

H.P. = Potencia nominal.

V = Velocidad en millas por hora.

Las especificaciones de las máquinas muestran la relación entre velocidad y tracción en la barra de tiro.

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.

$$R.R. = \frac{\text{Peso de la máquina} \times \text{coeficiente de R.R.}}{100}$$

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.

$$R.P. = \frac{\text{Peso del vehículo} \times \% \text{ de pendiente}}{100}$$

Las resistencias al rodamiento y a la pendiente se restan a la fuerza tractiva en el gancho y se obtiene la fuerza tractiva disponible para realizar trabajo, sin olvidar que la máxima está definida por:

$$F.T. mx. = \text{Peso del tractor} \times \text{coeficiente de tracción.}$$

Las tablas de la hoja número 16 nos muestran coeficientes de resistencia al rodamiento y de tracción.

LA RESISTENCIA AL RODADO EN
CONDICIONES TÍPICAS

	lb/ton	(kg/t)
Un camino estabilizado, pavimentado, duro y liso que no cede bajo el peso, regado y conservado . . .	40	(20)
Un camino firme y liso, de tierra o con recubrimiento ligero, que cede un poco bajo la carga. Reparado con bastante regularidad, y regado	65	(35)
Nieve: compacta	50	(25)
suelta	90	(45)
Un camino de tierra, con baches y surcos, que cede bajo la carga; se repara muy poco, o nada, y no se riega. Los neumáticos penetran 1" (25 mm), o más	100	(50)
Camino de tierra con baches y surcos, blando, sin estabilizar y que no se repara. La penetración de los neumáticos es de 4" a 6" (100 a 150 mm)	150	(75)
Arena o grava suelta	200	(100)
Camino blando y fangoso con surcos, no se repara	200 a 400	(100 a 200)

El tamaño de los neumáticos y la presión del aire utilizados son factores que reducen o aumentan considerablemente las cifras de la tabla. Los datos indicados son bastante exactos para hacer estimaciones cuando no hay disponible la información específica sobre el rendimiento de un equipo determinado en terrenos de ciertas condiciones. Para información adicional, vea la Sección de Datos sobre Movimiento de Tierra.

COEFICIENTES APROXIMADOS DEL
FACTOR DE TRACCION EN EL SUELO

	FACTORES DE TRACCION	
	Neumáticos	Carriles
Hormigón	0,90	0,45
Marga arcillosa, seca	0,55	0,90
Marga arcillosa, mojada	0,45	0,70
Marga arcillosa con surcos	0,40	0,70
Arena seca	0,20	0,30
Arena mojada	0,40	0,50
Cantera	0,65	0,55
Camino de grava suelta	0,36	0,50
Nieve compacta	0,20	0,25
Hielo	0,12	0,12*
Tierra firme	0,55	0,90
Tierra floja	0,45	0,60
Carbón amontonado	0,45	0,60

Con los datos anteriores se puede calcular la producción de un tractor. 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 - 0.25 min.

El rendimiento está expresado por:

$$R = \frac{E \times \text{Capacidad de la máquina en M3 sueltos.}}{\text{Tiempo del ciclo en minutos}}$$

$R = M3 \text{ sueltos/hora.}$

$E = \text{Minutos por hora de trabajo generalmente de 45 a 50 minutos.}$

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

La producción de una máquina también pueda obtenerse por observación directa, midiendo el volúmen excavado en un tiempo determinado.

El tractor excavando con una hoja del tipo recto o angulable puede dar distintas producciones dependiendo de las condiciones del trabajo que esté realizando y del tipo de material que esté moviendo.

En pendientes positivas tendrá menor rendimiento que si trabaja cuesta abajo. En zanjas su producción será mayor pues el material excavado no puede escurrirse por los lados. En acarreos largos habrá tendencia a perder volúmen excavado en el trayecto. En la tabla de la página número 18 se muestran las pendientes en las -- cuales pueden trabajar los tractores de carriles.

OPERACION EN LADERAS DE LOS TRACTORES ... 18 DE CARRILES CATERPILLAR

La tabla siguiente da la pendiente máxima a la cual cada tractor opera bien con la debida lubricación.

TRACTOR	D9 Serie G	D8 Serie H	D7 Serie F	D6 Serie C	D5	D4 Serie D
En porcentaje	100	84	100	100	100	100
o en Grados de inclin.	45	40	45	45	45	45

Deben considerarse los siguientes puntos importantes:

- Velocidad de viaje - A velocidades altas, las fuerzas de inercia tienden a disminuir la estabilidad del tractor.
- Desigualdades del terreno o superficie. Debe aplicarse una considerable tolerancia cuando el terreno o la superficie es desigual.
- Accesorios instalados. Los bulldozers, aguilones laterales, malacates, y cualquier otro equipo montado, alteran el equilibrio de la máquina.
- Tipo de suelo. Los rellenos de tierra nuevos pueden ceder bajo el peso del tractor. Los suelos rocosos suelen ocasionar el deslizamiento de las máquinas.
- Deslizamiento de los carriles debido a cargas excesivas. A causa de esto, los carriles a nivel inferior podrían excavar el suelo y aumentar la inclinación del tractor.
- Implementos instalados en la barra de tiro (arcos para tirar de troncos, vagones de dos ruedas, etc.) podrían reducir el peso en el carril más elevado.
- Altura del enganche en el tractor. Cuando se utiliza una barra de enganche alta, el tractor es menos estable que si tiene una de altura standard.
- Ancho de las zapatas. Las zapatas anchas tienden a reducir la acción de excavación, o sea que el tractor es más estable.
- Equipo operado. Debe considerarse con cuidado la estabilidad y otros distintivos del equipo operado por el

La calidad y granulometría del material que se excava influyen en la producción horaria, pues no es lo mismo manejar arena suelta o tierra vegetal que una roca bien o mal tronada.

El proyecto desde luego tiene una influencia definitiva en los resultados. Un tractor con hoja angulable cortando en balcón y desperdiciando el material tendrá probablemente ventaja sobre otra máquina excavando el mismo material en secciones de tipo mixto o en tramos compensados. Cada caso requiere de coeficientes de corrección que son consecuencia de la observación y experiencia y que de no aplicarse pueden dar lugar a errores en el cálculo de la producción y redundan en los costos analizados a priori.

Al manejar cantidades de obra debe aclararse si se trata de volúmenes en -- banco, sueltos o compactos y aplicar los factores de conversión volumétrica correspondientes.

Operar con eficiencia un tractor nos dará máximo rendimiento y mínimo costo por lo que es fundamental que el trabajo de la máquina esté respaldado por una -- organización adecuada que aporte servicios de combustibles, lubricantes, mantenimiento, reparaciones y personal en forma oportuna. La máquina no puede trabajar por sí misma, necesita forzosamente atención como todos los bienes de producción en instalaciones fijas.

APLICACIONES.-

Los tractores tienen diversas aplicaciones y aditamentos específicos para cada caso, entre los principales están:

- Aditamento frontal llamado hoja o dozer.
- Arado o desgarrador adaptado en la parte posterior del tractor.

El tractor puede utilizar varios tipos de hojas topadoras y en este caso se le conoce con el nombre de bulldozer:

- 1.- Recta, que se utiliza para excavar acarreando el material hacia adelante.
- 2.- Angulable, que puede inclinarse en relación al avance del tractor.
- 3.- En "U", que tiene una mayor capacidad puesto que los lados forman una caja para evitar que el material se escurra.
- 4.- Amortiguada, para empujar y resistir los impactos.
- 5.- Desgarradora, que permite una mayor penetración en el terreno.

Cada hoja tiene una función específica, sin embargo las más frecuentes son: la recta y la angulable. Esta última muy popular pues tiene una gama más amplia de aplicaciones. Todas vienen equipadas con piezas de desgaste como son la cuchilla en la parte inferior y las puntas de extremo o "gavilanes". Estas piezas son las que inician el afloje de la excavación y pueden cambiarse cada vez que se requiera, en esta forma se protege la hoja que es un elemento caro.

La hoja se monta en un marco que está acoplado al tractor y puede controlarse mediante cables o sistemas hidráulicos. El control de cable, es más sencillo en su mantenimiento, pero el control hidráulico resulta superior pues permite aplicar -

una mayor fuerza de penetración con una fácil manejabilidad. La única desventaja del control hidráulico podría ser el costo de reparaciones por una mala operación - al encontrar el tractor dificultades en la excavación. Los fabricantes de tractores - también lo son de sus propias hojas.

En las páginas 22,23,24,25,26 y 27 se muestran las características de las hojas topadoras para tractores Caterpillar modelos D-9, D-8 y D-7.

Modelo		9A	9S	9U	9R	9C
Tipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora	Amortiguada
Peso de embarque sin control. Para usarse con Control Hidráulico 193	-lb -(kg)	14600 (6600)	14600 (6600)	16200 (7400)	18300 (8300)	12000 (5400)
Dimensiones principales. Tractor y topador)						
Longitud (hoja recta)	-pies -(mm) ...	23'3 1/4" (7100)	23'2 3/4" (7100)	24'2 3/4" (7400)	23'3" (7100)	22'8 1/2" (6900)
Longitud (hoja en ángulo)	-pies -(mm) ...	26'3 7/8" (8000)				
Ancho (hoja recta)	-pies -(mm) ...	15'11 3/4" (4850)	14'5 3/8" (4350)	15'9" (4800)	14'4 1/2" (4350)	10'1" (3050)
Ancho (hoja en ángulo)	-pies -(mm) ...	14'2" (4300)				
Ancho (sólo con bastidor "C")	-pies -(mm) ...	12'1" (3700)				

HOJAS TOPADORAS PARA D9

Modelo		9A	9S	9U	9R	9C
Hoja:						
Longitud	-pies. -(mm) ...	15'11 3/4" (4850)	14'5 3/8" (4350)	15'9" (4800)	14'4 1/2" (4350)	10'1" (3050)
Altura	-pulg ... -(mm) ...	51 1/4" (1300)	71 1/2" (1820)	71 1/2" (1820)	71 1/2" (1820)	60" (1520)
Descenso máximo por debajo del suelo	-pulg ... -(mm) ...	23 1/2" (600)	21 1/4" (540)	21 1/4" (540)	21 1/4" (540)	20 3/4" (530)
Inclinación lateral máx.	-pulg ... -(mm) ...	10" (255)	37 1/4" (950)	40 1/2"	37 1/4" (950)	
Ajuste máx. del ángulo de ataque	.....		8°	8°	8°	
Giro de la hoja (a cada lado)	.....	25°				
Accesorios:						
Protector de empuje-Bastidor en "C"	.....	Sí	No	No	No	No
-Hoja	.....	No	Sí	No	Sí	No
Peso de embarque (instalada)	-lb -(kg).....	5420 (2460)	1550 (700)		1550 (700)	

HOJAS IRRADIADAS: FIN 60

Modelo		8A	8S	8U	8R	8C
		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora	Amortiguada
Peso de embarque sin control						
Para usarse con Control Hidr. 183, Serie B	-lb -(kg)	11600 (5300)	10900 (4950)	12100 (5500)	15400 (7000)	8900 (4050)
Control de Cable 128	-lb -(kg)	10600 (4800)	10000 (4550)	11200 (5100)		9400 (4250)
Dimensiones principales: (Tractor y topador)						
Longitud (hoja recta)	-pies. -(mm) ...	21'8" (6600)	21'9" (6650)	22'7" (6900)	21'9" (6650)	22'1" (6750)
Longitud (hoja en ángulo)	-pies. -(mm) ...	24'8 1/2" (7550)				
Ancho (hoja recta)	-pies. -(mm) ...	15'2" (4600)	13'1" (4000)	13'9" (4200)	13'4" (4050)	13'4" (4050)
Ancho (hoja en ángulo)	-pies. -(mm) ...	13'9" (4200)				
Ancho (sólo con bastidor "C")	-pies. -(mm) ...	11'4" (3450)				

HOJAS TOPADORAS PARA D8

Modelo		8A	8S	8U	8R	8C
Hoja:						
Longitud	-pies.	15'2"	13'1"	13'9"	13'4"	9'10 1/2"
	-(mm)	(4600)	(4000)	(4200)	(4050)	(3000)
Altura	-pulg.	43 5/8"	53 1/2"	53 1/2"	53 1/2"	48 1/4"
	-(mm)	(1110)	(1360)	(1360)	(1360)	(1230)
Descenso máximo por debajo del suelo	-pulg.	21 3/4"	18 3/8"	18 3/8"	18 3/8"	21"
	-(mm)	(550)	(470)	(470)	(470)	(530)
Inclinación lateral máx.	-pulg.	13"	34 1/2"	35 3/4"	23 3/8"	
	-(mm)	(330)	(880)	(910)	(590)	
Ajuste máximo del ángulo de ataque	.....		10°	10°		
Giro de la hoja a cada lado	.....	25°				
Accesorios:						
Cilindro de Inclinación						
Inclin.lateral máx., hydr.	-pulg.		41 3/4"	44"	23 3/8"	
	-(mm)		(1060)	(1120)	(590)	
Protec. de empuje - Bastidor "C"	.....	Si	No	No	No	No
- Hoja	.....	No	Si	No	Si	No
Peso de embarque (instalada)	-lb	5535	750		750	
	-(kg)	(2510)	(340)		(340)	
Dimensiones del cable:						
Diámetro	-pulg	1/2"	1/2"	1/2"		1/2"
	-(mm)	(12,7)	(12,7)	(12,7)		(12,7)
Longitud para usarse con el Control de Cable No. 128	-pies.	92'6"	92'6"	92'6"		92'6"
	-(m)	(28)	(28)	(28)		(28)

*No hay límite en las unidades de Control de Cable.

Modelo		7A	7S	7U	7R
Tipo		Angulable	Recto	En "U"	Desgarradora
Peso de empuje sin control					
Control No 173	-lb -(kg)	6700 (3050)	7100 (3200)	7900 (3600)	9100 (4150)
Control No. 127	-lb -(kg)	6200 (2800)	6600 (3000)		
Dimensiones (Tractor)					
Longitud (Cadena)	-pies -(mm)	18'0" (5500)	17'4" (5300)	18'10" (5750)	17'4" (5300)
Longitud (ángulo)	-pies -(mm)	21'0" (6400)			
Ancho (Cadena)	-pies -(mm)	14'0" (4250)	12'0" (3650)	12'8" (3850)	12'0" (3650)
Ancho (ángulo)	-pies -(mm)	12'10" (3900)			
Ancho (base)	-pies -(mm)	10'3" (3100)			

HOJAS TOPADORAS PARA D7

Modelo		7A	7S	7U	7R
Hoja:					
Longitud	-pies	14'0"	12'0"	12'8"	12'0"
	-(mm)	(4250)	(3650)	(3850)	(3650)
Altura	-pulg	38"	50"	50"	50"
	-(mm)	(960)	(1270)	(1270)	(1270)
Descenso máximo por debajo del suelo	-pulg	16 3/4"*	17 1/2"*	17 1/2"	17 1/2"
	-(mm)	(425)	(440)	(440)	(440)
Inclinación lateral máx.	-pulg	18 3/4"	22 1/4"	23 3/4"	21"
	-(mm)	(475)	(560)	(600)	(530)
Ajuste máximo del ángulo de ataque	.....	25°	9°	9°	
Giro de la hoja a cada lado	.....			
Accesorios:					
Cilindro de inclinación lateral					
Inclin. lateral máx., hydr.	-pulg	19"	28 1/2"	30 1/4"	21"
	-(mm)	(485)	(720)	(770)	(530)
Protector de empuje—Bastidor en "C"	.....	Sí	No	No	No
-Hoja	.....	No	Sí	No	Sí
Peso de embarque (instalada)	-lb	1030	650		650
	-(kg)	(470)	(295)		(295)
Dimensiones del cable:					
Diámetro	-pulg	1/2"	1/2"		
	-(mm)	(12,7)	(12,7)		
Longitud para usarse con el Control de Cable No. 127	-pies	72'	72'		
	-(m)	(22)	(22)		

*No hay límite en las unidades de Control de Cable.

HOJAS I OFADONAS (PART 1)

El bulldozer tiene diversas aplicaciones y es una máquina muy eficiente para excavar. Tiene ciertas limitaciones, especialmente en la distancia de acarreo y en el nivel del piso de excavación. Lo más conveniente para una mayor producción - sería no acarrear, como una excavación en un camino de penetración que va en - ladera, desperdiciando el material, caso poco frecuente, pues los acarreos medios - de un bulldozer son del orden de 30 metros a 50 metros. La distancia máxima de -- acarreo aconsejable es de 100 metros. En este caso se aumenta mucho el tiempo del ciclo por la baja velocidad del tractor y disminuye el rendimiento por lo que resul- ta anti-económico acarrear a distancias mayores de 100 metros. El escurrimiento del material por los lados de la hoja puede ser otro factor que limite la distancia del - acarreo.

El bulldozer tiene varios usos:

- Desmonte, desenraice.
- Limpia de sitios para construcción.
- Construcción y mantenimiento de caminos de acceso.
- Despalse de bancos y arreglo del piso de los mismos.
- Afloje de material para cargadores frontales.
- Afine tosco de taludes.
- Formación de bordos con préstamo lateral.
- Relleno de zanjas.
- Empujador de motoescrapas.
- Auxiliar en diversos procedimientos de construcción.
- Excavación y acarreo hasta 100 metros.
- Extendiendo material en terraplenes y remolcando equipo de compactación.

La actividad más frecuente es la de excavar y acarrear en distancias cortas, pero de cualquier modo en los grandes proyectos de Ingeniería Civil, casi siempre la vanguardia de la maquinaria la forman los bulldozers y a la vez es la última máquina en dejar la obra pues realizan la limpia final y la conformación de los terrenos atacados. Existen otros aditamentos para los tractores con los cuales tienen más aplicaciones, como son los desgarradores para afloje de excavaciones, las plumas laterales para construcción de ductos, los cucharones para carga de materiales, remolcador de escrepas y otros, pero en estos casos su función no es de bulldozer.

La capacidad de la hoja topadora es de:

$$V = \frac{L h^2}{2 \operatorname{tg} x}$$

V = Capacidad de la hoja.

L = Longitud de la hoja.

h = Altura de la hoja.

X = Angulo de reposo del material.

Si el talud del material es 2:1, $\operatorname{tg} x = 1/2$

y $V = L h^2$

Cuando se trabaja cuesta arriba el volúmen disminuye 4% por cada 1% de pendiente. Al ir cuesta abajo es al contrario. En distancias mayores de 30 metros el rendimiento disminuye 5% por cada 30 metros adicionales.

Un buen operador procura acarrear el material entre montones formados previamente a los lados para evitar pérdida de material por escurrimiento, trabajar cuesta abajo cuando sea posible y trabajar en las velocidades adecuadas para no dañar la máquina.

Para calcular la producción de las hojas topadoras pueden utilizarse los datos contenidos en las páginas 31, 32, 33, 34 y 35 . En la página No. 35 se muestra el factor de corrección por trabajo en pendientes.

Un aspecto que no debe descuidarse nunca es el mantenimiento y la buena lubricación de la máquina. Cambios de aceite y filtros a tiempo, engrase y limpieza diaria, mantenimiento preventivo y operativo oportuno aumentan la vida de la máquina, disminuyen los costos de operación y reparación y benefician la producción. No es necesario conocerlo todo, recurrir al distribuidor para que haga el servicio y capacite al personal es una política correcta. Una máquina en buenas condiciones puede trabajar un 50% a 100% más de horas efectivas al año que una máquina cuyas condiciones de mantenimiento sean ineficaces. El costo horario de una máquina bien -- vigilada es menor al de una máquina mal cuidada e indudablemente dará mayor rendimiento.

PRODUCCIÓN CON HOJAS TOPADORAS CALCULO SEGUN FORMULAS Y REGLAS

Se puede obtener la producción estimada de una hoja topadora utilizando las gráficas de producción de las siguientes páginas, como también los factores de corrección aplicables. Debe usarse la siguiente fórmula:

$$\text{Producción (m}^3 \text{ sueltos/hr)} = \frac{\text{Producción máxima} \times \text{Factores de corrección}}{\text{(yd}^3 \text{ sueltas/hr)}}$$

Las curvas de producción de las hojas topadoras dan los rendimientos máximos no corregidos para hojas rectas y universales, y se basan en las siguientes condiciones:

1. 100% de eficiencia (60 minutos/hora).
2. Tiempos fijos de 0,25 minutos en máquinas con Servo-Transmisión.
3. La máquina excava por 50 pies (15 m), y luego empuja la carga para arrojarla desde el borde de una escarpa.
4. Densidad de la tierra: 2300 lb/yd³ mater. suelto (1370 kg/m³ mater. suelto), y 3000 lb/yd³ en banco (1790 kg/m³ en banco). El material se expande 30% (factor volumét. de conversión es 0,769).
5. Coeficiente de tracción:
 - a. Máquinas de carriles - 0,5 ó más.
 - b. Máquinas de ruedas - 0,4 ó más*
6. Se utilizan hojas de control hidráulico.

Para estimar la producción en yd³ en banco, debe aplicarse el adecuado factor volumétrico de conversión (sección de Tablas) a la producción corregida, la cual se obtiene como se ha indicado.

$$\text{Producción (m}^3 \text{ en banco/hr)} = \frac{\text{(m}^3 \text{ sueltos/hr)} \times \text{Factor}}{\text{(yd}^3 \text{ en banco/hr)} \times \text{volumét.}}$$

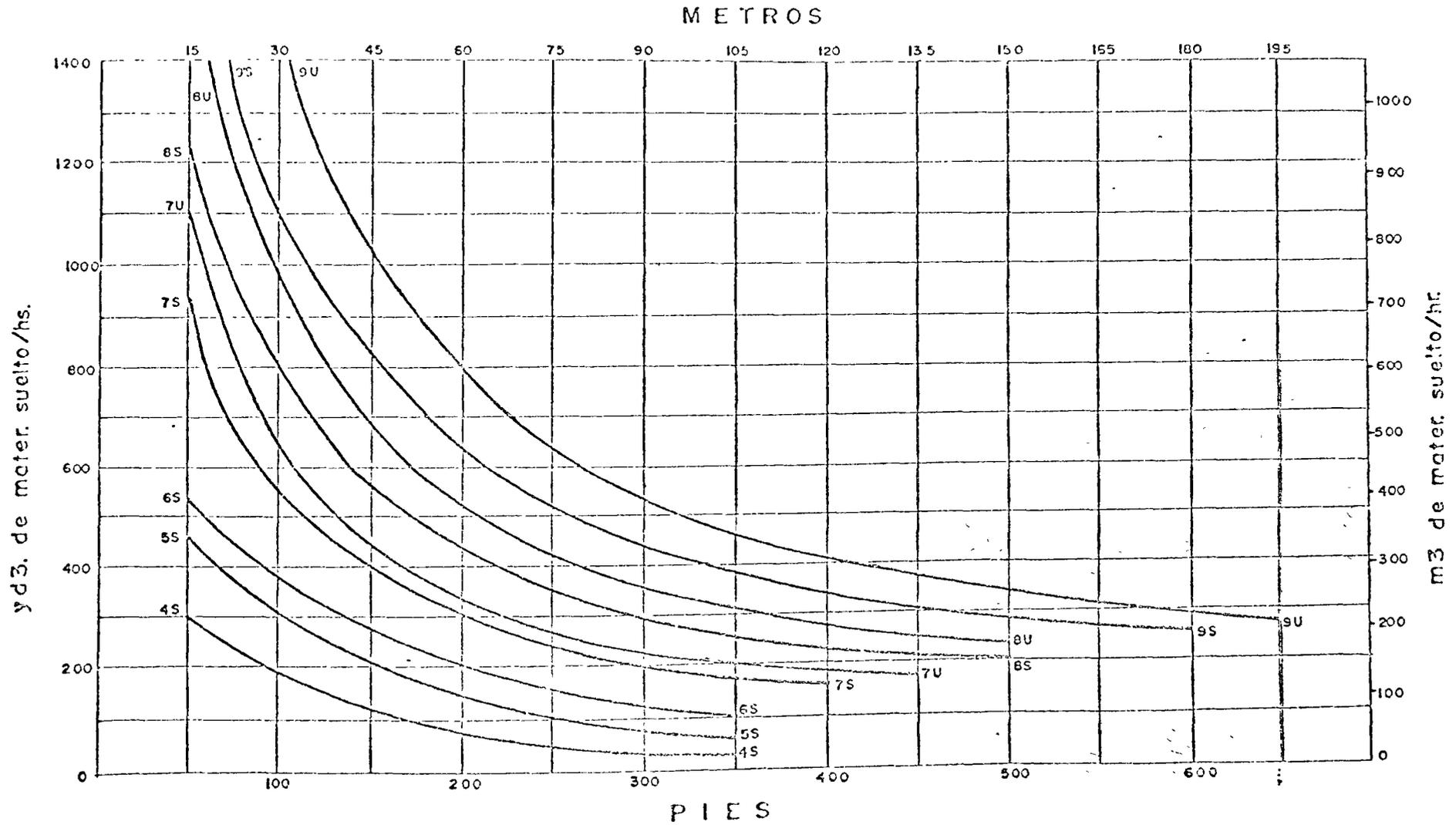
*Se supone que el coeficiente de tracción es por lo menos 0,4. Aunque las malas condiciones del suelo afectan tanto a los vehículos de carriles como a los de ruedas - lo cual obliga a empujar cargas más pequeñas a fin de compensar la pérdida de tracción en el suelo - los efectos en los de ruedas son mucho mayores, y su producción disminuye en mayor grado. Aunque no hay reglas exactas para anticipar dicha reducción, una regla empírica indica que los topadores de ruedas tienen 4% de pérdida por cada centésimo de disminución, cuando el coeficiente de tracción baja de 0,40. Por ejemplo, si éste es de 0,30, la diferencia es 10 centésimos (0,10), y la producción sería del 60% (10 X 4% = 40% de disminución).

FACTORES DE CORRECCION

CORRECCIONES SEGUN LAS CONDICIONES DEL TRABAJO		Tractor de Carriles	Tractor de Ruedas
OPERADOR:	Excelente	1,00	1,00
	Bueno	0,75	0,60
	Deficiente	0-0,60	0-0,50
MATERIAL:			
1. Peso-factor de corrección:			
$\frac{3000 \text{ lb/yd}^3 \text{ banco}}{\text{Peso efectivo/yd}^3 \text{ banco}}$ ó		$\frac{2300 \text{ lb/yd}^3 \text{ sueltas}}{\text{Peso efectivo/yd}^3 \text{ sueltas}}$	
2. Tipo-			
Material suelto amontonado	..	1,20	1,20
Difficil de cortar; congelado	..		
con cilindro de incl. lateral	..	0,80	0,75
sin cilindro de incl. lateral	..	0,70	--
hoja con control de cable	..	0,60	--
Difficil de empujar; se apelmaza (seco, material no cohesivo o material muy pegajoso)	..	0,80	0,80
Roca desgarrada o dinamitada	..	0,60-0,80	--
EMPUJE POR METODO DE ZANJA	..	1,20	1,20
EMPUJE CON DOS TRACTORES JUNTOS	..	1,15-1,25	1,15-1,25
VISIBILIDAD: polvo, lluvia, nieve, niebla u oscuridad	..	0,80	0,70
EFICIENCIA DEL TRABAJO:			
50 min/h	..	0,84	0,84
45 min/h	..	0,75	0,75
TRANSMISION DIRECTA (tiempo fijo de 0,1 min)	..	0,80	--
*HOJA: Hoja angulable (A)	..	0,50-0,75	--
Hoja amortiguada (C)	..	0,50-0,75	0,50-0,75
Hoja con desgarradores (R)	..	1,00-1,50	--
D5 de entrevista estrecha	..	0,90	--
Material liviano			
Hoja U (carbón)	..	1,20	1,20
Hoja con caja (montones)	..	1,30	1,30
PENDIENTES: Véase la gráfica de factores de pendientes.			

*NOTA: Las hojas angulables y las amortiguadas no se consideran implementos de producción. Según sean las condiciones del trabajo, la hoja A y la C rinden del 50 al 75% de las hojas rectas. El objeto de las hojas con desgarradores es elevar la producción con materiales duros y aumentar la adaptabilidad de un tractor topador. En ciertas

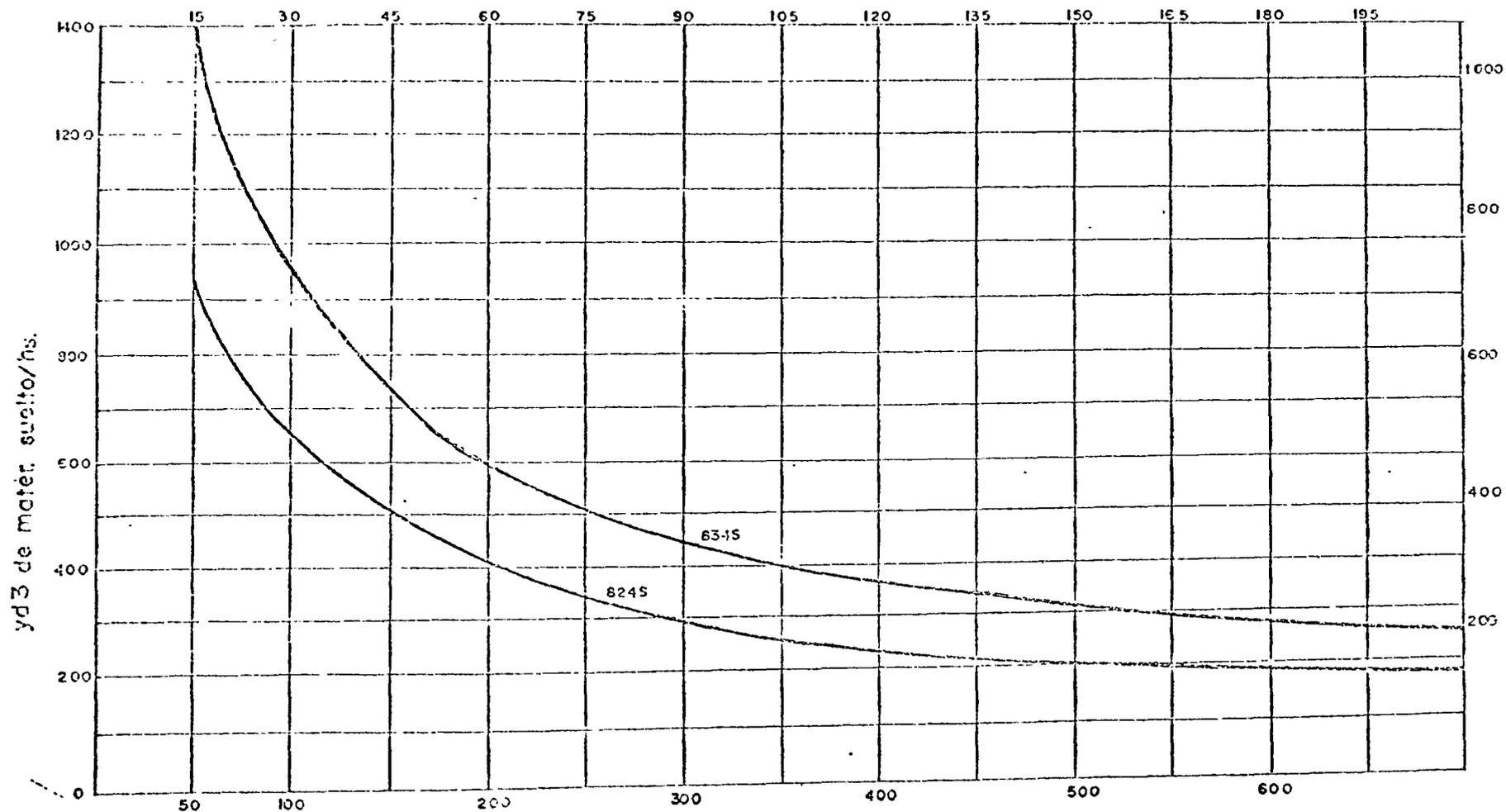
PRODUCCION ESTIMADA DE UN TRACTOR DE CARRILES CON
HOJAS TOPADORAS UNIVERSALES Y RECTAS



DISTANCIA MEDIA DE RECORRIDO CON HOJA TOPADORA

PRODUCCION ESTIMADA DE TRACTORES DE RUEDAS CON HOJA RECTA

M E T R O S

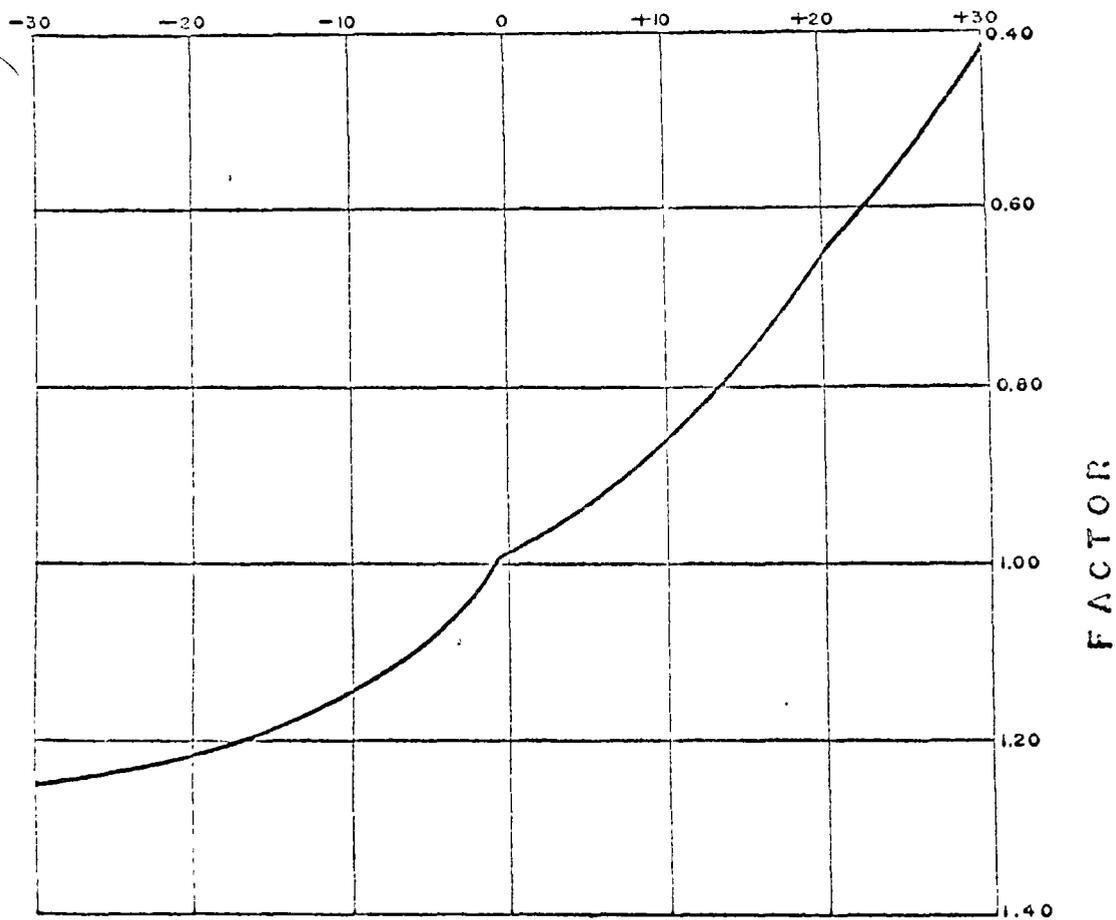


m 3 de mater. suelto/bs.

DISTANCIA MEDIA DE RECORRIDO CON HOJA TOPADORA

FACTORES DE CORRECCION POR PENDIENTE

% DE PENDIENTE



NOTA: (-) FAVORABLE
(+) DESFAVORABLE

Recientemente se está utilizando un método para el mantenimiento preventivo de los tractores que consiste en observar en un espectroscopio muestras de aceite - obtenidas de los tractores. Estas muestras se toman con una jeringa, como si fueran muestras de sangre, se llevan al espectroscopio y se observa el contenido de residuos de metales o aleaciones de metales que se identifican con las distintas piezas del tractor. Si el residuo acusa un contenido superior a ciertos límites especificados se puede detectar cual es la pieza que debe sustituirse. En esta forma al cambiar una pieza oportunamente se evitan daños a otras partes del tractor, se hace - la reposición oportuna eliminando así tiempos perdidos de operación.

En México la Caterpillar está dando este servicio en la Ciudad de Monterrey y es probable que próximamente se tenga el mismo servicio en la Ciudad de México.

DESGARRADORES

Otro aditamento muy útil de los tractores es el arado o desgarrador que en los últimos años ha venido a revolucionar la excavación en roca o de los materiales denominados como "C" ó "III", que normalmente requieren barrenación y uso de explosivos para su afloje pero que en muchos casos pueden atacarse con el uso del arado. Este es un implemento auxiliar pues de las tres actividades principales del movimiento de tierras que son: excavar, acarrear y colocar, solo realiza el afloje de la excavación.

El arado se acopla a la parte posterior del tractor y consiste en una viga horizontal la cual tiene en su extremo un vástago vertical y éste a su vez termina en su parte inferior en una punta llamada casquillo. Al penetrar el vástago con su casquillo en el terreno y ser jalados por la fuerza tractiva van rompiendo la estructura del material que se pretende excavar y logrando con esto el afloje requerido para que pueda cargarse mediante excavadoras frontales o motoescrapas o acarrear con bulldozer, segun el procedimiento de construcción que se haya planeado de acuerdo con el proyecto.

El arado es un implemento muy antiguo que se utilizó principalmente para labores agrícolas, tirado por animales. Su aplicación en la industria de la construcción se inicia durante el presente siglo utilizando el tipo de control de cables, tirado por un tractor y que penetra en el terreno como consecuencia del peso propio del arado. El arado a base de controles hidráulicos, de más reciente diseño, -

permite que la penetración esté provocada por el sistema hidráulico y por el peso del tractor.

Con el armado de tractores de mayor peso y potencia la acción de los desgarradores es más efectiva, pues el rendimiento depende fundamentalmente de esos dos factores.

Los desgarradores se fabrican de dos tipos: de bisagra y de paralelogramo, con uno o tres vástagos. Ambos tienen sus funciones específicas, pero en términos generales resulta más atractivo para los constructores el de paralelogramo equipado con un diente.

El de bisagra que puede ser de uno a tres dientes, tiene la desventaja de que al penetrar el vástago en el terreno modifica su ángulo de inclinación. El de paralelogramo penetra conservando siempre el mismo ángulo lo cual ofrece una mayor efectividad en el rompimiento del terreno. Este tipo de desgarrador puede realizar excavaciones a mayor profundidad y la distancia entre el vástago y el tractor aumenta, lo que permite desgarrar fragmentos de roca de mayor tamaño.

Anteriormente cuando el constructor se encontraba con el problema de excavar en roca, forzosamente tenía que recurrir al uso de equipo de barrenación y explosivos, en cambio actualmente con los arados, rocas con ciertas características geológicas pueden atacarse en forma más económica, pues aparte del costo comparativo, se facilita su utilización al evitar una serie de recursos adicionales que requieren el uso de explosivos como llevar compresores y perforadoras con todo su equipo auxiliar, el personal, los riesgos y trámites correspondientes.

Antes de tomar la decisión del equipo por utilizar debe hacerse un cuidadoso análisis con objeto de ver cual resulta más conveniente, pero sobre todo - tener alguna seguridad de que el material por excavar pueda desgarrarse. En -- algunos casos en donde la geología del proyecto lo exige tendrán que usarse - ambos procedimientos.

El arado tiene la ventaja de que acoplándose a un tractor, éste puede tener otros usos, como bulldozer o empujando máquinas.

Es fundamental conocer el tipo de material que se pretende excavar para decidir sobre el uso del arado. En términos generales la decisión no solo se apoya en la dureza de la roca sino en sus condiciones geológicas, pueden ararse si presenta las siguientes características:

- Fracturas y fallas. ✓
- Planos laminados.
- Intemperización.
- Poca dureza.
- Grano grueso.
- ↳ Fragilidad
- Conglomerados empacados en materiales arcillosos.

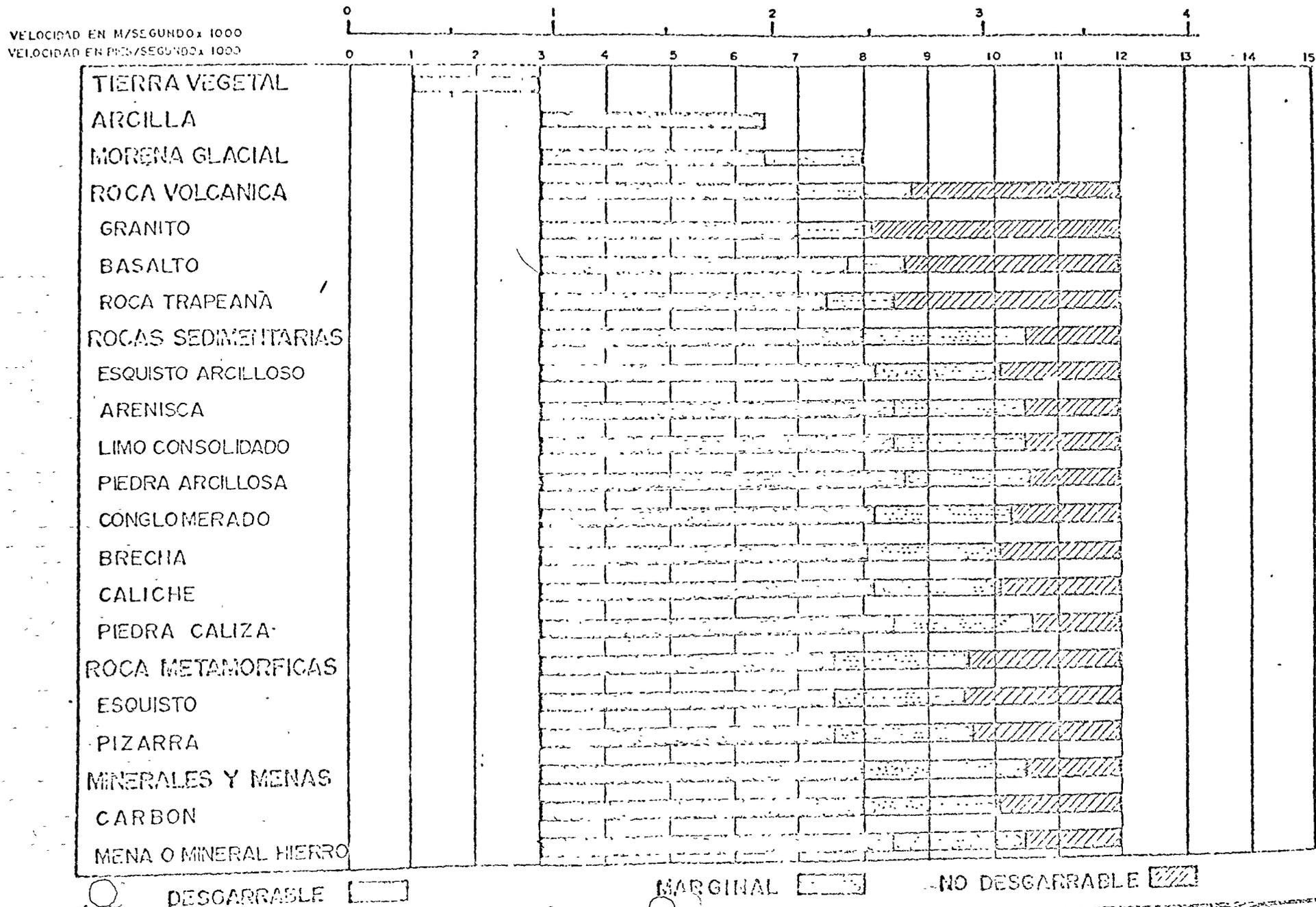
Lo anterior da un indicio de los materiales arables y deben confirmarse a través de exploraciones geológicas, muestras obtenidas mediante sondeos o la observación directa.

Ultimamente se aplica el sistema de refracción sismográfica, muy conveniente cuando se tiene bien definido el proyecto y localizados los sitios que pretenden explotarse. Se basa en que la velocidad de una onda sonora a través de un material compacto es mayor que a través de materiales suaves, de modo que las distintas velocidades sísmicas, definen ciertos límites dentro de los cuales los materiales son susceptibles a desgarrarse. Frecuentemente este sistema se complementa con perforaciones y observación directa, sin embargo, de aplicarse la refracción sismográfica deben analizarse con cuidado los resultados para evitar deducciones equivocadas o inciertas.

Se utiliza un aparato llamado geófono que consiste principalmente en un martillo que golpea una placa a diferentes distancias de un receptor, el cual mediante circuitos electrónicos señala el tiempo transcurrido, con lo que se obtienen las velocidades de las ondas sísmicas y se deduce el grado de consolidación de la roca. En las páginas números 41, 42 y 43 se presentan unas gráficas con los rendimientos de los tractores Caterpillar D9G, D8H y D7 equipados con desgarrador en función de las velocidades sísmicas en distintos tipos de materiales. Como se observa, a mayor potencia de tractor mayor rendimiento para los efectos de afloje mediante arado. Para materiales suaves como tierras vegetales y las arcillas de baja velocidad sísmica es un desperdicio desgarrar, en cambio rocas volcánicas, sedimentarias o metamórficas son desgarrables hasta cierto límite según la velocidad de la onda sísmica y esto puede redundar en menores costos de producción.

R e n d i m i e n t o

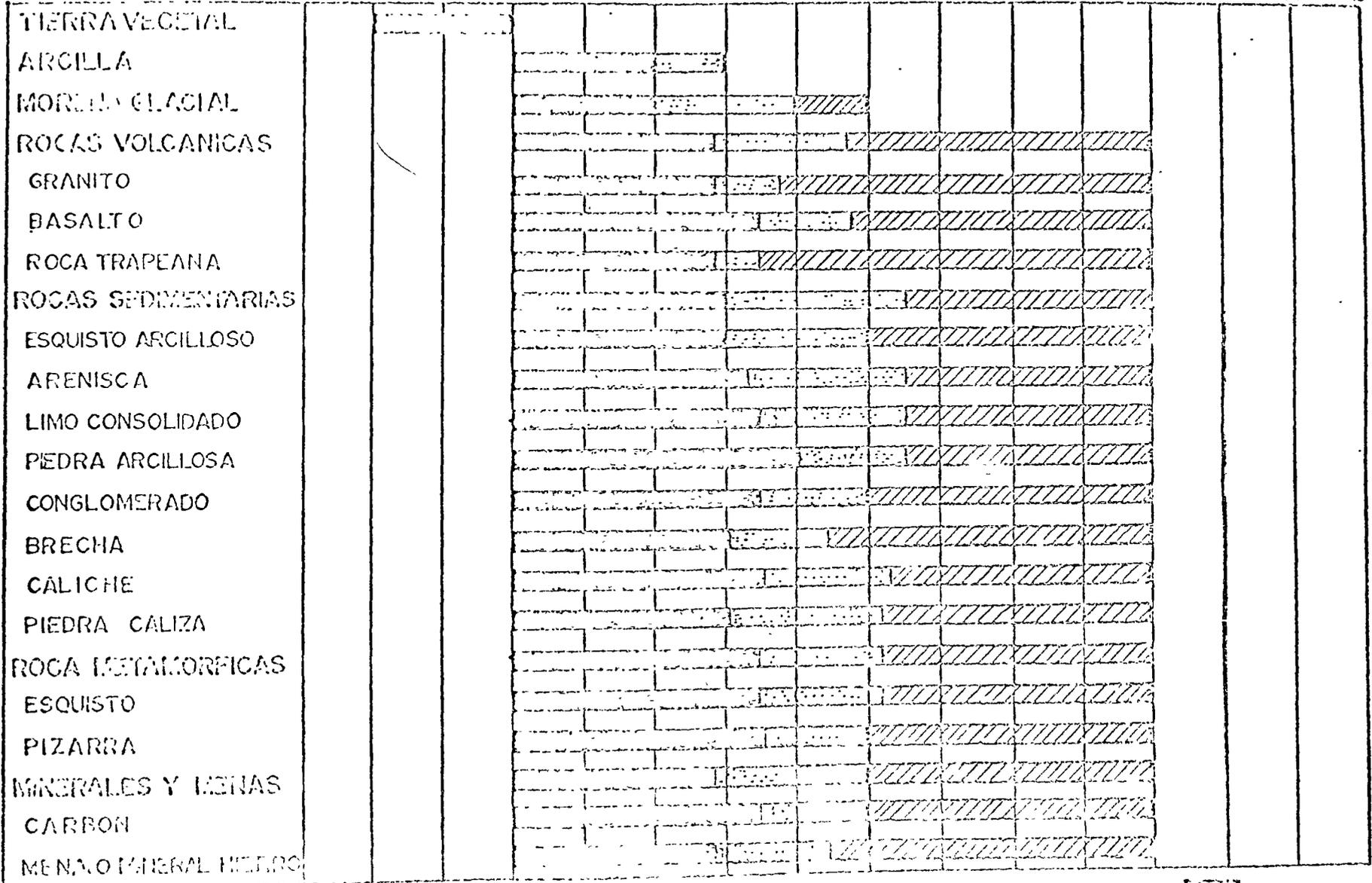
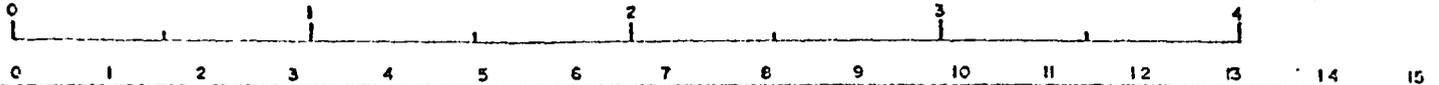
RENDIMIENTO DEL DESCARRADOR NO. 9, SERIE D, DE UNO Y DE VARIOS VASTAGOS, EN TRACTOR D9G (385 hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS



Rendimiento

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 8 SERIE D, DE UNO Y DE VARIOS VASTAGOS, EN
 11/61211011 (2700) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS

VELOCIDAD EN M/SEGUNDO x 1000
 VELOCIDAD EN PIES/SEGUNDO x 1000



DESCALIFICO [] MARGINAL [] NO DESGARRA []



.....

.

De no aplicarse sistemas como los anteriores para seleccionar el equipo - muchas veces el constructor en función de su propia experiencia define que -- materiales pueden atacarse con el arado. Pero siendo el arado un aditamento - que no limita la utilización del tractor, casi siempre se adquieren equipados - con desgarrador de cualquier tipo pues en caso de encontrarse materiales adecuados, se pueden aflojar sin tener la necesidad de recurrir a los sistemas convencionales de barrenación y uso de explosivos.

No debe olvidarse al analizar los costos comparativos que el aflojar roca - con explosivos actualmente resulta más económico con la aplicación de productos a base de nitrato de amonio.

Es frecuente que el constructor en muchas ocasiones no pueda definir fácilmente el tipo de arado que debe adquirir, pues la máquina que se va a utilizar puede trabajar en distintos proyectos y se presenta la duda de inclinarse por un arado tipo bisagra, tipo paralelogramo y de uno o tres dientes. Esto dependerá - de las características del material pues cada tipo de arado tiene su aplicación - propia, pero como se señaló anteriormente el de paralelogramo presenta muchas ventajas y mayor versatilidad. Un arado que trabaja con tres dientes, con mayor razón podrá rendir más con un solo diente; si el material es duro solo puede penetrar un diente. Si se tiene un arado de tres dientes podrán utilizarse todos o - trabajar solamente con uno, esto será siempre consecuencia de la experiencia y de la observación directa.

La longitud del vástago depende de la dificultad de ataque pero debe procurarse aprovecharla hasta donde sea posible, vigilando que no se rompan los vástagos. Ultimamente se ha diseñado un perno con controles hidráulicos que permite al operador del tractor ajustar la longitud necesaria sin moverse de su asiento y además los vástagos tienen una placa protectora para absorber los impactos de la roturación y con esto se evitan los rompimientos frecuentes.

Lo que más se desgasta al desgarrar roca son los casquillos, que se fabrican en tres tamaños: corto, intermedio y largo. Recomiendan los fabricantes usar el tipo de casquillo más largo posible siempre y cuando no se rompa. Esto nos lleva a tomar decisiones en función de resultados previos, pero lo importantes es evitar el rompimiento o desgaste prematuro de los casquillos pues encarecen el costo del desgarramiento.

La profundidad de penetración del vástago en las máquinas modernas puede ser hasta de 84 pulgadas, como cuando se requiere excavar en zanjas, pero esto significa un vástago con casquillos especiales y condiciones de uso rudo pues al aumentar la profundidad habrá tendencia a mayor desgaste y rompimiento de las piezas. Una penetración del orden de 30 ó 40 pulgadas es frecuente.

Los tractores sometidos a los trabajos de desgarramiento sufren deterioro en su sistema de tránsito por lo que es conveniente vigilar la correcta operación para disminuir hasta dónde sea posible los costos de reparación. Se recomienda el uso de zapatas de trabajo sobre roca de servicio extremo en lugar de usar zapatas anchas standard. Una mala operación disminuye los rendimientos y encarece los costos.

especialmente en el caso de encontrarse con materiales muy duros. De preferencia debe trabajarse cuesta abajo, sin embargo en ocasiones conviene trabajar - cuesta arriba para que el peso del tractor permita una mayor penetración.

La distancia entre pasos del arado dependerá de las características de la roca y del sistema de carga del material. Si se usan motoescrapas es conveniente obtener tamaños adecuados para facilitar la carga. En caso de utilizar cargadores frontales o palas mecánica, esto permite tamaños mayores. Si el material aflojado se acarrea con bulldozer pueden modificarse aun más las distancias entre pasos. La realidad es que la separación entre cada paso del arado y la penetración del diente debe determinarse mediante tanteos sucesivos.

En la misma situación se encuentra la aplicación de uno o tres dientes, - pues lo que busca el constructor es el máximo rendimiento, sin embargo la aplicación de un solo diente es más frecuente.

Los tractores que a su vez desgarran con el arado y empujan motoescrapas que están cargando el material, deben trabajar siempre en el mismo sentido para que puedan fácilmente ejercer ambas funciones.

Otras recomendaciones que señalan los fabricantes es la de aflojar en el - sentido en que la estratificación del material facilite el desgarramiento y evitar que el diente penetre cuando el tractor está girando.

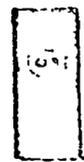
Cuando se encuentran materiales que oponen mucha resistencia al desgarrado y, previo análisis cuidadoso, pueden utilizarse dos tractores en tandem, el que va adelante equipado con el arado y el que va atrás empujando al primero y -- aplicando el peso de su hoja topadora sobre el propio arado. En caso de aplicar este procedimiento los arados vienen equipados con un adaptador que recibe la -- carga horizontal y vertical del tractor empujador.

En las páginas 48, 49 y 50 se presentan las especificaciones de los desgarradores Caterpillar que se acoplan a tractores de carriles modelos D8 y D9. Existen otras marcas de arados que pueden adquirirse en el mercado y el propio fabricante del tractor lo es de este aditamento.

DESCRIPCIONES - TRACTORES DE CARRILLOS	No. 9D	No. 9D	No. 8D	No. 8D
	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos
Tipo	Ajustable	Ajustable	Ajustable (opción de ajuste manual o hidráulico)	Ajustable (opción de ajuste manual o hidráulico)
Modelo	D9G	D9G	D8H	D8H
Dimensiones principales - tractor y desgarrador				
Longitud, desgarrador alzado - pies y pulg	23'6"	21'11"	22'4"	20'9"
- (mm)	(7200)	(6700)	(6800)	(6300)
Longitud, desgarrador abajo - pies y pulg	24'11"	23'4"	23'7"	22'0"
- (mm)	(7600)	(7100)	(7200)	(6700)
Ancho máximo de desgarrador - pies y pulg	9'11"	9'11"	9'2"	9'2"
- (mm)	(3000)	(3000)	(2800)	(2800)
Viga:				
Longitud - pies y pulg	4'1"	9'5"	4'1"	8'3"
- (mm)	(1240)	(2850)	(1240)	(2500)
Sección - pulg	14" x 15"	14" x 15"	14" x 15"	12" x 12 1/2"
- (mm)	(355 x 380)	(355 x 380)	(355 x 380)	(305 x 320)
Espacio libre bajo la viga - levantada - pulg	72 1/4"	72 1/4"	65 3/4"	64"
- (mm)	(1840)	(1840)	(1670)	(1630)
en posición baja - pulg	9 1/4"	9 1/4"	16"	14"
- (mm)	(235)	(235)	(405)	(355)

MODELOS ACTUALES CAT
ESPECIFICACIONES

Desgarradores



**MODELOS ACTUALES CAT
ESPECIFICACIONES**

DESARRAMONES - TRACTORES DE CARRILES	No. 9D		No. 9D	No. 8D		No. 8D
	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo		Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo		Varios vástagos
Vástagos (uno standard - otros dos optativos): Número de vástagos	1		3	1		3
Posiciones de los vástagos	4	6	2	4	6	2
Longitud con la punta -pulg	87"	109"	72"	87"	109"	66"
- (mm)	(2210)	(2750)	(1830)	(2210)	(2750)	(1680)
Sección -pulg	3 1/2" x 14"		3" x 13"	3 1/2" x 14"		3" x 13"
- (mm)	(89 x 355)		(76 x 330)	(89 x 355)		(76 x 330)
Espacio de centro a centro -pulg			53"			46"
- (mm)			(1350)			(1170)
Penetración máxima -pulg	55"	77"	40"	40"	70"	28"
- (mm)	(1400)	(1930)	(1020)	(1220)	(1780)	(710)
Longitud de las puntas -pulg	12"		12"	12"		12"
- (mm)	(305)		(305)	(305)		(305)
Espacio libre bajo la punta Vástago levantado -pulg	44 1/2"		33 1/2"	37 3/4"		32"
- (mm)	(1130)		(850)	(960)		(810)

**MODELOS ACTUALES CAT
 ESPECIFICACIONES**

Desgarradores

DESARRADORES - TRACTORES DE CARRILES	No. 9D	No. 9D	No. 8D	No. 8D
	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos
Cilindros hidráulicos: Dos de doble acción, diám. y carrera				
Punta -pulg -(mm).....	8.25" x 20.67" (210 x 525)	8.25" x 20.67" (210 x 525)	7.25" x 16.50" (184 x 420)	7.25" x 16.50" (184 x 420)
Levantamiento -pulg -(mm).....	9.25" x 21.03" (235 x 530)	9.25" x 21.03" (235 x 530)	8.25" x 18" (210 x 455)	8.25" x 18" (210 x 455)
Ajuste total del vástago				
Hidráulico Manual	33°	33°	28° 10°	26° 16°
Peso, con inclusión de un diente				
Instalado -lb -(kg).....	13500 13900 (6100) (6300)	14500 (6600)	9700* 9900* (4400) (4500)	9300* (4200)
Peso de cada diente adicional				
Instalado -lb -(kg).....		800 (365)		700 (320)
ACCESORIOS DEL DESGARRADOR - Puntas optativas:				
Longitud media -pulg -(mm).....			13 1/2" (345)	13 1/2" (345)
Largas -pulg -(mm).....	13 1/2" (345)	13 1/2" (345)	15 1/2" (395)	15" (395)
Extractor hidráulico de pasadores	Optativo Standard	ND	Optativo Standard	ND

ND = No disponible

*Ajuste manual del vástago. El ajuste hidráulico aumenta el peso en 200 lb (91 kg).



RENDIMIENTO.-

La producción de un tractor aflojando material con un arado dependerá de la separación entre los pasos, profundidad del vástago y de la potencia de la máquina. Incluye la velocidad de marcha pero como ya se indicó debe vigilarse cuidadosamente no exagerarla, pues puede dañar seriamente la máquina.

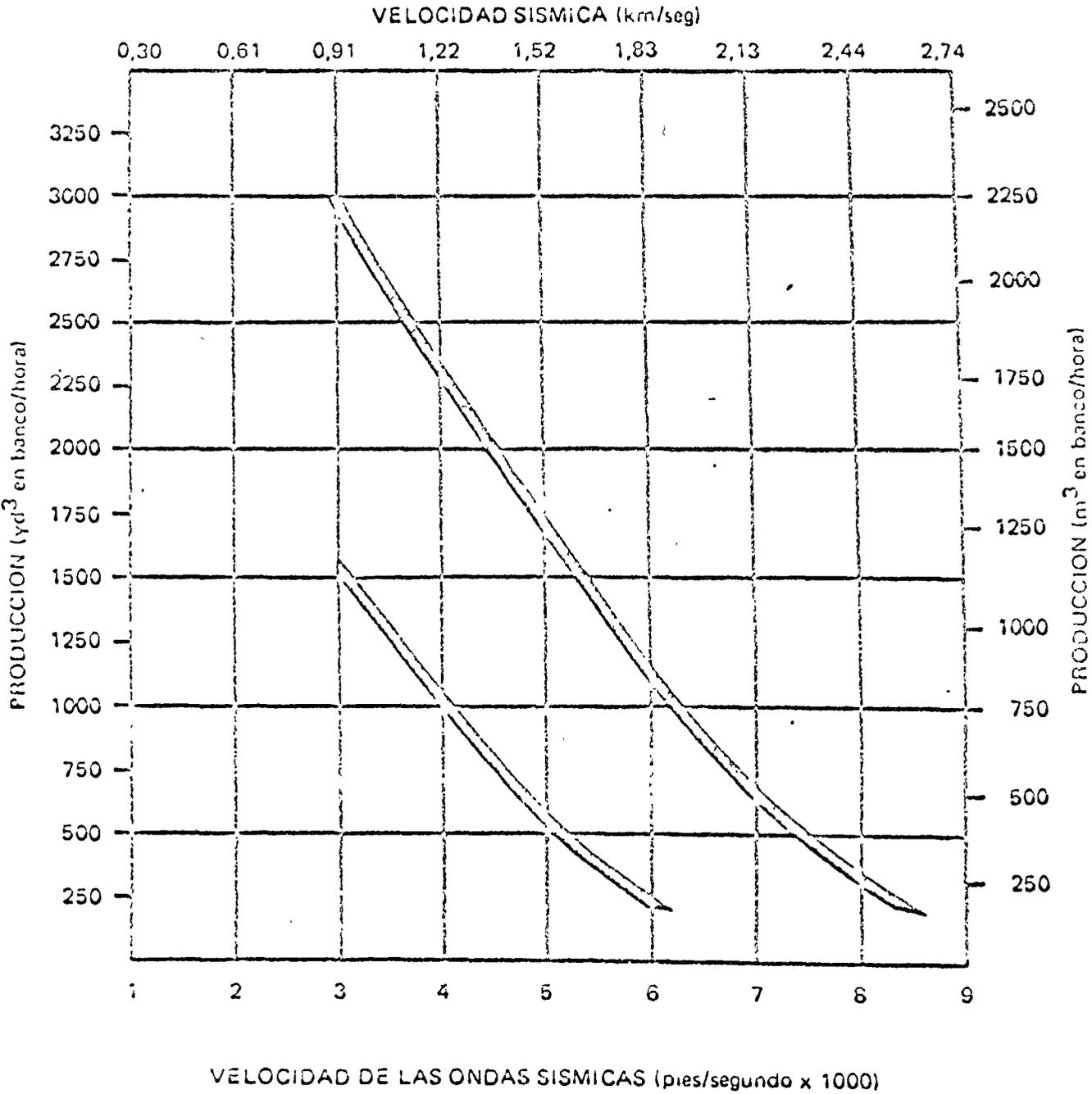
Para determinar la producción se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$P = \frac{a \times h \times v}{n} \times f$$

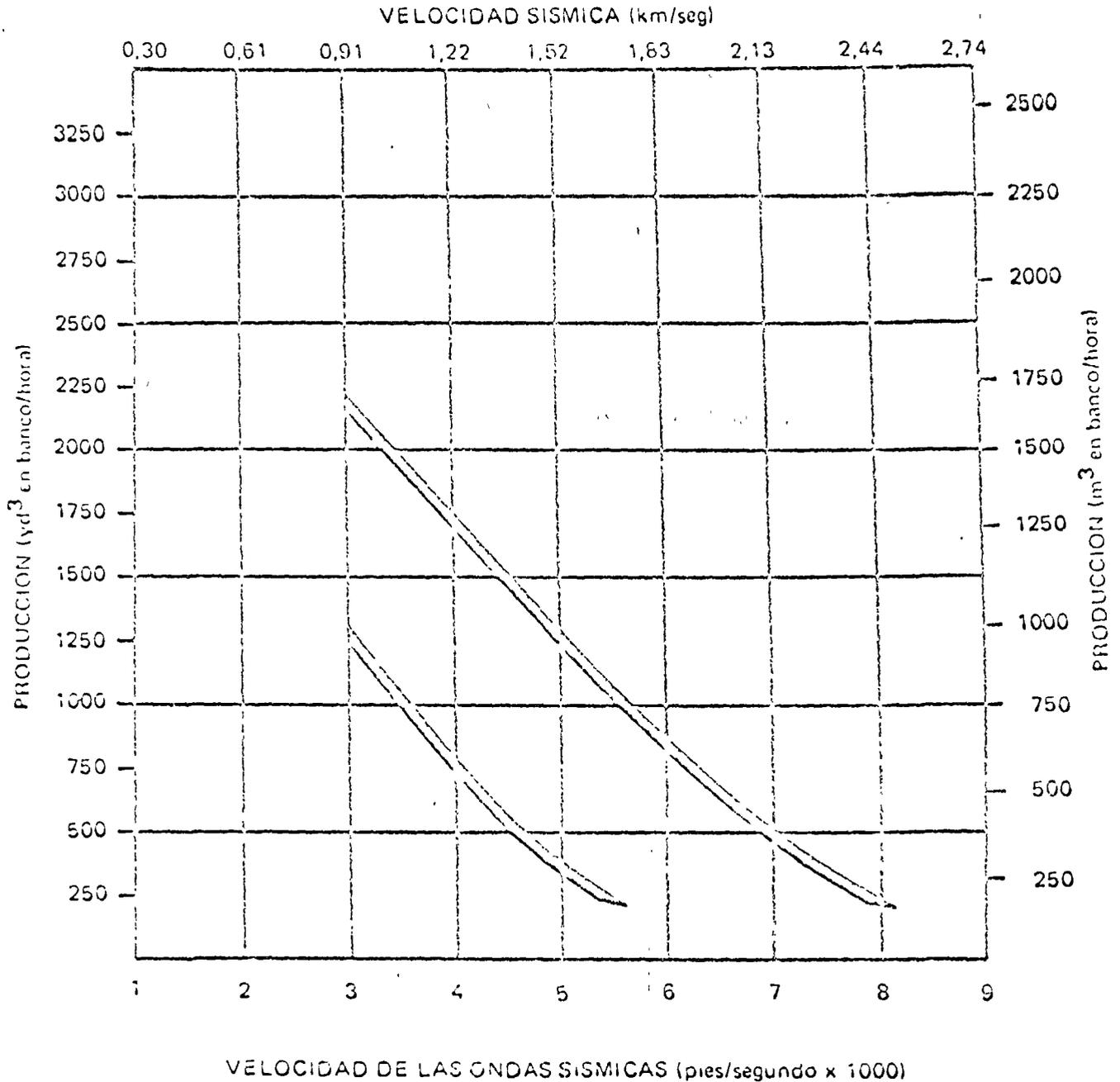
- P, es la producción en M³/hr.
- a, la separación entre pasos en metros.
- h, la penetración del vástago en metros.
- v, la velocidad en metros/hora.
- n, el número de pasos requeridos para aflojar el material.
- f, factor de corrección que se determina por observación directa según el tipo de material de que se trate.

En las páginas 52 y 53 se presentan las producciones estimadas de desgarradoras montando en tractores Caterpillar D9G y D8H. Representan condiciones ideales, por lo que su aplicación debe manejarse con cuidado y adaptándose al tipo de trabajo que se está realizando. Se considera en estas gráficas que las máquinas trabajan con una eficiencia de 100% y para velocidades sísmicas mayores de 6 000 pies/segundo debe reducirse la producción en un 25%. Es preferible usar la curva de menor producción y aplicar factores de corrección.

PRODUCCION ESTIMADA DE
UN DESGARRADOR
9D montado en un D9G



PRODUCCION ESTIMADA DEL DESGARRADOR 3D montado en tractor D8H



En caso de determinar el rendimiento de un desgarrador en el campo puede hacerse midiendo el volúmen aflojado en un tiempo determinado. El volúmen puede calcularse mediante secciones transversales o mediante viajes de motoescropa o camión según el caso y aplicando los coeficientes de corrección volumétrica.

No existe un método preciso para cuantificar el rendimiento de un arado - desgarrador, conviene llevar registros de las distintas obras para determinar las producciones con mayor precisión.

Los costos de operación de tractores trabajando con arados se incrementan en el renglón relativo a reparaciones pues las máquinas están sufriendo mayor desgaste.

Aflojar el material mediante el uso de desgarradores puede resultar una operación económica, pero no es el procedimiento que debe utilizarse siempre, cada caso deberá revisarse con objeto de establecer la bondad de aplicar desgarradores con uno o tres vástagos, utilizar tractores en tandem o bien si las condiciones de la roca lo exigen recurrir al procedimiento convencional de barrenación y explosivos.

La experiencia, como en todos los casos nos debe orientar hacia la decisión correcta, que principalmente será de utilizar sistemas combinados. Como ejemplo reciente, podríamos citar la excavación de la cimentación de la Planta Nuclear en Laguna Verde, Ver., que se realizó en basaltos de tipo fracturado y vesicular.

En el primer caso la aplicación de arados tipo paralelogramo con un solo diente fué el procedimiento más económico de aflojar el material y cuando se encontraron los basaltos vesiculares, más homogéneos, no penetraba el diente del arado por lo que fué necesario recurrir a perforar y aflojar mediante nitrato de amonio activado con dinamita y primacord, lográndose en esta forma un procedimiento mixto que resultó el más adecuado.

Las gráficas y tablas que se presentan fueron tomadas de la "Guía sobre rendimientos Caterpillar".

JAC/srp'

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

"EQUIPO DE COMPACTACION"

ING. CONRADO LUER DORANTES

EQUIPO DE COMPACTACION

La realización de proyectos cada vez más ambiciosos y de programas más agresivos en lo que se refiere a la construcción pesada, ha originado una intensa y constante evolución del equipo de construcción.

Se han introducido al equipo mejoras 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.

Con objeto de poder cumplir con plazos cada vez menores en la ejecución de obras cada vez mayores, se ha llegado a la necesidad de utilizar equipos de gran producción.

Los grandes equipos de carga, acarreo y tiro de material, han obligado a los fabricantes de equipo de compactación a diseñar máquinas compactadoras capaces de balancear al tiro con la compactación, para evitar interferencia de actividades.

Como es sabido, la generalidad de los movimientos de tierras, incluyen muy importantemente la actividad de COMPACTACION.

¿QUE ES COMPACTACION? Es el aumento artificial del peso volumétrico de un material, mediante la reducción del porcentaje de

vacíos del mismo, lo cual se logra por medios mecánicos al hacer que las partículas encuentren acomodo correcto, teniendo como efecto la expulsión de aire y/o agua del material.

O, dicho en forma escueta, es la densificación de un material -- mediante la reducción de los vacíos en él contenidos.

¿QUE SE OBTIENE CON LA COMPACTACION? Mediante la -- aplicación de un esfuerzo compactador se consigue :

- a) Minimización de asentamientos.
- b) Menores deformaciones.
- c) Estabilidad deseada.
- d) Reducción de permeabilidad.
- e) Homogeneidad en los rellenos.

A mayor esfuerzo de compactación sobre un material, corresponden de una mejor capacidad de carga y una mayor resistencia al esfuerzo cortante del mismo.

Se desprende pues, de lo anterior, que la vida útil de una obra, la que interviene la compactación, dependerá en gran parte del grado de compactación especificado.

Dependiendo del tipo de obra de que se trate, el proyectista se encargará de especificar el grado de compactación necesario, para el buen comportamiento de la estructura.

Se hace notar que compactar a mayores grados del especificado no es conveniente, es decir, compactar de más, puede resultar perju-

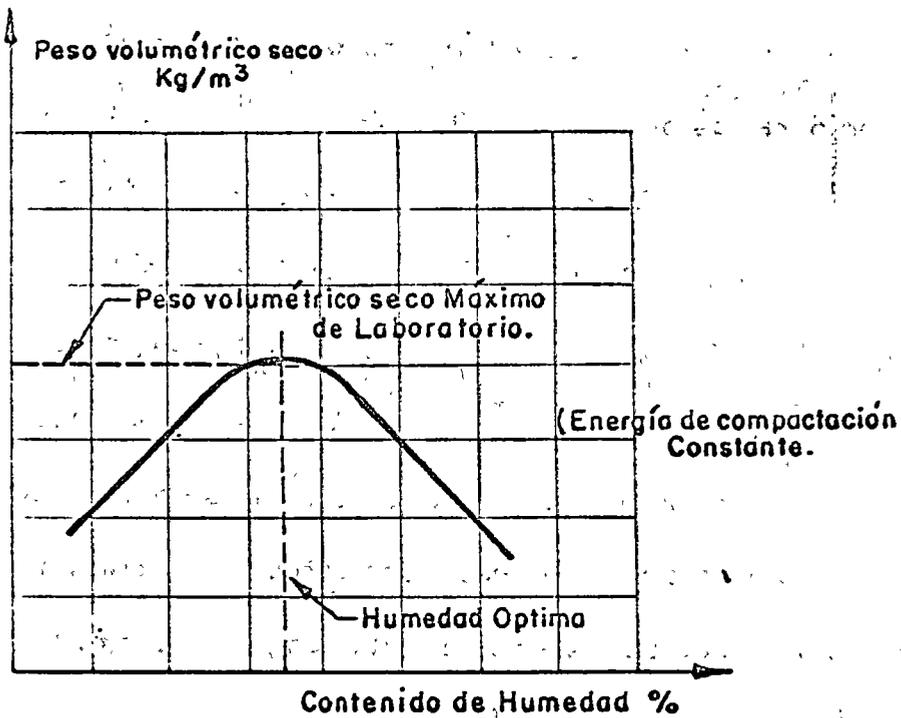
dicial al proyecto.

La falla de algunas obras han obligado a que las especificaciones de compactación sean cada vez más estrictas; las tolerancias en más o en menos, del grado de compactación especificado, son generalmente fijadas desde el inicio de la obra.

¿COMO SE MIDE UNA COMPACTACION? En el laboratorio, - mediante pruebas estandarizadas, en las cuales los factores más importantes son el contenido de agua del material y la energía específica constante aplicada, se determina el peso volumétrico seco máximo del material en cuestión; a este peso volumétrico seco máximo se le puede atribuir el 100% de compactación, para una determinada energía específica de compactación.

La medición del grado de compactación obtenido en el campo es básicamente una comparación entre el peso volumétrico seco del lugar y el peso volumétrico seco máximo obtenido en el laboratorio.

Así pues, se puede hablar de, por ejemplo, un 95% de compactación, lo cual significa que el peso volumétrico seco del lugar tendrá un valor igual al 95% del peso volumétrico seco máximo de laboratorio.



La energía de compactación de laboratorio se puede escribir con la siguiente fórmula, para el caso de las pruebas Proctor :

$$E = \frac{N n P h}{v}$$

E = energía de compactación.

N = número de golpes por capa

n = número de capas de suelo

P = peso del pistón

h = altura de caída libre del pistón

V = volumen de suelo compactado

A continuación se dan los valores aproximados de la energía de compactación para las pruebas PROCTOR :

PROCTOR ESTANDAR	5.48 kg-cm/cm ³ .
PROCTOR MODIFICADA	27.7 kg-cm/cm ³ .
PROCTOR S.O.P.	6.36 kg-cm/cm ³ .
PROCTOR S.R.H.	7.10 kg-cm/cm ³ .

Habiendo repasado muy someramente cómo se obtiene una compactación en el laboratorio, se procederá ahora a ver cuáles son los diferentes factores que intervienen en una compactación económica en el campo.

En las obras donde interviene la compactación, se trabaja generalmente con distintos tipos de materiales, los cuales se pueden dividir en forma general como sigue y así mismo se indican las presiones de contacto necesarias :

Materiales no cohesivos	1.4-2.8 kg/cm ² .
Materiales semicohesivos	2.8-4.5 kg/cm ² .
Materiales cohesivos	4.5 kg/cm ² .
Concretos y asfálticos	(Variable).

Los factores que primordialmente influyen en la obtención de una compactación económica son :

- 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 compactador
- G) Espesor de capa

A) CONTENIDO DE HUMEDAD. El agua tiene en el proceso de compactación, el papel de lubricante entre las partículas del material. Una falta de humedad exigirá mayor esfuerzo compactivo, así como -- también lo exigirá un exceso de la misma.

Debe recordarse que todo material tiene un contenido óptimo de humedad, para el cual se obtiene, bajo una cierta energía de compactación, una densidad máxima.

El agua, entonces, facilita el trabajo de compactación.

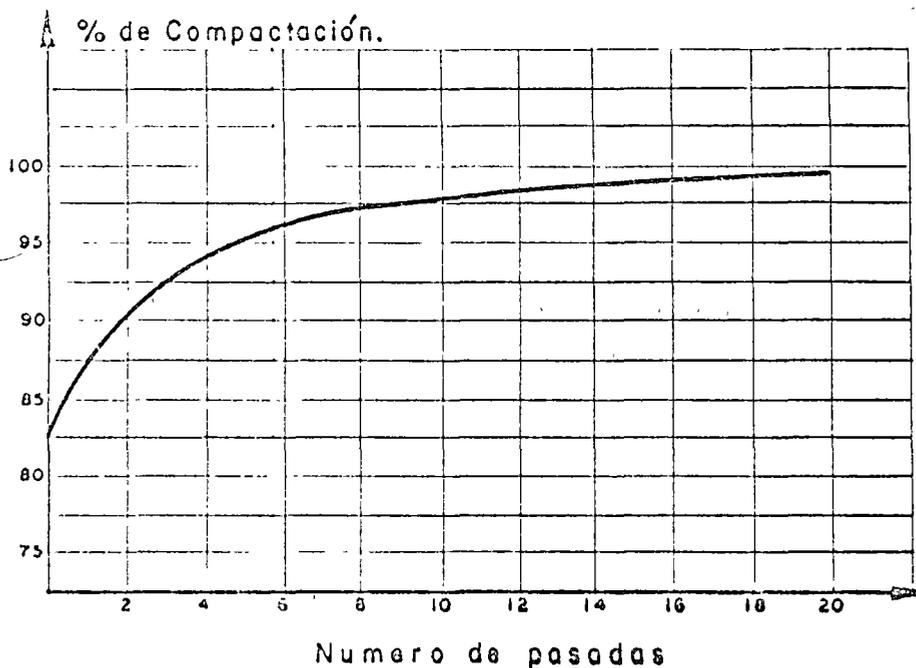
B) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL. Para la obtención de una eficiente compactación es necesario, que haya partículas de varios tamaños en el material por compactar, ya que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados entre partículas de mayor tamaño.

Un material que contenga partículas de un solo tamaño será difícilmente compactado; sólo a través de un enérgico esfuerzo compactivo, el cual llevará a la fragmentación de las partículas, podrá ser densificado.

Es oportuno hacer notar aquí, que la forma de las partículas --- también tiene importancia en la compactación. Materiales con partículas de forma angular son generalmente más fácilmente compactados - por su acuñamiento, que materiales con partículas redondeadas.

C) NUMERO DE PASADAS. El número de pasadas que un equipo deba dar sobre un material dependerá de :

- 1) Tipo de compactador
- 2) Tipo de material
- 3) Contenido de humedad
- 4) Forma en que se aplique la presión al material
- 5) Maniobrabilidad del equipo



D) PESO DEL COMPACTADOR. La presión ejercida sobre el material dependerá, en parte, de la magnitud del peso del equipo de compactación.

E) PRESION DE CONTACTO. Más que el peso del compactador importa la presión de contacto; ésta depende de :

- 1) Tipo de material
- 2) Estado del material (Suelto o Semicompacto)
- 3) Area expuesta por el compactador
- 4) Presión de inflado en el caso de un equipo sobre neumáticos
- 5) Peso del compactador
- 6) Temperatura del material tratándose de mezclas asfálticas.

Los fabricantes de equipo de compactación se han preocupado por que sus máquinas ejerzan presiones de contacto uniformes, lo cual han logrado mediante suspensiones isostáticas.

Es necesario hacer hincapié, que resulta de mayor importancia la presión de contacto de un compactador, que el peso del mismo.

Por ejemplo un compactador muy pesado necesita de un mayor número de llantas o de llantas más grandes, con lo cual, el área de contacto entre el compactador y el material se incrementa, resultando la presión de contacto, similar a la de un compactador normal con menos llantas o llantas menores.

F) VELOCIDAD DEL EQUIPO. De la velocidad de traslación -- del compactador y del número de pasadas, dependerá la habilidad de -- producción de un determinado equipo.

El equipo de compactación debe ser de una eficiencia tal, que no interfiera con el veloz equipo de depósito de material.

En virtud de que el equipo para movimiento de tierras se ha mejorado en tamaño, rapidez y eficiencia, así también los equipos de --- compactación se han modificado para poder mantenerse a un nivel de -- producción semejante.

La maniobrabilidad de un equipo compactador influye definitivamente en la velocidad del equipo.

G) ESPESOR DE CAPA. El espesor de capa por compactar de -- dependerá esencialmente de :

- 1) Tipo de material
- 2) Humedad en el material
- 3) Tipo de compactador
- 4) Grado de compactación especificado.

Para determinar cual es el espesor de capa, de un cierto material, que puede compactar un equipo determinado, se puede uno referir al método del bulbo de presión.

Suponiendo que se quiere compactar, con un determinado equipo, un material que con una presión de 2.7 kg/cm^2 . se densifica correctamente, tratemos de encontrar el espesor de capa.

$$\text{presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}}$$

Se supone una área circular de contacto = $3.14 e^2$.

La fuerza es el peso por llanta del compactador = F .

La presión de contacto es :

$$p_o = \frac{F}{3.14 e^2}$$

De donde:

$$e = \sqrt{\frac{F}{3.14 p_o}}$$

Suponiendo $F = 1800 \text{ kg}$ y $p_o = 9 \text{ kg/cm}^2$.

$$e = \sqrt{\frac{1800 \text{ kg}}{3.14 \times 9}} = 8 \text{ cm}$$

Recurriendo a los factores de influencia para diferentes profundidades de la teoría de Bousinesq obtenemos:

Profundidad	Factor de Influencia	Presión
$e = 8 \text{ cm}$	$p_1 = 0.6 p_o$	$p_1 = 5.4 \text{ kg/cm}^2$
$2e = 16 \text{ cm}$	$p_2 = 0.3 p_o$	$p_2 = 2.7 \text{ kg/cm}^2$
$3e = 24 \text{ cm}$	$p_3 = 0.15 p_o$	$p_3 = 1.35 \text{ kg/cm}^2$
$4e = 32 \text{ cm}$	$p_4 = 0.09 p_o$	$p_4 = 0.81 \text{ kg/cm}^2$

De lo anterior se concluye que para un material que requiere 2.7 kg/cm^2 de presión para ser compactado eficientemente con un compactador de 1800 kg de carga por rueda y una presión de contacto de ----

9 kg/cm². se puede usar un espesor de capa de 16 cm.

Existen los siguientes principios :

- 1) PRESION ESTATICA
- 2) IMPACTO
- 3) AMASAMIENTO
- 4) VIBRACION
- 5) ENZIMAS

Principios para la compactación de materiales.

1) COMPACTACION POR PRESION ESTATICA.

Este principio se basa en la aplicación de pesos más o menos grandes sobre la superficie del suelo.

Fueron los romanos, hasta donde es posible saber, los primeros en tratar de precompactar intencionalmente los materiales usados en sus caminos.

Con objeto de recorrer rápidamente las grandes extensiones del Imperio Romano, se construyeron en aquella época caminos con esciavos que halaban grandes cilindros de roca, los cuales hacían penetrar piedras en la sub-base de tierra.

También en el Imperio Maya se hizo uso de este sistema para la construcción de los "caminos blancos" o "sacbés".

Mudos testigos de este principio de compactación son por ejemplo: la Vía Appia en Italia y los rodillos de piedra que se encuentran en la Residencia de Conservación de S.O.P. en Mérida.

Desde aquella época del Imperio Romano hasta la fecha, rodillos

de muchos pesos, formas y medidas han sido usados para la compactación de una amplia gama de materiales.

Así como la forma de los compactadores ha cambiado, así también ha cambiado su propulsión, se han modernizado con: potentes motores, dirección hidráulica, servotransmisiones, sistema de riego, caseta para operador, etc.

Carreteras y calles que fueron construídas con este principio de compactación, cuando los vehículos eran lentos y ligeros, han sido fatigadas hasta su destrucción, por los volúmenes de tráfico veloces y pesados de la actualidad, lo cual ha obligado a profundizar en las especificaciones de compactación.

La acción de este principio de compactación es de arriba hacia abajo, es decir, las capas superiores alcanzan primero mayores densidades que las de abajo.

Este principio de compactación tiene dos inconvenientes en la obtención de una rápida densificación :

- a) Su acción de arriba hacia abajo
- b) Fomentar la resistencia de la fricción interna del material, durante la compactación.

a) El inconveniente de que la parte superior se compacte primero que la de abajo, es que el esfuerzo compactivo debe atravesar la parte ya compactada, para poder compactar la inferior. Se consume por lo tanto mayor energía de compactación.

También suele suceder que las características granulométricas del material varíen, debido a la sobrecompactación de la porción superior de la capa; dicha sobrecompactación o exceso de energía compactiva produce una fragmentación de partículas.

b) Definiendo como fricción interna a la resistencia de las partículas de un suelo para deslizarse dentro de la masa del mismo, se puede juzgar este segundo inconveniente.

Si llamamos (F) a la fuerza aplicada por el compactador y (n) al coeficiente de fricción interna del material, se puede deducir la reacción (R) de las partículas para deslizarse dentro de la masa de suelo.

$$R = nF$$

A mayor fuerza aplicada mayor la reacción de la fricción interna del material; aquí es donde el papel que juega el agua resulta muy importante, ya que, como se dijo antes, tendrá efectos lubricantes entre las partículas reduciendo (n) y por consecuencia a (R).

Para este tipo de compactación es necesario hacer riegos intensivos de agua cuando el material así lo soporte.

Dentro de este principio de compactación pueden agruparse a los:

- A) Rodillos metálicos
- B) Rodillos de llantas neumáticas

A) RODILLOS METALICOS.

Dentro de este grupo se puede hacer la división siguiente :

1) Planchas Tandem. Son aquellas que tienen dos o tres rodillos metálicos en línea. Los rodillos son generalmente huecos para ser lastrados con agua y/o arena. Tienen generalmente dos números por nomenclatura. El primero es el peso de la máquina sin lastre y el segundo es el peso de la máquina lastrada totalmente.

2) Planchas de Tres Ruedas. Son quizás las de más antiguo diseño; estas planchas tienen dos ruedas traseras paralelas y una rueda delantera; las ruedas pueden ser huecas para ser lastradas o formadas por placas de acero roladas con atiesadores.

Las planchas tandem, a pesar de que son generalmente de menor peso que las de tres rodillos, suelen tener mayor compresión por centímetro lineal de generatriz que las de tres rodillos, por tener menor superficie de contacto con el material.

Tanto las planchas tandem como las de tres rodillos, tienen bajas velocidades de operación y poca seguridad al compactar las orillas de terraplenes altos.

Son efectivas en suelos de naturaleza granular donde su efecto compactador puede ser necesario; su efectividad se ve mermada en materiales granuloplásticos, donde se tiende a un encarpetamiento; en materiales plásticos o cohesivos no tienen gran aplicación.

Resumiendo, puede decirse que estas máquinas por su lentitud y poca profundidad de acción, han perdido terreno en la compactación de grandes movimientos de tierra; también en algunas aplicaciones específicas que tienen estos equipos como la compactación de carpetas asfálticas, van siendo desplazadas por otras máquinas compactadoras.

B) RODILLOS DE LLANTAS NEUMATICAS. Consisten en un chasis hueco para recibir lastre y se apoyan con llantas al suelo por compactar. Debido a la flexibilidad de las llantas también tienen un efecto secundario de amasamiento.

Estos compactadores pueden ser halados o autopropulsados.

Se pueden dividir conforme al tamaño de sus llantas en:

- 1) De llantas pequeñas
- 2) De llantas grandes

1) DE LLANTAS PEQUEÑAS. Generalmente tienen dos ejes en tandem y el número de llantas puede variar entre 7 y 13. El arreglo de las llantas es tal que las traseras traslapan con las delanteras.

Algunos de estos compactadores tienen montadas sus ruedas en forma tal que oscilan o "bailan" al rodar, lo que aumenta su efecto de amasamiento.

Estos compactadores proporcionan una presión de contacto semejante a la proporcionada por equipos de mayor peso y llantas grandes, tienen mayor maniobrabilidad, no empujan mucho material adelante de ellos, tienen poca profundidad de acción y poca flotación en materiales sueltos.

2) DE LLANTAS GRANDES. Son generalmente arrastrados por tractor y pesan de 15 á 50 tons. Tienen 4 ó 6 llantas en un mismo eje. Su costo horario es generalmente caro por el tipo de tractor que se utiliza para arrastrarlos.

Su mejor aplicación es usarlos como compactadores de prueba.

Los dos factores más importantes que intervienen en este tipo de compactadores son:

1) PESO TOTAL. Dependiendo del número total de llantas y del sistema de suspensión del compactador se puede conocer el peso o fuerza aplicada por llanta. A mayor peso total, mayor carga por llanta, en caso de tratarse de una suspensión isostática.

2) PRESION DE INFLADO. Es un factor muy importante, ya que según el ejemplo que a continuación se expone, resulta más efectivo un cambio de presión de inflado de la llanta y con ello una reducción de área de contacto, que un aumento en el peso total o carga por llanta.

Ejemplo :

Una llanta 9.00 x 20 de 12 capas aplica, bajo una carga de 910 kg y a una presión de inflado de 2.81 kg/cm², una compresión de 3.41 kg/cm². Si la carga se aumenta a 2,040 kg y la presión de inflado se conserva igual, la presión de contacto en este caso es de 3.80 kg/cm²; en otras palabras el aumento de compresión es de 11.3%. Sin embargo, si se conserva la carga por rueda de 910 kg y se aumenta la presión de inflado a 7.04 kg/cm², la compresión sobre el suelo es de 4.96 kg/cm² lo que significa un aumento de 45.3%.

Esto se explica debido a que aumentando el peso total del compactador o la carga por rueda, sin modificar la presión de inflado, se incrementa el área de contacto entre el suelo y la llanta, habiendo muy-

poco cambio en la presión de contacto.

Por la razón anterior los fabricantes de equipo progresistas han provisto, a sus máquinas con implementos para variar rápidamente la presión de intaxio de sus equipos.

El uso de los compactadores de llantas neumáticas pequeñas está enfocado actualmente a la compactación de pavimentos asfálticos. La compactación intermedia de una carpeta, base, o sub-base asfáltica se ha llevado a cabo con este equipo.

También en terracería tiene gran utilidad para sellar las capas superiores, con lo que se logra una buena impermeabilidad.

Para el riego de sello resultan altamente recomendables ya que no quiebran o trituran al sello como lo hacen las planchas tandem; la flexibilidad de las llantas permite que las partículas encajen donde deben penetrar y tener mayor fijación.

Dentro del principio de compactación por presión estática se pueden incluir a las consolidaciones logradas a través de cargas de agua estáticas; esta compactación se logra, primero, por el peso del agua que actúa sobre la superficie, y segundo, por la filtración del agua a través del relleno que arrastra partículas menores, las cuales se acomodan en los vacíos o huecos dejados por partículas mayores y por los efectos lubricantes del agua.

2) COMPACTACION POR IMPACTO.

La compactación por medio de impacto se logra haciendo caer repetidamente un peso desde una cierta altura.

Cuando una unidad compactadora tiene una frecuencia baja y una amplitud grande, la unidad cae dentro de este tipo de compactación.

El principio en que se basa este tipo de compactación es que, -- cuando un cuerpo se levanta 20 cm sobre una superficie y se deja caer, la presión que ejerce sobre ésta, es 50 veces mayor que la presión que ejerce el mismo cuerpo estando apoyado estáticamente sobre dicha su superficie.

Generalmente se trata de martillos neumáticos o de dragas que dejan caer pesos de una tonelada sobre gruesas capas de material.

La baja producción de este tipo de compactación nos obliga a relegarla a segundo término, tratándose de grandes movimientos de tierra.

3) COMPACTACION POR AMASAMIENTO.

Amasar en este caso puede confundirse con exprimir, es decir, -- el efecto de una pata de cabra al penetrar en un material ejerce presión hacia todos lados, obligando al agua y/o al aire a salir por la su superficie.

La compactación por este principio se lleva a cabo de abajo hacia arriba; es decir las capas inferiores se densifican primero y las superiores posteriormente. Por esto se dice que un rodillo pata de cabra emerge o sale cuando el material se encuentra compactado debidamente.

Existen en la actualidad variadas formas de patas cuyo objetivo principal es la limpieza de las mismas cuando salen del material.

Algunos rodillos son huecos para ser lastrados con agua y/o arena y otros equipos se lastran en el bastidor; otros tienen un tambor formado por secciones atornillables, las cuales tienen diferente número de patas, con lo cual se tiene la ventaja de que en caso de ser necesario un esfuerzo mayor de compactación, se cambien las secciones en uso por secciones con menor número de patas, siendo de esta forma mayor la presión por pata.

Dentro de este grupo también pueden considerarse a los rodillos de reja y los compactadores de rodillos metálicos segmentados.

No hay que olvidar que también los compactadores de llantas neumáticas tienen efectos amasadores debido a la flexibilidad de las llantas.

Los rodillos pata de cabra se emplean fundamentalmente en materiales cohesivos; en cambio su efectividad es casi nula en materiales granulares.

Los materiales cohesivos son arcillas y limos arcillosos; cohesión podemos definirla como la atracción mutua de las partículas de un suelo debido a fuerzas moleculares y a la presencia de humedad.

4) COMPACTACION POR VIBRACION.

Este principio de compactación es el que últimamente ha tenido mayor desarrollo y prácticamente ha invadido todos los materiales por compactar.

En la mayoría de los tipos de material, la compactación dinámi

ca o vibratoria, supera en eficiencia a los compactadores estáticos.

Como en la compactación por presión estática, en este tipo de compactación también se aplica una cierta presión, pero al mismo tiempo se somete al material a rápidos y fuertes impactos o vibraciones, entre 700 y 4,000 dependiendo del compactador.

Debido a las vibraciones producidas por el equipo sobre el material, la fricción interna de éste, desaparece momentáneamente, propiciando el acomodo de las partículas.

Esto se puede demostrar mediante el experimento de girar una perforadora de álabes dentro de un recipiente que contenga arena o grava, primero en estado estático y luego colocando el recipiente sobre una placa vibratoria.

La vibración multiplica la movilidad interna del material en forma considerable; en suelos de granulometría gruesa la movilidad dinámica es de 10 a 30 veces mayor que la movilidad estática.

La experiencia sueca nos proporciona la siguiente tabla :

Material	Contenido de agua	Momento Resistivo (kg-cm)	
		En reposo	Con Vibraciones
Grava	0	1700	40
Arena	10	600	45
Limo	12	150	25

La compactación por vibración tiene un efecto de penetración como el sonido, el cual también es dinámico, pero tiene una frecuencia mayor y audible; este tipo de compactación evita los efectos de arco y

disminuyendo la fricción interna del material permitiendo que las fuerzas compactivas trabajen a mayor profundidad y a mayor anchura.

Con este principio de compactación las partículas de material se ven sujetas a presión estática, a impulsos dinámicos de las fuerzas vibratorias y debido a la pérdida momentánea de fricción interna, a la gravedad.

La densificación de un material por medio de compactadores vibratorios es de abajo hacia arriba.

VENTAJAS DE LA COMPACTACION POR VIBRACION

a) Es posible compactar a más altas densidades; facilita la obtención de los últimos porcentos del grado de compactación que son tan difíciles de obtener, y a veces imposibles de obtener, con compactadores estáticos.

b) Permite el uso de compactadores más pequeños.

c) Se puede trabajar sobre capas de material de mayor espesor.

d) Permite hacer trabajos más rápidos por menor número de pasadas.

e) Por las razones anteriores los costos de compactación resultan más económicos.

UTILIZACION DE EQUIPOS VIBRATORIOS. POR LO QUE RESPECTA A LOS MATERIALES.

Los factores que deben tomarse en cuenta para la selección del tipo más económico y eficiente de compactador son :

- a) Tipo de material
- b) Tamaño de la obra
- c) Requerimientos especiales.

TIPO DE MATERIAL

Los materiales de granulometría gruesa son los más apropiados para compactar por el método dinámico.

Arenas, gravas y piedra triturada son eficientemente compactadas con este método.

Para estos tipos de material se usan con éxito los compactadores vibratorios lisos arrastrados o autopropulsados.

Bases y sub-bases se pueden compactar al 95% PROCTOR, en espesores de 20 á 25 cm en 3 ó 4 pasadas de un rodillo vibratorio de 4600 kg de peso y con una frecuencia de 1500-1800 vibraciones por minuto.

En el caso de rocas quebradas se usan rodillos lisos vibratorios que tienen reforzado el tambor. El acomodamiento de rocas quebradas por el método de vibración es superior al obtenido por cualquier otro de los métodos.

Para la compactación de limos se puede usar el rodillo liso vibratorio en caso de contener un 35% de arena. El rodillo pata de cabra vibratorio resulta adecuado para la compactación de limos que contengan arcilla.

Para materiales arcillosos o arcilla se usa el rodillo pata de ca

bra vibratorio. Habrá que vigilar la humedad del material, como en cualquiera otro de los métodos, cuando se trate de arcillas.

Donde últimamente han tenido mucho éxito los compactadores vibratorios autopropulsados es en la compactación de concretos asfálticos.

La compactación de concretos asfálticos con rodillos vibratorios logra económicamente: densidad, impermeabilidad y terminado superficial.

Los factores que se deben tomar en cuenta para la compactación de concretos asfálticos son los siguientes :

- a) Granulometría
- b) Espesor de capa
- c) Tipo de asfalto (penetración)
- d) Temperaturas de la mezcla
- e) Velocidad del compactador

Las recomendaciones generales para la compactación de concretos asfálticos mediante el uso de compactadores vibratorios autopropulsados son:

1) La primera pasada, en caso de ser necesario, debe darse sin vibración, es decir el armado de la carpeta asfáltica se hará con el rodillo en forma estática.

2) Se debe vibrar cuando el compactador esté en movimiento.

3) No se debe sobrecompactar.

4) Para acabado superficial terso, operar en frecuencia alta.

- 5) Operar a la velocidad que permita terminado aceptable, con correcta densidad e impermeabilidad.
- 6) No compactar mezclas suaves, sino hasta que la viscosidad se incremente lo suficiente para que permita un planchado estable.
- 7) No planchar muy despacio en curvas sobreelevadas cuando se está vibrando.
- 8) Para evitar desplazamientos laterales, se deberán compactar los 35 cm de la orilla al final.
- 9) Para proteger una corona, habrá que compactar las orillas de la misma primero.
- 10) Pasadas estáticas al final de la compactación pueden ser recomendables para sellar más la superficie.

TAMAÑO DE LA OBRA.

Dependiendo del tamaño de la obra y habiendo ya seleccionado el tipo de compactador adecuado para el material por compactar, se puede determinar, el número de compactadores necesarios para cumplir con el plazo estipulado.

REQUERIMIENTOS ESPECIALES

Existen casos en que por requerimientos especiales es necesario decidir por un determinado tipo de compactador. Cuando se exige una superficie determinada o altos grados de compactación será necesario escoger al compactador adecuado.

5) COMPACTACION CON LA AYUDA DE ENZIMAS.

Mediante la adición de productos enzimáticos al agua de compactación, se ha pretendido obtener, en combinación con algún otro esfuerzo compactador mecánico, la densificación más rápida de los materiales.

Según la definición de Sumner o Somers una enzima es: "cierta sustancia química-orgánica que está formada por plantas, animales y microorganismos, capaz de incrementar la velocidad de transformación química del medio donde se encuentra, sin que sea consumida por ello en este proceso, llegando a formar parte del conjunto".

Según los fabricantes de enzimas para compactación, ésta se logra mediante una reacción química de ionización de los componentes orgánicos e inorgánicos del terreno, permitiendo que esta reacción origine una fusión molecular progresiva, lo que trae por consecuencia que las partículas del suelo se agrupen y se transformen en una masa compacta y firme.

Se hace hincapié en que el agregar productos enzimáticos al agua de compactación no densificará al material tratado, sino que es necesario aplicar esfuerzo compactivo adicional; es decir, se usará algún equipo compactador y agua con enzimas, con lo cual puede reducirse el tiempo de compactación.

PRODUCCION DE UN EQUIPO COMPACTADOR.

Para determinar la producción horaria de un equipo de compactación se deben tomar en cuenta los siguientes factores :

1. Ancho compactado por la máquina = A
2. Velocidad de operación = V
3. Espesor de capa = E
4. Número de pasadas para obtener la compactación específica -
da = N

Para calcular la producción se determina primero el área cubierta en una hora con una pasada; dividiendo la cifra así obtenida entre el número de pasadas requeridas para obtener la compactación estipulada, resulta el área compactada de suelo por hora. Multiplicando esta última área por el espesor compacto de capa se obtiene el volumen compactado por hora.

La fórmula puede escribirse :

$$P = \frac{A \times V \times E \times 10 \times C}{N}$$

P = Producción horaria (m³/h)

A = Ancho compactado por la máquina (m)

V = Velocidad (km/h)

E = Espesor de capa (cm)

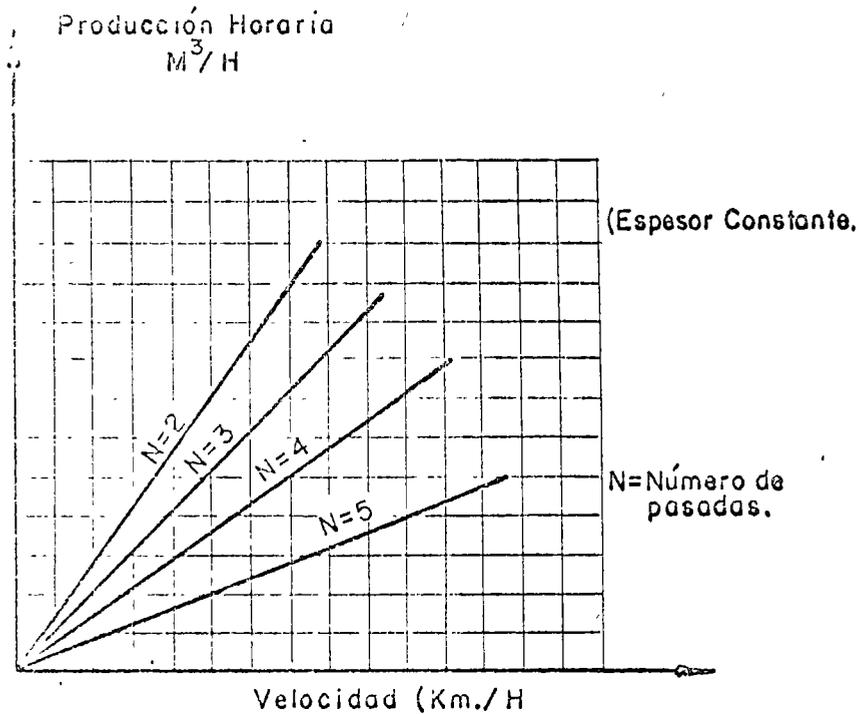
N = Número de pasadas

10 = Factor de conversión

C = Coeficiente de reducción (0.6 á 0.8)

El coeficiente (C) afecta la capacidad teórica, reduciéndola por traslapes de pasadas paralelas, por tiempo perdido para dar vuelta y otros factores.

Conociendo los factores anteriores para cada equipo compactador, se pueden graficar, para espesor constante, las capacidades de producción como se indica en la gráfica.



COSTO DE LA COMPACTACION.

Conociendo la capacidad de producción de un compactador y para conocer el costo del (m^3) compactado es necesario determinar el costo horario del equipo.

Para la determinación del costo horario del equipo de compactación se siguen los mismos pasos que se siguen para la determinación de cualquier otro costo horario de equipo de construcción.

Es decir se deben obtener :

a) Cargos fijos

Depreciación

Intereses

Seguros

Almacenaje

Mantenimiento

b) Consumos

Combustibles

Lubricantes

Llantas

c) Operación

d) Transporte

Sumando

a) Cargos fijos

b) Consumos

c) Operación

d) Transporte

COSTO HORARIO

Determinado el costo horario del equipo y conociendo la producción del mismo, para un cierto grado de compactación, se puede obtener el costo por (m³) compactado :

$$\text{Costo por m}^3 = \frac{\text{Costo horario Equipo}}{\text{Producción horaria Equipo}}$$

EJEMPLO :

Se tiene por compactar un material compuesto por 30% limo y 70% arena.

Consideramos que se trata de un material granular y por lo tanto un compactador vibratorio es el indicado.

Se analizarán las siguientes alternativas :

1. Rodillo liso vibratorio arrastado por tractor agrícola.
2. Rodillo sencillo liso vibratorio autopropulsado.
3. Rodillo doble (tandem) vibratorio autopropulsado.

1) DETERMINACION DE COSTOS HORARIO

1. Rodillo liso arrastrado por tractor agrícola.

PRECIO DE ADQUISICION RODILLO	\$ 180,000.00
PRECIO DE ADQUISICION TRACTOR	<u>\$ 140,000.00</u>
	\$ 320,000.00

Se considera una vida útil del conjunto de 8000 horas y un valor de rescate de (0).

Cargos fijos	\$ 102.00
Consumos	\$ 6.00
Operación	\$ 12.00
Transporte	<u>\$ 3.00</u>
	\$ 123.00/HORA

2. Rodillo sencillo vibratorio autopropulsado.

PRECIO DE ADQUISICION \$ 390.000.00

Se considera también una vida útil de 8000 horas y un valor de rescate de (0).

Cargos fijos	\$ 112.00
Consumos	\$ 6.00
Operación	\$ 12.00
Transporte	<u>\$ 3.00</u>
	\$ 133.00/HORA

3. Rodillo tandem vibratorio autopropulsado.

PRECIO DE ADQUISICION \$ 725,000.00

Haremos la misma consideración por lo que respecta a vida útil y valor de rescate que las alternativas anteriores.

Cargos fijos	\$ 205.00
Consumos	\$ 12.00
Operación	\$ 12.00
Transporte	<u>\$ 3.00</u>
	\$ 232.00/HORA

II) DETERMINACION DE PRODUCCIONES HORARIAS.

1. Rodillo arrastado por tractor agrícola.

Ancho = 1.50 m

Velocidad = 4 km/h

Espesor = 20 cm

Número de pasadas = 4 para 95%

Coefficiente de reducción = 0.7

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20}{4} \times 10 \times 0.7$$

$$P = 210 \text{ m}^3/\text{HORA.}$$

2. Rodillo autopropulsado.

Ancho = 2.14 m

Velocidad = 4 km/h

Espesor = 20 cm

Número de pasadas = 4 para 95%

Coefficiente de reducción = 0.8

(Es de mayor maniobrabilidad y de mayor energía dinámica)

$$P = \frac{2.14 \times 4 \times 20}{4} \times 10 \times 0.8$$

$$P = 342 \text{ m}^3/\text{HORA.}$$

3. Rodillo tandem autopropulsado.

Ancho = 1.50 m

Velocidad = 4 km/h

Espesor = 20 cm

Número de pasadas = 2 (por ser dos rodillos)

Coefficiente de reducción = 0.8

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20}{2} \times 10 \times 0.8$$

$$P = 480 \text{ m}^3/\text{HORA}$$

III. DETERMINACION DE COSTO DE COMPACTACION.

	COSTO HORARIO	PRODUCCION	COSTO x m ³
Caso 1	\$ 123.00/H.	210 m ³ /H.	\$ 0.59/m ³
Caso 2	\$ 133.00/H.	342 m ³ /H.	\$ 0.39/m ³
Caso 3	\$ 232.00/H.	480 m ³ /H.	\$ 0.48/m ³

Se hace notar que a pesar de que la diferencia de valor de adquisición entre los casos (1) y (3) es de 126% aproximadamente, se obtiene un ahorro en el caso (3), del costo de compactación, cercano al 20%.

Suponiendo que se contara con un compactador de pisones autopropulsado, con costo horario de \$ 240.00 y se tratara de compactar el material granular del ejemplo, se obtiene :

Producción Horaria :

Ancho = 1.94 mts.

Velocidad= 9 km/hora

Espesor = 20 cm

Número de pasadas = 8 pasadas (contando sus cuatro rodillos)

Coefficiente de reducción = 0.8

$$\text{Producción} = \frac{1.94 \times 9 \times 20}{8} \times 10 \times 0.8$$

Producción = 349 m³/H.

$$\text{Costo por compactación} = \frac{\$240.00/H.}{349 \text{ m}^3/H.}$$

Costo = \$ 0.69/m³

El costo obtenido demuestra una mala selección del equipo, ya -
que resultó mayor que los obtenidos para rodillos vibratorios.

El caso contrario puede encontrarse cuando con un rodillo vibratorio liso traten de compactarse materiales altamente cohesivos para-
los cuales el compactador de pisones resultará más ventajoso.

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

"EXCAVACION Y ACARREOS CON MOTOESCREPAS"

ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ

1

En las obras de construcción de nuestros días los movimientos, de tierra son cada vez más grandes tanto en carreteras, como aeropuertos y presas.

Para efectuar dichos movimientos existen varios tipos de máquinas, siendo las motoscopas las que mayor demanda han tenido últimamente sobre todo en aquellos tipos de obras, donde se requiere acarrear las tierras a distancias que oscilan entre 200 a 3000 mts. Debido a que compiten en costo con los sistemas tradicionales de cargador y camión o también cargador - vagoneta, independientemente de otras ventajas de carácter técnico tales como la colocación del material en capas a espesores controlables que permiten un mejor control en la calidad de la construcción de terraplenes, un mejor control en los acabados en cortes, etc.

T-1 Esta máquina consta fundamentalmente de dos partes.

T-1 bis Una caja metálica reforzada soportada por un eje con 2 ruedas neumáticas en la parte trasera, una compuerta curva que puede subir o bajar mediante un mecanismo de cables, eléctrico o hidráulico, una cuchilla de material resistente en la parte inferior de la caja que sirve para cortar el material, una placa metálica móvil en la parte inferior, la cual al desplazarse hacia adelante permite desalojar el material contenido en la caja.

Todo este conjunto es halado mediante un tractor de ruedas neumáticas que puede ser de uno o dos ejes. Los controles de operación se encuentran en dicho tractor. En las siguientes transparencias (2, 3 y 4) podemos ver en forma esquemática el proceso de carga acarreo y descarga.

T-2 En la 1a. se observa como baja la caja presentando la cuchilla contra el terreno para realizar el corte, en algunos casos la penetración llega a ser hasta de 30 cms. en motoscopas de 11 a 20 m³ y del orden de 50 cms. en la de mayor tamaño. De acuerdo con la profundidad del corte y el ancho de la cuchilla será la longitud de corte para el llenado total de la caja. Una vez llena la caja se levanta, se cierra la compuerta delantera y se ejecuta el acarreo.

T-4

Llegada al sitio de descarga la operación consiste en bajar la caja, levantar la compuerta delantera y expulsar el material mediante la acción de la placa rasera hacia adelante. Esta actividad se realiza en movimiento y se irá extendiendo el material en una longitud y con un espesor de acuerdo con la abertura de descarga.

T-5, T-6, T-7

Existen y han existido una gran variedad de tipos de esta máquina desde la escrepa de mano, escrepa de arrastre, escrepa de tambor giratorio, etc. hasta llegar a la motoescrepa, las cuales a su vez han tenido una gran evolución debido a los avances en la tecnología.

Los principales adelantos han sido aplicados en los sistemas de operación, desde el sistema por cables, sistema eléctrico, hasta el sistema hidráulico el cual predomina en la actualidad. Las desventajas más importantes que se presentaban en las 2 primeras eran básicamente.

En el de cables el complicado y lento sistema de operación, así como su alto costo de mantenimiento.

En el eléctrico el polvo, que originaba grandes fallas en los motores y generadores a pesar de todas las protecciones y aditamentos que les fueran adaptados, independientemente también de lo complicado del sistema de manejo.

En el sistema hidráulico se superaron las desventajas iniciales que se tuvieron y que eran básicamente las fugas del líquido por roturas de mangueras y en las conexiones. Al mismo tiempo se obtuvo una gran ventaja que consiste en aprovechar la presión hidráulica en la penetración de la cuchilla en el terreno para la ejecución del corte.

Otra evolución que han tenido las motoescrepas es en relación con el tamaño de las mismas. Podemos ver motoescrepas desde 8 m^3 de capacidad hasta 50 m^3 .

T-8

En la transparencia siguiente podemos observar la motoescrepa 1-90 de Tourneau, constituida por un conjunto de 32 mts. de longitud, 3.00 mts. de ancho y una altura al topo de la cabina de 4.20 mts. Todas sus funciones son operadas electricamente por medio de 3 motores diesel de 475 H.P. c/u acoplados a 3 generadores de corriente continua conectados a 12 motores para las ruedas y mecanismos. Esta motoescrepa carga en 40 segundos sin empujador 50 m^3 de material $4\ 500 \text{ m}^3/\text{hora}$.

T-9 En esta otra transparencia vemos motoescrepa la Terex TS-32 de 43 yd³ comanda (33 m³) operada con sistema hidráulico.

La influencia que tiene el tamaño de la motoescrepa en el costo la podemos ver en la siguiente curva que aunque es para determinadas condiciones específicas de operación, longitud de acarreo, tipo de camino, etc. se puede decir que es representativa.

T-10

En la gráfica vemos como aumenta el costo a medida que disminuye el tamaño de la motoescrepa tomando como 100% de costo la de 54 yd³ hasta llegar a la de 18 yd³ con un incremento de un 20%.

En el caso particular de México por las características de las obras sobre todo en carreteras y por los criterios de utilización del equipo las motoescrepas predominantes son las de 14, 18 y en algunos casos las de 24 yd³.

Una de las clasificaciones más actualizadas de los diferentes tipos de motoescrepas y capacidades la tiene la Caterpillar la cual consiste básicamente de 4 grupos con 16 modelos todos operados por medio de sistemas hidráulicos.

T-11

T-11 bis

<u>MÁQUINA</u>	<u>TIPO</u>	<u>CAPACIDAD</u>	<u>NO. DE MODELO</u>
Motoescrepa	Estandar	8-31 m ³	6
Motoescrepa	De potencia en Tandem	11-32 m ³	4
Motoescrepa	De tiro y empuje (Push-Pull)	11-49 m ³	3
Motoescrepa	De anticarga (con mecanismo elevador)	11-31 m ³	3

Todos estos modelos estan diseñados para mover todo tipo de materiales con excepción de roca. Para el caso de que quiera usarse para roca existen una caja reforzada especialmente y es usada en las motoescrepas estandar ó de potencia en tandem. La roca deberá ser muy bien tronada o también para materiales no muy duros que requieran ser arados.

T-12 Las Motoescrapas Estandard tienen un solo motor en el tractor que
T-13 puede ser de uno o 2 ejes con ruedas neumáticas; para ser cargados re-
quieren de la ayuda de un tractor de orugas que se utiliza como empuja-
dor.

Estas unidades se utilizan tanto en distancias intermedias o lar-
gas con bajas pendientes y caminos de acarreo en buenas condiciones. -
Trabajan generalmente en grupo de 2, 3 ó 4 unidades en combinación con
el tractor empujador de acuerdo con las necesidades de la obra.

T-14 Las Motoescrapas de 2 Motores se utilizan al igual que las motoes-
crepas estandard en distancias intermedias o largas pero debido a su ma-
yor potencia se adaptan para fuertes pendientes y disminuyen el tiempo
de la carga siendo recomendable de todos modos el uso del tractor empu-
jador. Sin embargo en materiales suaves se pueden cargar solas.

T-15 Las Motoescrapas de tiro y empuje (Push-Pull) Este nuevo concepto
ha agregado versatilidad a las escrapas de 2 motores, abarcando la ex-
tensión de su aplicación a los demás tipos de motoescrapas. Sus vanta-
jas se apoyan principalmente en lo siguiente:

- T-16
- 1.- Se elimina el tractor empujador.
 - 2.- Se elimina el problema de desproporción posible entre el número de
escrapas convencionales y el empujador.
 - 3.- No se carga al costo el tiempo perdido del empujador.
 - 4.- Debido a que estas máquinas trabajan en parejas no tienen que espe-
rar por el empujador, no se tiene amontonamiento de máquinas como -
en las convencionales.
 - 5.- Es un equipo balanceado con menor inversión.
 - 6.- El costo por el arreglo consistente en un refuerzo especial en los
bastidores y el cuello de ganso más el sistema de enganche represe-
nta tan solo de un 6 a un 7% de la inversión de una motoescrapa de -
2 motores.

T-17 Las Motoescrapas Autocargables

Con mecanismo elevador.- Funcionan mediante un sistema de paletas
elevadoras las cuales van cargando el material dentro de la caja. Este
tipo de máquinas no requieren del tractor empujador, se usan para mate-
riales suaves. Son muy útiles para excavar en arenas donde el material-

es difícil de cargarse con los demás tipos de motoescrapas su utilización - está limitada para acarreos cortos y con pendientes muy suaves.

A continuación veremos una película de 8 mm. con duración de 8 minutos aproximadamente en donde podremos observar las operaciones con algunos tipos de Motoescrapas.

Nos queda ahora responder a las siguientes preguntas dado un trabajo de terminado: que tipo y que tamaño de Motoescrapa debemos seleccionar?. Su poniendo que se trata por supuesto de un trabajo para Motoescrapas, lo mínimo que debemos conocer es:

T-18

- 1.- La evaluación de la Obra
- 2.- Los costos de las máquinas
- 3.- Los rendimientos y características más importantes de las máquinas (Dimensiones, peso, avances técnicos en sus componentes, etc.)

1.- Entendemos en este caso por evaluación de la obra las cantidades de volúmenes a mover, las distancias a que hay que mover dichos volúmenes, el tipo de material (arena, limo, arcilla, tepetate, roca, etc.), su configuración topográfica y todos aquéllos datos de la observación directa que permitan escoger la estrategia más conveniente para la reali zación del trabajo partiendo de la base de ejecutarlo con el mínimo es fuerzo.

2.- Los costos de las máquinas que generalmente se refieren a la unidad horraria y que dependen de muchos factores (vida económica la máquina que depende a su vez del criterio de cada empresario, del lugar donde su - utilice, sobre el nivel del mar o en zonas altas, en zonas desérticas o lluviosas, etc.) pero que básicamente se integran en tres conceptos:

T-19

- 1.- Cargos Fijos
 - a).- Depreciación anual
 - b).- Intereses seguros impuestos
 - c).- Reparaciones mayores y menores
 - d).- Talleres
 - e).- Almacenaje

II.- Cargos por consumos

- a).- Combustibles
- b).- Lubricantes
- c).- Llanas
- d).- Eléctricos
- e).- Otros

III.- Cargos por Operación

- a).- Salarios de Operadores, Ayudantes, etc. La suma de los 3 cargos nos dará el costo por hora de operación de la máquina.

Los rendimientos son los volúmenes movidos durante la unidad horaria y que pueden ser obtenidas mediante:

T-20

- 1).- Observación directa
- 2).- Por medio de reglas y fórmulas
- 3).- Por medio de datos del fabricante

Dado el tema a tratar nos concretaremos a estudiar el aspecto de selección de Motoescrapas analizando los rendimientos y suponiendo sin analizar una determinada obra y los costos de las máquinas.

A continuación presentamos ejemplo de datos de rendimientos obtenidos por observación directa (promedio de 3 observaciones tomadas con cronómetro) de un conjunto de 3 unidades con un empujador en un trabajo de terracerías en material suave y con un acarreo total de 800 mts. en camino sin revestir. Tomando el ciclo de una de las Motoescrapas como observación.

T-21

Tiempo medio de espera	0.28 minutos
Tiempo medio de demora	0.25 "
Tiempo medio de carga	0.65 "
Tiempo medio de acarreo	4.20 "
Tiempo medio de descarga	0.50 "
Tiempo medio de retorno	2.00 "

T o t a l 8.00 minutos

Peso de la unidad vacía (en báscula) 22 070 kgs.

Peso de la unidad cargada.

Pesada No. 1	42 375 kgs.	...
Pesada No. 2	40 720 kgs.	
Pesada No. 3	40 260 kgs.	
	<hr/>	
	123 355 kgs.	
Peso medio	41 120 kgs.	

1.- Peso medio de carga $41\ 120 - 22\ 070 = 19\ 050$ kgs.

2.- Peso volumétrico del material $1\ 890\ \text{kg/m}^3$ en banco.

3.- Carga = $\frac{19\ 050\ \text{kgs.}}{1\ 890\ \text{kg/m}^3} = 10\ \text{m}^3$ en banco

4.- Ciclo = $\frac{60\ \text{minutos}}{8.00\ \text{min.}} = 7.5$ viajes/hora

5.- Producción Media = $7.5 \times 10 = 75\ \text{m}^3/\text{hora}$ en banco.

Este sistema es muy útil cuando ya se tienen las máquinas; por medio de muchas observaciones se corrigen las fallas y se llega a obtener el máximo de eficiencia en los trabajos.

T-22

Por medio de Reglas y Fórmulas:

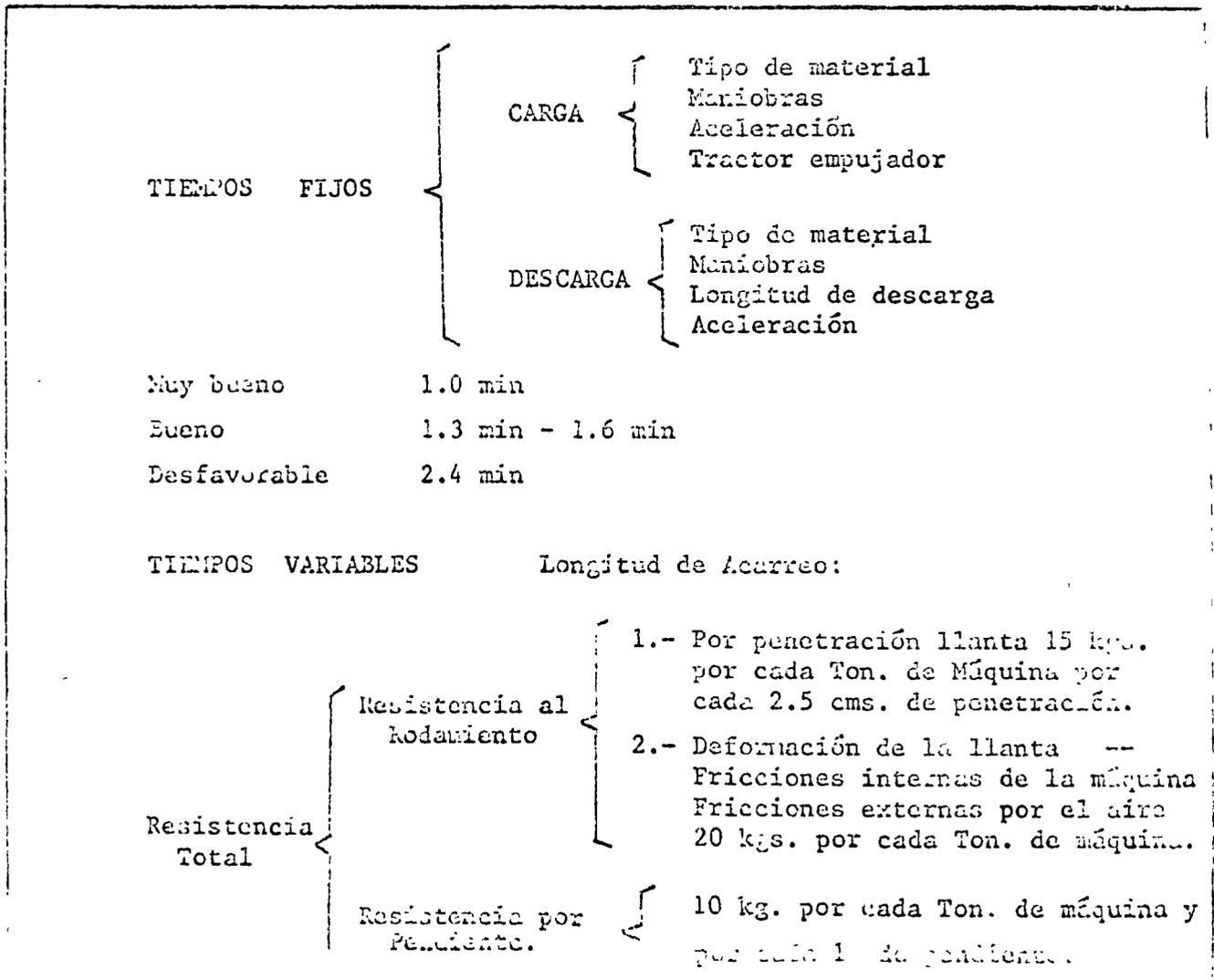
En general el ciclo de una motoescropa esta formado por los tiempos durante los cuales la máquina carga, acarrea, descarga y regresa al lugar de carga.

- La carga.- se realizará en el tiempo necesario cuando ayudada o no por el tractor empujador force el material con la cuchilla de la motoescropa hacia adentro de la caja y quede completamente llena.
- La descarga.- comprende el tiempo que necesita la máquina para que una vez en el lugar de depósito con la tapa semilevantada, la caja ligeramente inclinada y en movimiento tire todo el material en capas del espesor necesario.
- Las maniobras.- Son los tiempos que requiere la máquina en las vueltas que ejecute a la entrada de la carga y a la salida de la descarga.

- d) Las aceleraciones.- Son los tiempos que se requieren para ejecutar el cambio de velocidad de la caja de transmisión directa. En la actualidad las máquinas con cambios automáticos y de potencia permiten - - disminuir bastante estos tiempos.
- e) El acarreo.- Es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga al inicio en el sitio de descarga.
- f) El regreso o retorno.- Es el tiempo que requiere la máquina vacía de la salida del sitio de descarga al inicio en el sitio de carga.

Los tiempos anteriores han sido agrupados en 2 tiempos básicos: Tiempos fijos y Tiempos variables. En la transparencia siguiente tenemos su división y sus dependencias.

T-23



Del material que va a ser enviado se requiere conocer las siguientes características: PESO VOLUMINOSO, NÚMRO DE VOLÚMETRICA Y COMPRESIBILIDAD.

Al peso del material afecta la carga de la volulectapa y las volúmenes de la misma durante el envío, no es lo mismo cargar y transportar escoria por ejemplo o transportar arcilla mojada, a mayor peso se requiere mayor potencia.

La Expansión Volumétrica es muy importante conocerla dado que la mayoría de los tonos de pago en construcción es de arcilla al volúmen del material y no del en el banco. Conociendo el material se envía de un estado V_1 cuando se volúmen V_2 cuando se envía V_3 de arcilla en estado húmedo V_4 es igual a V_1 el estado seco V_5 si se transporta arcilla en una volulectapa de $20 m^3$ de capacidad cuando realmente en los transportes $V_6 = 10 m^3$ de V_5 en el banco en el cual se V_7 que se volúmen V_8 por el precio se paga y se V_9 obtenido.

Para calcular la Expansión Volumétrica se debe conocer los coeficientes de V_1 y V_2 y V_3 y V_4 y V_5 y V_6 y V_7 y V_8 y V_9 en el banco, V_{10} y V_{11} y V_{12} y V_{13} y V_{14} y V_{15} y V_{16} y V_{17} y V_{18} y V_{19} y V_{20} .

La Expansión Volumétrica es el V_1 y V_2 y V_3 y V_4 y V_5 y V_6 y V_7 y V_8 y V_9 y V_{10} y V_{11} y V_{12} y V_{13} y V_{14} y V_{15} y V_{16} y V_{17} y V_{18} y V_{19} y V_{20} y V_{21} y V_{22} y V_{23} y V_{24} y V_{25} y V_{26} y V_{27} y V_{28} y V_{29} y V_{30} y V_{31} y V_{32} y V_{33} y V_{34} y V_{35} y V_{36} y V_{37} y V_{38} y V_{39} y V_{40} y V_{41} y V_{42} y V_{43} y V_{44} y V_{45} y V_{46} y V_{47} y V_{48} y V_{49} y V_{50} y V_{51} y V_{52} y V_{53} y V_{54} y V_{55} y V_{56} y V_{57} y V_{58} y V_{59} y V_{60} y V_{61} y V_{62} y V_{63} y V_{64} y V_{65} y V_{66} y V_{67} y V_{68} y V_{69} y V_{70} y V_{71} y V_{72} y V_{73} y V_{74} y V_{75} y V_{76} y V_{77} y V_{78} y V_{79} y V_{80} y V_{81} y V_{82} y V_{83} y V_{84} y V_{85} y V_{86} y V_{87} y V_{88} y V_{89} y V_{90} y V_{91} y V_{92} y V_{93} y V_{94} y V_{95} y V_{96} y V_{97} y V_{98} y V_{99} y V_{100} .

Veremos un ejemplo de aplicación de los conceptos anteriores.

2-24

Volúmen V_1 = 10,000 m^3 de arcilla construida en el banco $V_2 = 1.4$

Coefficiente de V_3 = 0.8

Se envía en volulectapa de $20 m^3$ volúmenes

Se desea saber:

1.- Volúmen en banco necesario.

2.- Número de volulectapas.

Volúmen en banco	=	$\frac{10,000}{0.8}$	=	12,500 m ³
Capacidad de la motoescrepa				
Referida a banco	=	$\frac{20 \text{ m}^3}{1.4}$	=	14.3 m ³
Número de viajes	=	$\frac{12,500}{14.3}$	=	869

Las maniobras y aceleraciones dependen básicamente de la habilidad del operador.

El objetivo que estamos persiguiendo es el de realizar un trabajo a la mayor velocidad posible para obtener el máximo de volúmen movido en el tiempo mínimo posible y por supuesto al menor costo factible.

Para lograr esto necesitamos conocer la potencia necesaria de la máquina para realizar el trabajo. Las potencias disponibles de las máquinas existentes en el mercado y por último la potencia utilizable que es la potencia disponible limitada por las condiciones del trabajo.

Los factores que debemos considerar son:

T-25. Resistencia al Rodamiento que es una medida de la fuerza requerida para empujar o halar y hacer rodar las ruedas en el suelo. Depende de las condiciones del terreno y del peso de la máquina vacía o cargada. Mientras más se hundan las ruedas en el terreno mayor es la resistencia.

La experiencia da como dato.- 15 kgs. por cada tonelada de carga y por cada 2.5 cms. de penetración. Se puede considerar aproximada para caminos:

Sin revestir	-	7.5 cm. de penetración
Revestidos	-	5.0 cm. de penetración
Pavimentados	-	2.5 cm. de penetración

Otros factores que intervienen son: la deformación de la llanta, el ancho de la misma, el dibujo, la velocidad (a mayor velocidad mayor resistencia del aire), las fricciones internas de las componentes de la máquina, etc.

En una máquina que está funcionando normalmente se consideran los factores anteriores constantes e igual a una resistencia de 20 kgs. por cada Tonelada de máquina cargada o descargada según sea el caso.

T-26

Del ejemplo de observación.

Una motodeserapa cuyo peso total es 41 120 kgs. en un camino revestido de penetración de llanta de 7.5 cms. La Resistencia al Rodamiento será:

$$\begin{array}{rcl} 15 \text{ kgs/Ton} \times 3 = 20 \text{ kgs/Ton} & = & 65 \text{ kg/Ton.} \\ 65 \text{ kgs/Ton} \times 41.120 \text{ Tons.} & = & \underline{2\ 673 \text{ kgs.}} \end{array}$$

T-27

Resistencia por Pendiente: Esta resistencia es causada por la fuerza de gravedad, puede ser a favor o en contra, dependiendo del sentido de movimiento de la máquina, se calcula aproximadamente tomando un valor de 10 kg. por tonelada por cada 1 % de inclinación.

Ya tenemos la Resistencia al Rodamiento y la Resistencia por pendiente.

La Resistencia Total = R. R. + R. P.

La Resistencia total nos marca la fuerza de tracción necesaria para mover la máquina.

Esta fuerza de tracción la debemos comparar con la fuerza de tracción disponible de la máquina, la cual está íntimamente ligada con las diferentes velocidades que desarrolla por medio del sistema de transmisión que tenga. Así tendremos que una máquina desarrolla una gran fuerza de tracción a baja velocidad y poca fuerza de tracción a altas velocidades.

Como ejemplo tenemos:

La Resistencia total de una motoescropa es de 3 200 kgs. o (fuerza de tracción necesaria), la cual comparamos con las diferentes fuerzas de Tracción -Velocidad de la siguiente tabla:

Transmisión	Velocidad Km/h	Fza. de Tracción disponible. Tons.
1a.	3.7	10.230
2a.	7.3	5.335
3a.	11.6	3.310
4a.	18.3	2.055
5a.	30.3	1.275

La Motoescropa debe ser operada en 3a. velocidad con una fuerza de tracción 3 310 kgs. y una velocidad de 11.6 km/hora. Podríamos operarla en la. ó 2a. pero lo único que conseguiríamos es desperdiciar potencia y en consecuencia ir a menos velocidad. No podemos usar la 4a. ó 5a. porque la máquina no se movería.

La Potencia disponible no siempre es la potencia utilizable, está limitada por dos factores.

Coefficiente de Tracción.- que es la relación que existe entre la fuerza de tracción de las ruedas motrices y la fuerza que puede desarrollar contra el terreno. Es decir si una máquina trabaja en una superficie resbalosa es muy probable que la fuerza que desarrolla con el terreno sea inferior a la fuerza de tracción disponible y entonces las llantas patinarán. Se tienen - tablas donde se dan los datos de coeficiente de tracción para diferentes terrenos; por ejemplo en tierra firme el coeficiente de tracción es de 0.50 - y en tierra suelta es de 0.40; la fuerza de tracción utilizable se obtiene - multiplicando el coeficiente de tracción por el peso sobre la ruedas motrices.

Ejemplo:

T-29

Que fuerza de tracción utilizable en las ruedas puede ejercer una Motoescrepa cuyo peso en las ruedas propulsadas es de 23 600 kgs.

En tierra firme:

$$0.50 \times 23\ 600 = 11\ 800 \text{ kgs.}$$

En tierra suelta:

$$0.40 \times 23\ 600 = 9\ 440 \text{ kgs.}$$

El coeficiente de tracción depende del peso sobre las ruedas motrices y de las condiciones del suelo. Siempre podrá corregirse esto mejorando el terreno donde opere la máquina.

Altitud: La altitud es otra limitación a la potencia disponible de la máquina. A medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar la eficiencia de los motores disminuye. En la actualidad algunas máquinas con motor turbo alimentado solo pierden potencia a partir de los 3000 m. sobre el nivel del mar. La mayoría de las máquinas se diseñan para funcionar hasta 1 500 m. sin pérdida de potencia y se considera un porcentaje del 1% de pérdida de potencia para cada 100 m. de altitud después de los 1 500 m. Cada fabricante proporciona tablas para corregir la potencia disponible por altitud.

En resumen estas son las secuencias para calcular la velocidad de trabajo de una máquina.

T-30

SECUENCIAS PARA CALCULAR LA VELOCIDAD DE
TRABAJO DE UNA MÁQUINA

- 1o.- Determinése la fuerza de tracción necesaria que es la suma de la Resistencia al Rodamiento más la Resistencia por Pendiente.
- 2o.- Compárese la Fuerza de Tracción necesaria con la Fuerza de Tracción Velocidad disponible de las especificaciones de la máquina.

- 3o.- De la comparación anterior selecciónese la más alta velocidad que sea aconsejable usar.
- 4o.- En caso necesario considérese la tracción que ofrece el terreno y determinése la Fuerza de Tracción Utilizable - Velocidad.
- 5o.- Si el trabajo se lleva a cabo a una altitud mayor de 1 500 mts. calcúlese la pérdida de potencia y revísese la nueva velocidad más aconsejable.

Una vez conocida la velocidad adecuada para la máquina en los diferentes tramos del camino de acarreo, estamos en posibilidad de calcular la velocidad media. Los fabricantes aconsejan que se multiplique la velocidad máxima por 0.65, suponiendo que la máquina parte del reposo. Si se supone que parte de una velocidad inicial el factor se modificará.

En general a lo largo de un camino podemos suponer que se presentan diferentes pendientes, diferentes resistencias al rodamiento y que no son factibles o convenientes de modificarse, en este caso las relaciones de transmisión de la máquina en movimiento, serán variables, es decir se requieran varios cambios de Transmisión. Para calcular la velocidad media se acostumbra en estos casos dividir el camino en los diferentes tramos y hacer el análisis de cada uno de ellos, calculando su velocidad media.

Una vez conocida la velocidad media y la longitud de recorrido estamos en posibilidad de calcular el tiempo o los tiempos en los diferentes tramos con solo dividir dicha longitud entre la velocidad media.

La suma de los tiempos de ida y vuelta más los tiempos fijos nos dará el Tiempo Total del Ciclo de Operación de la máquina.

Con este tiempo podemos calcular la producción horaria de la máquina y el costo por m^3 de material movido en Banco.

Ejemplo para ver el proceso de cálculo:

Problema:

La Empresa "A" tiene que ejecutar un trabajo consistente en mover - 800 000 m³ para la construcción de una pista de aterrizaje, cuenta la Empresa con el siguiente Equipo.

6 Motoescrapas. Caterpillar 621 de 15 m³ de capacidad colmada.

2 Tractores D-8H con empujador amortiguado.

Se supone que no se ejecutará la compactación del material, únicamente la extracción, carga, acarreo, transporte y colocación en capas del mismo.

Los Datos son:

Material	-	limo arenoso seco
Peso Volumétrico	-	1 600 kg/m ³
Altitud S.N.M.	-	2 000 m.
Longitud de acarreo	-	1 300 mts. de los cuales:
1 000 mts.	-	Tienen 4% de pendiente Ad-versa.
y 300 mts. tienen	-	2% Favorables
Coefficiente de abundamiento	=	1.25 o su recíproco 0.8
Peso de la máquina vacía	=	23.6 Tons.
Peso de la máquina cargada del equipo	=	23.6 Tons. + 1 600x0.8x15 m ³ = 432

Costos horarios: según la Empresa

Tractor	-	\$ 230/hora
Motoescrapa	-	\$ 320/hora

La Empresa desea saber el costo por m³ en banco más barato con los siguientes tipos de camino de acarreo.

- Sin revestir
- Revestido
- Pavimentado.

T-32

I.- Suposición de los tiempos fijos:

Dada la experiencia que tiene la Empresa de acuerdo con su equipo, toma como tiempos fijos (carga y descarga) = 1.3 minutos.

II.- Cálculo de los tiempos variables:

A).- Resistencia al Rodamiento - 15 kg/por cada Ton. de máquina por cada 2.5 cm. de penetración.

7.5 cm. en camino sin revestir = 45 kg/ton. M.
 5.0 cm. en camino revestido = 30 kg/ton. M.
 2.5 cm. en camino pavimentado = 15 kg/ton. M.

A estas cantidades habrá que sumarle 20 kg/ton. M. por deformación de llanta, fricciones internas, etc.

B).- Resistencia por Pendiente: 10 kg/Ton. M. por cada 1 %.

Sección de 1000 m. de ida = 4% x 10 = 40 kg/T.M.
 Sección de 300 m. de ida = 2% x 10 = 20 kg/T.M.
 Sección de 1000 m. de regreso = 4% x 10 = 40 kg/T.M.
 Sección de 300 m. de regreso = 2% x 10 = 20 kg/T.M.

RESUMIENDO

T-33

DE IDA (CARGADA)

Tipo de Camino	Resist. al Rod. Kg/T.M.	R. por P. kg/T.M.		R. Total kg/T.M.	
		1000 m.	300 m.	1000 m.	300 m.
Sin revestir	65	40	-20	105	45
Revestido	50	40	-20	90	30
Pavimentado	35	40	-20	75	15

T-33

DE PUNTERO (VACIA)

Tipo de Camino	Resist. al Rod. Kg/T.M.	R. por P. kg/T.M.		R. Total kg/T.M.	
		300 m.	1000 m.	300 m.	1000 m.
Sin revestir	65	20	-40	85	25
Revestido	50	20	-40	70	10
Pavimentado	35	20	-40	55	-15

Cóeficiente de la R. Total o Rimpull de la máquina.

Resistencia Total x Peso de la máquina cargada.

Resistencia total x peso de la máquina vacía.

También la resistencia total puede hacerse equivalente a la pendiente de un camino ficticio es decir en términos que la resistencia por pendiente es igual a 10 kg. por cada Ton. de Máquina y por cada 1% de pendiente bastará dividir - la resistencia total entre 10 para obtener el % de pendiente equivalente. Esto se hace en virtud de que las gráficas de algunos fabricantes las presentan como Rimpull o en % de pendiente o ambos.

T-34

PESO MOTORSCHEIDA CARGADA = 45 TONS. DE IDA

Tipo de Camino	R. T. o Rimpull Toneladas		R. T. en % Pendiente	
	1000	300	1000	300
Sin revestir 105 - 45	4.5	1.5	10.5	4.5
Revestido 90 - 30	3.0	1.0	9.0	3.0
Pavimentado 75 - 15	3.2	0.7	7.5	1.5

T-34

PESO MOTOCREPA VACIA = 23.6 TON. DE REGRESO

Tipo de Camino	R. T. o Rimpull toneladas		R.T. en % de Pendiente	
	300	1000	300	1000
Sin revestir 85 - 25	2.0	0.6	8.5	2.5
Revestido 70 - 10	1.7	0.2	7.0	1.0
Pavimentado 55 - (-15)	1.3	-0.1	5.5	-1.5

Quando se obtiene el Rimpull o el % de pendiente negativo quiere decir que la máquina puede acelerarse más allá de su velocidad máxima permisible, sin embargo las máquinas actuales tienen un retardador que impide que esto suceda, evitando el uso excesivo de los frenos.

T-35

Revisemos el coeficiente de Tracción contra el suelo para las condiciones más desfavorables.

Coeficiente en camino sin revestir = 0.45

Peso de la máquina cargada en las ruedas motrices 63%

$0.63 \times 43 \text{ T} \times 0.45 = 12 \text{ T.}$

Peso de la máquina vacía en las ruedas motrices 63%

$0.63 \times 23.6 \text{ T.} \times 0.45 = 6.8 \text{ T.}$

Cubren ampliamente para las resistencias totales de 4.5 Tons. cargada y 2.0 Tons. vacía.

T-36

Corrección por altitud.

La máquina puede trabajar al 100% de potencia a 1 500 m., los 500 mts. restantes serán igual a:

$$\frac{500 \times 1\% \text{ por cada } 100 \text{ mts.}}{100} = 5\%$$

Habrá que multiplicar las Resistencias Totales o Rimpull de los cuadros anteriores por 1.05 .

BOCA DE TORRELLA - GARSA.

Tipo de Camino	K. T. (MPS) (MPH)		R. T. % DE PAVIMENTADO	
	1000	300	1000	300
Sin revestir	4.7	2.0	12.0	4.7
Revestido	4.1	1.4	5.5	3.2
Pavimentado	3.3	0.7	3.5	1.6

BOCA SURLEY - VACIA

Tipo de Camino	K. T. (MPS) (MPH)		R. T. % DE PAVIMENTADO	
	300	1000	300	1000
Sin revestir	2.1	0.6	9.0	2.3
Revestido	1.3	0.2	7.5	1.1
Pavimentado	1.4	-0.1	6.0	-1.6

Con los datos anteriores entrarse a la gráfica proporcionada por el fabricante.

Se puede entrar con el Rimpull o con el % de pendiente por ejemplo para 4.7 de Rimpull o 11% de pendiente, se procede de la siguiente forma: En dónde dice Fuerza de Tracción o Rimpull de la escala vertical del lado izquierdo, buscamos 4.7 Tons. seguimos en una línea horizontal hasta interceptar la curva correspondiente a la 4a. velocidad, de este punto bajamos verticalmente y encontramos en la escala horizontal la velocidad de 15 Km/h.

Si procedemos con la pendiente, buscamos del lado derecho en la escala aproximadamente el 11% de pendiente descendemos en una línea paralela a las demás líneas marcadas y dónde cruce con la línea punteada vertical de carga de 21 800 kgs. trazamos una horizontal hacia la izquierda hasta encontrar el mismo punto de cruce con la curva correspondiente a la 4a. velocidad, después procedemos igual que en el caso anterior, bajamos verticalmente y encontramos la misma velocidad de 15 Km./hora.

Procediendo de la misma forma para todos los casos obtenemos los siguientes resultados:

VELOCIDADES DE LA MOTOESCREPA CARGADA

Tipo de Camino	Velocidad para los 1000 m.	Transmisión	Velocidad para los 300 m.	Transmisión
Sin Revestir	15 Km/h.	4a.	34 km/h.	7a.
Revestido	16 Km/h.	4a.	48 km/h.	8a.
Pavimentado	20 Km/h.	5a.	50 km/h.	8a.

VELOCIDADES DE LA MOTOESCREPA VACIA

Tipo de Camino	Velocidad para los 300 m.	Transmisión.	Velocidad para los 1000 m.	Transmisión
Sin Revestir	34 km/h.	7a.	50 km/h.	8a.
Revestido	37 km/h.	7a.	50 km/h.	8a.
Pavimentado	49 km/h.	8a.	50 km/h.	8a.

Las tablas anteriores son muy importantes ya que físicamente en el camino se pueden marcar en un cuadro, como las señales de velocidad de los caminos, la velocidad a la que debe transitar la Motocicleta.

Por ejemplo si se escogiera el tipo de camino pavimentado:

A la salida del corte se marcaría 20 km/h. y a los 1000 mts. otra señal que indicará 50 km/h en el sentido de ida. Y de regreso, prácticamente desde la salida del tiro hasta la entrada del corte 50 km/h.

T-39

Las velocidades anteriores son las velocidades máximas, debemos multiplicarlas por 0.65 para obtener las velocidades medias que consideran las aceleraciones y desaceleraciones.

T-40

VELOCIDADES MEDIAS (CARGADA)

Tipo de Camino	Velocidad para los 1000 m.	Velocidad para los 300 m.
Sin revestir	10 km/h.	22 km/h.
Revestido	11 km/h.	31 km/h.
Pavimentado	13 km/h.	35 km/h.

VELOCIDADES MEDIAS (VACIA)

Tipo de Camino	Velocidad para los 300 m.	Velocidad para los 1000 m.
Sin revestir	22 km/h.	35 km/h.
Revestido	24 km/h.	35 km/h.
Pavimentado	31 km/h.	35 km/h.

Con las velocidades medias y las longitudes podemos calcular los tiempos; bastará dividir la longitud por 60 minutos entre la velocidad en metros - por hora.

$$t = \frac{L \times 60}{V \text{ (m/h)}} = \text{tiempo en minutos}$$

T-41

TIEMPOS DE MOTOESCREPA CARGADA

Tipo de Camino	Tiempo en los 1000 m.	Tiempo en los 300 m.	T. Total
Sin revestir	6.0 min.	0.8 min.	6.8 min.
Revestido	5.5 min.	0.6 min.	6.1 min.
Pavimentado	4.6 min.	0.5 min.	5.1 min.

TIEMPOS DE MOTOESCREPA VACIA

Tipo de Camino	Tiempo en los 300 m.	Tiempo en los 1000 m.	T. Total
Sin revestir	0.8 min.	1.7 min.	2.5 min.
Revestido	0.7 min.	1.7 min.	2.4 min.
Pavimentado	0.6 min.	1.7 min.	2.3 min.

El siguiente paso es obtener el tiempo total del ciclo. (Tiempos fijos más tiempos variables) y la producción horaria en banco.

T-42

TIEMPO TOTAL DEL CICLO EN MINUTOS Y
M³/H. EN BANCO.

Tipo de Camino	Tiempo Fijos	Tiempo variables		Tiempo Total	Número de viajes por Hora	M ³ /h
		Ida	regreso			
Sin revestir	1.3	6.8	2.5	10.5	5.7	67
Revestido	1.3	6.1	2.4	9.3	6.1	73
Pavimentado	1.3	5.1	2.3	8.7	6.9	83

COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO = 1.25 ó 0.8 por el P.
 CAPACIDAD COLMADA DE LA MOTOESCREPA = 15 m³
 CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA EN BANCO = 15 x 0.8 = 12 m³

Esta producción está considerada para horas de 60 minutos, es lógico pensar que esto es poco real en virtud de que intervienen factores tales como la experiencia, la habilidad de los operadores, descomposturas, demoras imprevistas, etc., por lo cual la producción al 100% de eficiencia deberá afectársele del factor de eficiencia que considere cada empresa de acuerdo con su experiencia en términos generales un factor de eficiencia del 70% es bastante bueno. Con esto último calcularemos la producción real, el costo por m³ de material movido en banco. Antes de pasar a realizar este cálculo analizaremos si el equipo de 2 tractores y 6 motoescrepas está balanceado.

Las maniobras que realiza el empujador considerando que tiene placa amortiguadora hasta para una velocidad de 8 km/h y que no tiene pérdida en el acomodo para el empuje son: Impulso, retorno y maniobras se considera que este tiempo lo realiza entre 1.6 minutos con mucha eficiencia y 2.4 con regular. Tomaremos para este caso 2 minutos, el valor medio.

T-43

NUMERO DE MOTOESCREPAS

Tipo de Camino	Tiempo del ciclo de la Motoescrepa	Tiempo de ciclo del tractor empujador.	Número de Motoescrepas
Sin revestir	10.6	2.0	6
Revestido	9.8	2.0	5
Pavimentado	8.7	2.0	5

De este cuadro se observa que en el peor de los casos se requiere unicamente 1 tractor empujador y 6 motoescrepas.

T-44

Costo de los conjuntos:	
Costo horario del tractor	\$ 280.00/hora
Costo horario Motoescrepa	\$ 320.00/hora
Costo conjunto 1 tractor y 6 Motoescrepas.	
1 x \$ 280.00 =	\$ 280.00/h.
6 x \$ 320.00 =	<u>\$ 1920.00/h.</u>
Costo Total =	\$ 2200.00/h.
Costo conjunto 1 tractor y 5 Motoescrepas.	
1 x \$ 280.00 =	\$ 280.00/h.
5 x \$ 320.00 =	<u>\$ 1600.00/h.</u>
Costo Total =	\$ 1880.00/h

T-45

Producción real para:

A.- Camino sin revestir		
67 m ³ /h x 0.7 x 6 máquinas	=	281 m ³ /h
B.- Camino revestido		
73 m ³ /h x 0.7 x 5 máquinas	=	256 m ³ /h
C.- Camino Pavimentado		
83 m ³ /h x 0.7 x 5 máquinas	=	291 m ³ /h

Costo por m³/h movido en banco:

A.- Camino sin revestir			
$\frac{\$ 2\ 200.00}{281\ m^3/h}$	=	\$ 7.82	
Costo Total	=	7.82 x 800,000 m ³	= 6'256,000
B.- Camino revestido			
$\frac{\$ 1\ 880.00}{256\ m^3/h}$	=	\$ 7.35	
Costo Total	=	7.35 x 800,000 m ³	= 5'880,000
C.- Camino Pavimentado			
$\frac{\$ 1\ 880.00}{291\ m^3/h}$	=	\$ 6.47	
Costo Total	=	6.47 x 800,000 m ³	= 5'176,000

Por último:

Obtención de Rendimientos por m³ o de datos proporcionados por el fabricante:

En el siguiente ejemplo vemos los diferentes rendimientos y costos para un camino con una resistencia determinada. La Caterpillar ha estudiado un gran número de combinaciones con la cual facilita bastante la selección del equipo.

T-46

DISTANCIA DE ACARreo EN METROS (MEDIO CICLO)

CAMINO DE 100 P₂/T

	75	152	305	610	915	1525
<u>627</u>						
Producción de una sola unidad m ³ en b/hr	343	267	217	146	110	73
Traíllas/empujador	2	2	3	4	6	6
Costo (¢ m ³ en b*)	14,8	17,7	21,2	29,8	37,4	56,4
<u>621</u>						
Producción de una sola unidad m ³ en b/hr	268	241	183	123	93	62
Traíllas/Empujador	2	2	3	5	6	6
Costo (¢ m ³ en b*)	14,7	17,6	20,7	28,8	35,8	53,7
<u>623</u>						
Producción de una sola unidad m ³ en b/hr	243	204	154	103	78	52
Traíllas/Empujador	-	-	-	-	-	-
Costo (¢ m ³ en b*)	12,8	15,4	20,3	30,4	40,2	60,2
<u>627</u>						
Producción de una sola unidad m ³ en b/hr	281	239	184	126	96	65
Traíllas/Empujador	-	-	-	-	-	-
Costo (¢ m ³ en b*)	12,9	15,0	19,5	23,5	37,4	55,2
La unidad más económica	623	627 de T y E	627 de T y E	627 de T y E	621	621

*Utilizando los porcentajes de la eficiencia de la flotilla y de la disponibilidad de la traílla.

Conclusiones:

- 1).- Para cada tipo de trabajo deberá estudiarse la selección adecuada de equipo.
- 2).- Siempre existirá alguna solución para reducir los tiempos fijos y variables, en el caso de las motoescrepas.

Reducción de Tiempos fijos.-

- a).- Realizar la carga con pendiente favorable.
- b).- Escoger el empujador más adecuado.
- c).- Educación del Operador.
- d).- etc.

Reducción de Tiempos variables.-

- a).- Camino adecuado (revestido o pavimentado), en caso de acarreos cortos o también en caminos revestidos conservación de los mismos mediante el uso de Motoconformadora, riego de agua y en algunos casos equipo auxiliar de compactación.
- b).- Señalamiento de las velocidades a lo largo del camino.
- c).- Tratar de localizar el camino sin pendientes ó modificarlo al máximo.
- d).- etc.

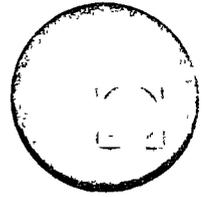
Existen aditamentos especiales en las motoescrepas que permiten también obtener una buena reducción de los tiempos tales como: Enganche o Empujador amortiguado, Asiento del operador amortiguado que permite una mejor operación de la máquina, transmisión automática, etc.

Recuerdese siempre que tiempo es dinero .

No olvidar respetar el mantenimiento que especifique el fabricante para la máquina .



centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

"USO DE CARGADORES Y RETROEXCAVADORAS"

ING. JUAN VALDEZ JUAREZ.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

CURSO: MOVIMIENTO DE TIERRAS

" USO DE CARGADORES "

I.- Introducción

Dentro de las actividades más interesantes y de mayor riesgo de un ingeniero constructor está la elección de la máquina adecuada para ejecutar un determinado trabajo. Para esta operación debe conocer bien ciertos principios básicos y estar al corriente de los métodos y equipos que en la actualidad ofrecen ventajas para mover materiales de la manera más económica y eficiente.

Como ustedes saben, hay muchas máquinas para movimiento de tierras, cada una de las cuales realiza un trabajo específico con cierta eficiencia, y puede efectuar algunos de los trabajos propios de otros equipos con diversos grados de rendimiento.

La mejor elección será aquella en que la máquina seleccionada realice el mayor número de trabajos con la mayor eficiencia y productividad, es decir, que dé como resultado el costo más bajo posible por unidad de material movido.

A continuación expondré a ustedes las características y algunas tendencias actuales sobre la utilización de cargado-

res en trabajos que antes eran específicos de otras máquinas en el movimiento de tierras.

II.- Tipos de Cargadores

Básicamente, existen 2 tipos de cargadores dependiendo de su forma de tracción, los de carriles, los de llantas.

a) La utilización apropiada de los cargadores de carriles es en trabajos que requieren volúmenes pequeños, - del orden de 100 a 160 m³/h, cargando camiones de volteo convencionales de 6 a 10 m³ de capacidad. Por esta razón, las capacidades de cargadores de carriles oscilan de 1/2 a 5 yd³. En estos rangos de capacidad, sus ventajas se demuestran en obras con condiciones del piso malas, como son pisos lodosos y rocosos, y en donde se requiere fuerza de ataque para la carga del material; también se utilizan apropiadamente en excavaciones de construcción urbana y en rezaga de túnes.

La versatilidad de estas máquinas consiste fundamentalmente en los aditamentos que se le pueden instalar, tales como el cucharón de descarga lateral que permite trabajar en espacios reducidos donde no se puede maniobrar libremente, y que abate el tiempo de ciclo en comparación con un cucharón standard, ya que puede descargar hacia un lado evitando así el giro y el aditamento llamado escarificador o ripper que permite a la máquina aflojar el material que luego cargará.

b) Los cargadores de llantas, en capacidades de 1/2 a 5 yd³, se utilizan en trabajos con condiciones buenas,

es decir, con pisos duros y secos, y con materiales --
suelos; ya que en estas condiciones y gracias a su ve
locidad y maniobrabilidad, tienen mayor producción que
uno de carriles de la misma capacidad, y por consiguien
te se obtiene un costo por m³ más bajo.

Otra ventaja que tienen es que se pueden desplazar por
su propio impulso, incluso por carreteras y calles, de
un frente de trabajo a otro, con lo que se evitan los
gastos de fletes.

III.- Cálculo del cargo por depreciación y mantenimiento.

IV.- Cálculo de la producción de un cargador.

La producción de un cargador se calcula multiplicando la
cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo
por el número de ciclos/hora.

La cantidad de material que mueve el cucharón en cada ci
clo es la capacidad nominal del cucharón afectada por un
factor, que se denomina "factor de carga", expresado en -
forma de porcentaje, que depende del tipo de material que
se cargue. Este "factor de carga" se puede determinar em
píricamente para cada caso particular, o tomarse de los -
manuales de los fabricantes de equipo.

LAMINA No. 1

MATERIAL SUELTO

FACTOR DE CARGA

Agregados húmedos mezclados	95 - 100 %
Agregados uniformes hasta de 1/8"	95 - 100 %
Agregados de 1/8" a 3/8"	85 - 90 %
Agregados de 1/2" - 3/4"	90 - 95 %
Agregados de 1" - o más	85 - 90 %

MATERIAL DINAMITADO

Bien fragmentado	80 .. 85 %
De fragmentación mediana	75 - 80 %
Mal fragmentado	60 - 65 %

Es decir, un cargador con cucharón de 9 yd³ en una operación de carga en un banco de roca, en un material bien fragmentado cargará en cada ciclo:

$$9 \text{ yd}^3 \times 0.80 = 7.2 \text{ yd}^3$$

Para calcular el número de ciclos/hora en la operación de un cargador, se debe determinar el tiempo en minutos, del ciclo de carga: y la eficiencia de la operación, es decir, los minutos efectivos de trabajo en una hora, así:

$$\text{Ciclos/hora} = \frac{\text{minutos efectivos por hora}}{\text{Tiempo total de un ciclo (en minutos)}}$$

El ciclo básico incluye carga, descarga, cuatro cambios de sentido de marcha, el ciclo completo del cucharón y el recorrido mínimo. El ciclo de acarreo corresponde al tiempo de acarreo y retorno. El ciclo total es la suma de los dos anteriores.

Los factores que afectan el tiempo del ciclo son, entre otros: el tipo de material, la altura de los montones, la habilidad del operador, la capacidad del vehículo o recipiente que se carga, etc. Todo lo anterior determina la eficiencia de la operación. Hay otros factores particulares que sólo puede determinarlos el que hace el trabajo, tales como los tiempos de espera y de ubicación de la carga, que también afectan la eficiencia de la producción.

Lo más conveniente para conocer el tiempo del ciclo es medirlo para cada caso particular; sin embargo, de estadísticas de varias obras y recomendaciones de fabricantes podemos decir que el tiempo del ciclo básico es del orden de 20 a 25 segundos, y que se vé afectado por diversos factores que se han estimado aproximadamente como sigue:

LAMINA No. 2

MATERIAL

Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico

De diversos tamaños	+ 1.2
Hasta de 1/8"	+ 1.2
De 1/8" a 3/4"	- 1.2
De 3/4" a 6"	0.0
De 6" o más	+ 1.8 y más
En banco o fragmentado	+ 2.4 y más

MONTON

Apilado con transportador o tractor a 3 m. o más	0.0
Apilado con transportador o tractor a menos de 3 m.	+ 0.6
Descargado de un camión	+ 1.2

DIVERSOS

Posesión en común de camiones y cargador	- 2.4
Operación continua	- 2.4
Operaciones intermitentes	+ 2.4
Tolvas o camiones pequeños	+ 2.4
Tolva o camión endebles	+ 3.0

El tiempo de acarreo, en una operación de carga y traslado, si se desconoce, puede tomarse de gráficas hechas por los fabricantes o prepararse con datos estadísticos medidos en la obra en forma apropiada.

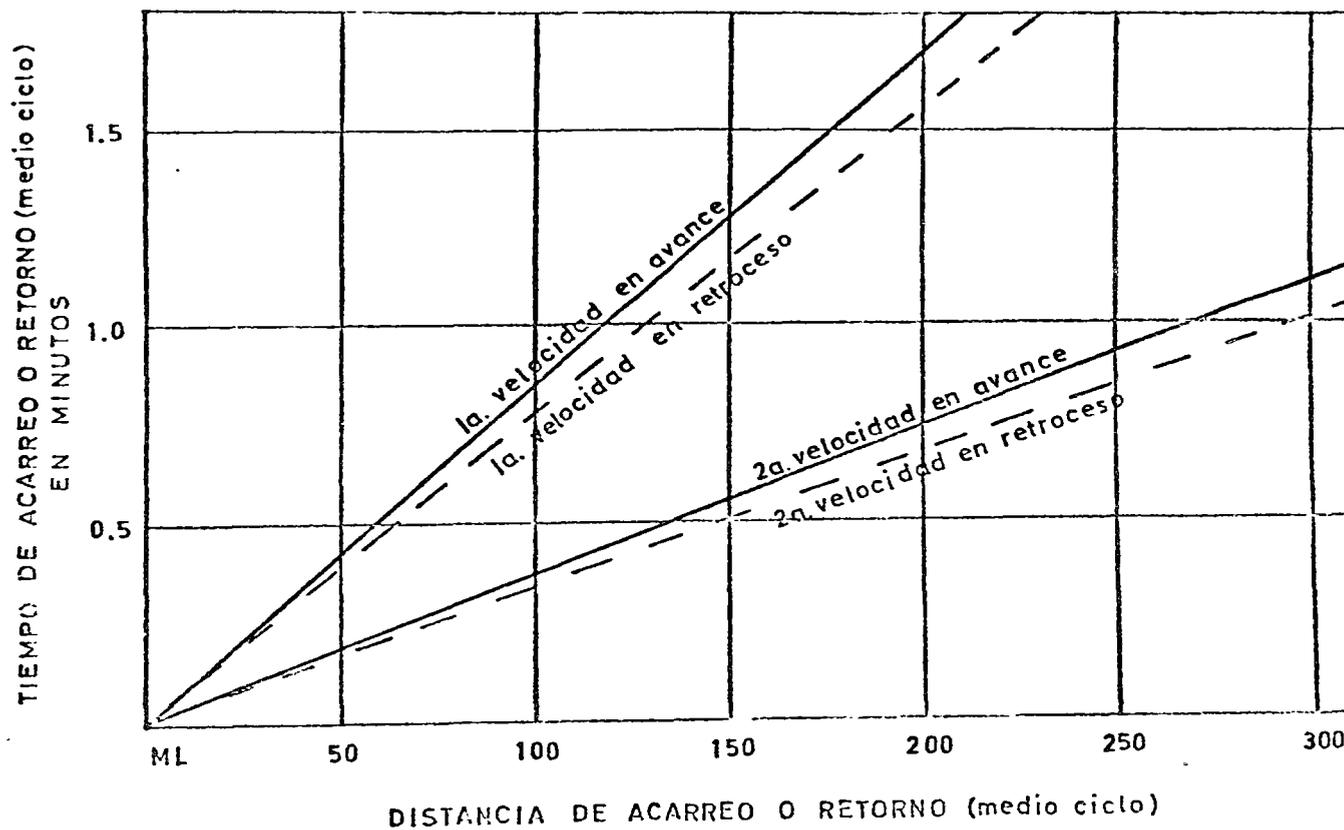
A continuación, como ejemplo, presento varias gráficas del tiempo estimado de acarreo o retorno para diversos cargadores.

Estas gráficas se prepararon en las siguientes condiciones:

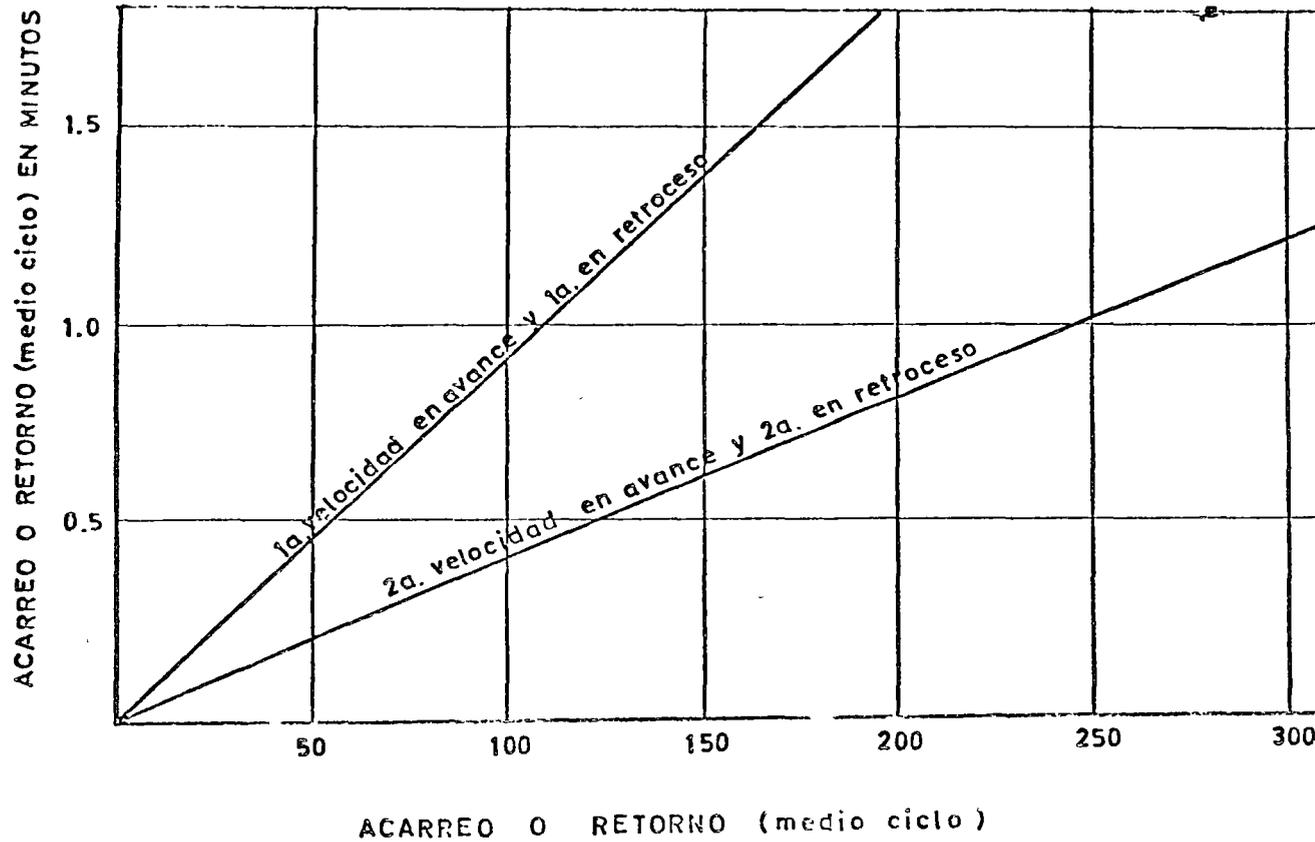
- sin pendientes.
- las velocidades son prácticamente las mismas con carga o sin ella.
- se considera el tiempo de aceleración en el tiempo de maniobras.
- la posición del cucharón es constante en el recorrido.
- no se incluye el recorrido efectuado en el tiempo en maniobras.

En las gráficas no se incluyen las curvas de los tiempos a las velocidades más altas, pues éstas se emplean sobre todo, cuando la máquina está en tránsito de un frente a otro.

TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR
DE RUEDAS DE 10 Yd³.



TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR
DE RUEDAS DE 6 Yd3.



TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR
DE RUEDAS DE 2 Yd3.

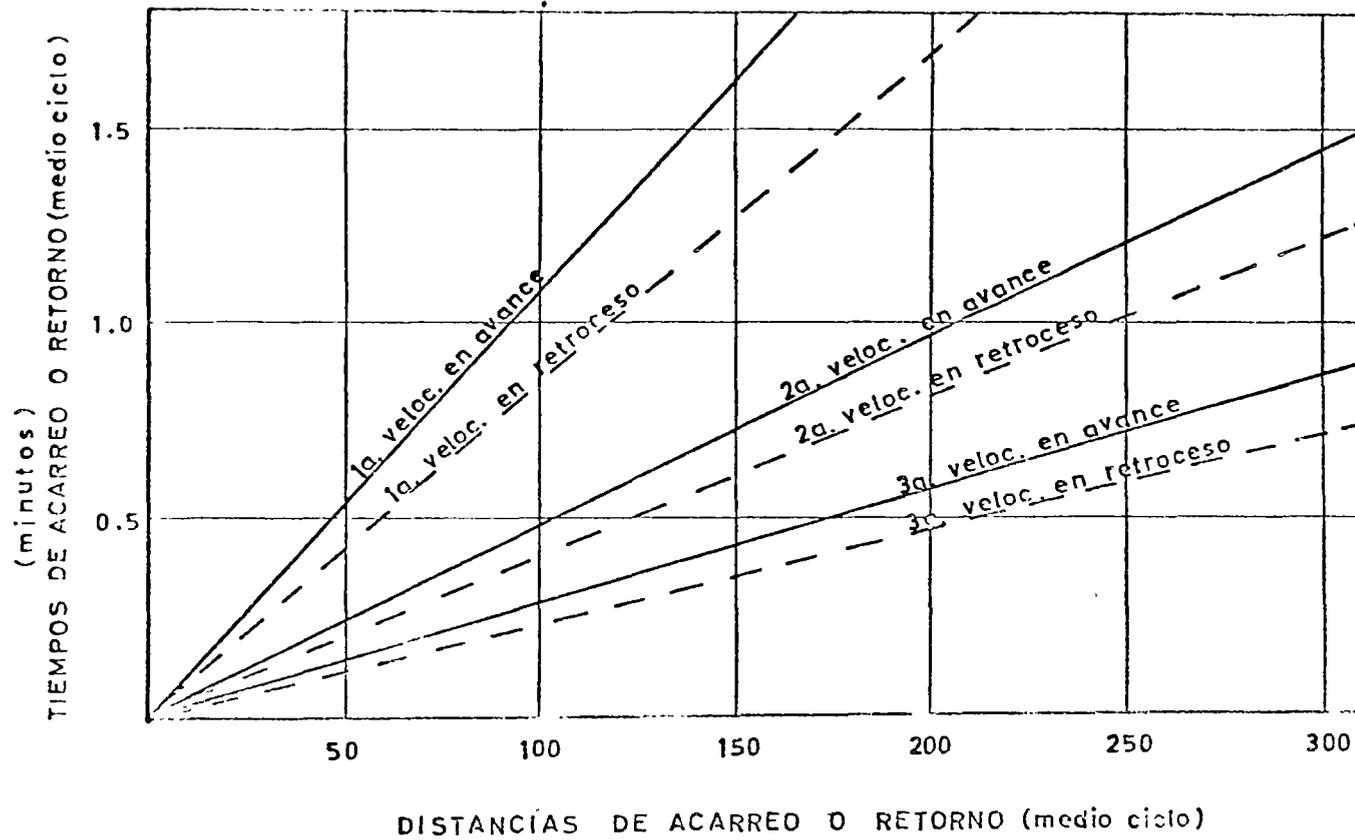
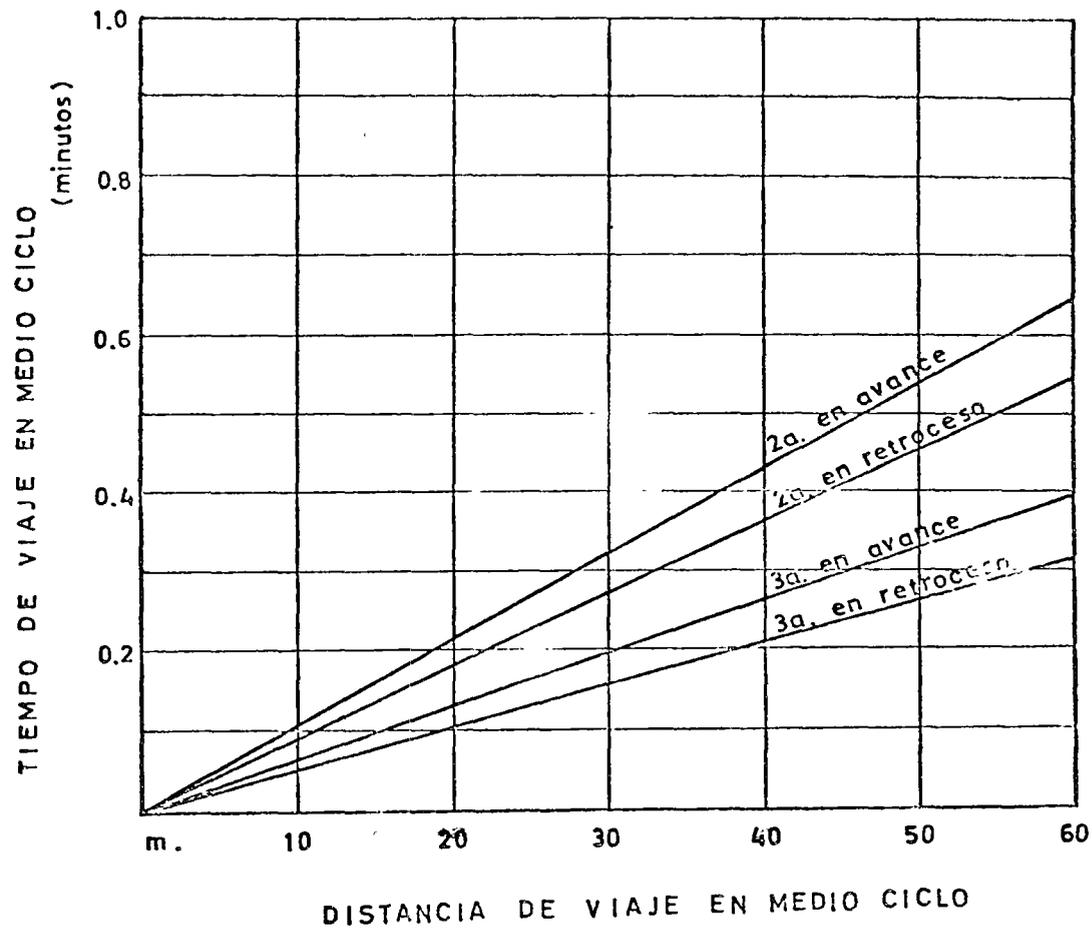


Lámina Núm. 5

TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR
DE CARRILES DE 2 Yd³.



TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR
DE CARRILES DE 5 Yd3.

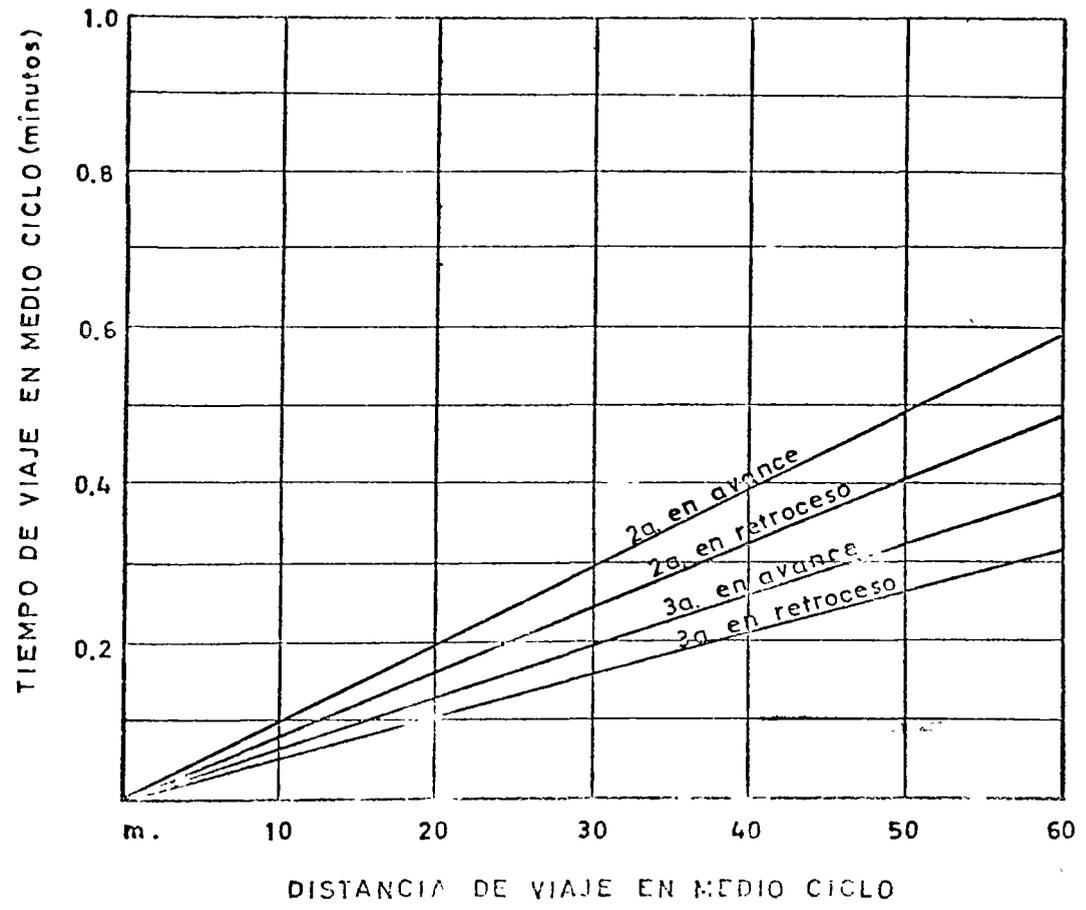


Figura 1.1.1

V.- Llantas

Los fabricantes de llantas en Estados Unidos han creado - una nomenclatura para designar a las llantas por el tipo- de máquinas para las que fueron hechas.

La nomenclatura es la siguiente:

C	compactadores
C-1	liso
c-2	rugoso
E	para movimiento de tierras
E-1	tipo arado
E-2	tracción
E-3	roca
E-4	huella profunda
E-5	roca resistencia al calor intermedia
E-6	Roca con máxima resistencia al calor
E-7	Flotación
G	motoconformadoras
G-1	tipo arado
G-2	tracción
G-3	roca
L	cargadores y tractores
L-1	tracción
L-3	roca
L-4	roca huella profunda
L-5	roca huella extra profunda
HR	resistentes al calor

VI.- Tipos de cucharón

Los principales tipos de cucharón de los cargadores son:

- 1.- Espada, que se utiliza en operaciones de carga de roca.
- 2.- De dientes, para carga y ataque de materiales empacados.
- 3.- Ligero, se usa para cargar materiales de bajo peso volumétrico.

Además, los fabricantes hacen cucharones especiales, según las necesidades del cliente.

VII.- Problemaa) Datos

Calculemos la producción de un cargador de ruedas equipado con cucharón de $3 \frac{1}{2}$ yd³ (2.68 m³), cargando camiones de 10 m³ de capacidad propiedad de la misma empresa.

Materia.- Grava triturada 1 1/2" tam. max.
almacena en pilas de 6 m. de altura en -
operación continua, con horas de 50 minutos efectivos.

Solución:

Paso 1

Capacidad del cucharón	2.68 m ³
Factor de carga	0.85
Volúmen por ciclo:	$2.68 \text{ m}^3 \times 0.85 = 2.28 \text{ m}^3$.

Paso 2

Cálculo del tiempo del ciclo:

Ciclo básico	25.0	seg.
Correcciones:		
- por el material	0.0	
- por el montón	0.0	
- Posesión en común de cargador y camiones	- 2.4	
- operación continua	- 2.4	
	<u>20.2</u>	seg.

$$\frac{20.2 \text{ seg.}}{60.0 \text{ seg.}} = 0.34 \text{ min}$$

Paso 3

$$\text{Ciclos/hora} = \frac{50 \text{ min/hora}}{0.34 \text{ min/ciclo}} = 149 \text{ ciclos/hora}$$

- 9 -

Paso 4

$$\begin{aligned} \text{Producción} &= 2.28 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 149 \text{ ciclos/hora} \\ &= 339.7 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

La elección del cargador apropiado para un determinado trabajo se puede hacer en la forma inversa de la solución del problema anterior; es decir, ustedes conocer sus necesidades de producción y las condiciones de su obra, su problema es, calcular la capacidad del cucharón; y con esto efectuarán la primera parte de la elección.

VIII.- Cargador vs. Pala mecánica

Si recordamos la evolución habida en los trabajos de movimiento de roca y analizamos los cambios que ha habido en los últimos años, tanto en la maquinaria como en la utilización de la misma, notamos que la más significativa tendencia es que cada día más y más cargadores reemplazan a las palas mecánicas en el movimiento de rocas.

Históricamente, las palas, además de funcionar como una herramienta de carga, terminaban el trabajo que la barrenación y voladura habían iniciado. Sin embargo, con los avances tecnológicos en barrenación y explosivos, muchas de las necesidades que existían han sido eliminadas; y la utilización de cargadores en los bancos de roca se ha multiplicado rápidamente.

Es decir, las desventajas de las palas (alta inversión, poca movilidad, altos costos de transportación, etc.) aunadas a los avances tecnológicos en explotación de bancos de roca, han provocado la declinación de su uso.

Pero esto no es todo; el desenvolvimiento de este nuevo método

...

- 10 -

do de movimiento de rocas lo provocaron dos causas muy poderosas para nosotros: Producción y Cost.

Un cargador de 6 yd³ ha probado que puede, por lo menos, igualar la productividad de apalas de más de 5 yd³ de capacidad; y que además puede cargar material a un costo comparable al de palas de 4 y hasta 5 yd³ de capacidad.

Veamos un ejemplo comparativo entre un cargador de 10 yd³ y una pala de 6 yd³, en la carga de roca caliza de una cantera, a camiones:

<u>Concepto</u>	<u>Cargador</u>	<u>Pala</u>
Tiempo de carga	0.08	0.08
giro	0.14	0.09
descarga	0.05	0.04
regreso	<u>0.13</u>	<u>0.13</u>
ciclo	0.40	0.34
arreglo de piso	0.10	0.18
espera	<u>0.20</u>	<u>0.20</u>
ciclo total	0.70	0.72
cilos por hora	85.7	83.3
producción por hora	523.3	305.6
Diferencia	71 %	
Costo horario	\$ 498.00	\$ 358.37
Costo por m ³	0.98	1.17
Diferencia	23% a favor del cargador	

Además, el cargador ofrece otras ventajas sobre la pala:

Movilidad.- Un cargador puede moverse fuera del área de voladura rápidamente y con seguridad; y antes que el polvo de la explosión se disipe el cargador puede estar recogiendo - la roca regada y preparándose para la entrega de material.

Podemos mover también el cargador hacia el taller para hacerle mantenimiento y reparaciones. Compáren esto con el tener que llevar herramienta y equipo para reparar una pala.

Versatilidad.- El cargador puede mover rápidamente de un lugar a otro el material que se requiera. Es decir, puede realizar la operación de carga y acarreo de roca, en ciertas condiciones, que más adelante discutiremos con detalle.

Sin embargo, los cargadores no están exentos de desventajas.

El problema número uno de los cargadores que trabajan en roca, es el desgaste y rotura de los neumáticos, que ha sido solucionado con el empleo de mallas metálicas y cadenas amortiguadas que protegen la llanta y alargan su vida útil, con el consiguiente abatimiento del costo de operación de la máquina.

IA.- Carga y acarreo con cargadores de llantas vs. carga con cargador a camiones volteo.

Si un cargador realiza la carga y el acarreo del material del banco hasta la tolva de una planta que lo procesará y elimina el uso de unidades de acarreo tradicionales, se puede obtener, en ocasiones un ahorro de costo considerable.

Este trabajo se puede efectuar con cargadores chicos y grandes, dependiendo de las condiciones del trabajo y requerimientos de producción, con limitaciones económicas por el costo unitario del material movido.

Es en esta operación donde destacan, sin lugar a dudas, las ventajas del empleo de cargadores de gran capacidad, pues es precisamente su gran producción lo que abate los costos del movimiento de tierras.

Veamos un ejemplo ilustrativo de lo que hasta aquí hemos tratado.

EJEMPLO:

Movamos un volúmen de material de un banco a un lugar situado a 200 m. de aquel (condición muy usual en operaciones de trituración). Nuestro problema es elegir el equipo que nos dé un costo más bajo por m³ de material movido. El volumen a mover es de un material de 3/4" a 6" apilado con tractor en montones de más de 3 m. de altura.

El trabajo se puede hacer con:

- 1.- Cargador y camiones propiedad de la empresa
- 2.- Cargador propio y camiones de fleteros locales.
- 3.- Cargador de gran producción (propiedad de la empresa), en una operación de carga y acarreo.

Analicemos el costo unitario de cada una de estas tres alternativas:

CBRA	CALCULO DEL CARGO POR DEPRECIACION MANTENIMIENTO Y OPERACION	HOJA 1
MAQUINA	CARGADOR LLANTAS 2 1/4 yd3	FECHA

CLASE MODELO Y MAQUINA

Máquina	Cargador llantas 2 1/4 yd3	Precio actual adquisición	\$ 872,000.00
Equipo Adicional		\$	
Valor Llantas		Suma	\$ 872,000.00
\$22,500 x 4			
		Menos	\$ 90,000.00
		Valor Adquisición	\$ 782,000.00

Vida Económica 10,000 horas 2,000 horas año

Motor Diesel de 130 H. P.

Valor de rescate \$

CARGOS FIJOS

A) Depreciación	\$ $\frac{782,000.00}{10,000}$	$\frac{0}{\text{Hrs. totales}}$	=	\$ 78.20 /hr
B) Intereses	\$ $\frac{782,000.00}{2 \times 2,000 \text{ hrs/año}}$	+ 0	$\times 0.10$ /año =	\$ 19.55 /hr
C) Seguros	\$ $\frac{782,000.00}{2 \times 2,000 \text{ hrs/año}}$	+ 0	$\times 0.02$ /año =	\$ 3.91 /hr
D) Almacenaje	\$ 78.20 /hr	$\times 0.10$	=	\$ 7.82 /hr
E) Mantenimiento	Reparaciones			
	Mayores y Menores	\$ 78.20 /hr	$\times 0.85$	\$ 64.97

OBRA CALCULO DEL CARGO POR DEPRECIACION, MANTENIMIENTO Y OPERACION	HOJA 2
MAQUINA CARGADOR LLANTAS 2 1/4 yd3	FECHA

G) - CONSUMOS.-

1) - Diesel	14.5 lt./h x \$ 0.40 /lt.	= \$ 5.80 /h	
2 - Gasolina (de arranque ó consumo)	lt./h x \$ /lt.	= \$ /h	\$ 5.80 /h
) - Lubricantes			
3) - Aceite de lubricación y cambio	0.315 lt/h x \$ 8.00 /lt.	= \$ 2.52 /h	
4) - Aceite Mecanismos hidráulicos	0.32 lt/h x \$ 8.00 /lt.	= \$ 2.56 /h	
5) - Grasas		= \$ 0.40 /h	\$ 5.48 /h
6) - llantas	<u>\$90,000.00</u> <u>1,200 hs.</u>		
			\$ 75.00
			\$ 86.28

SUMA CONSUMOS

H) - OPERACION.-

Salario	costo por turno		
Operador	\$ 120.00	\$ 120.00	/turno
		\$ 120.00	/turno
\$ 120.00 /turno	x 15.25	\$ 183.00 /turno	
\$ 183.00 /turno		= \$ 30.52	/
6.0 horas efectivas/turno			

I) - TRANSPORTE

\$ 6,000.00	costo transporte	=	\$ 1.50
4,000	horas en obra		

RESUMEN

CARGOS FIJOS	\$ 174.45 /
CONSUMOS	\$ 86.28 /
OPERACION	\$ 30.52 /
TRANSPORTE	\$ 1.50 /

OSRA	CALCULO DEL CARGO POR DEPRECIACION MANTENIMIENTO Y OPERACION	HOJA 1
MAQUINA	CARGADOR LLANTAS 10 yd3	FECHA

CLASE MODELO Y MAQUINA

Precio actual adquisición

Máquina Cargador llantas 10 yd3

\$ 1'860,000.00

Equipo Adicional _____

\$ _____

Valor Llantas

Suma

\$ 1'860,000.00

4 x 70,000

Menos

\$ 280,000.00

Valor Adquisición

\$ 1'580,000.00

Vida Económica 10,000 horas 2,000 horas año

Motor Diesel de 435 H. P.

Valor de rescate

\$ _____

CARGOS FIJOS

A) Depreciación $\$ \frac{1'580,000.00}{10,000} \frac{-0}{\text{Hrs. totales}} = \$ 158.00 / \text{hr}$

B) Intereses $\$ \frac{1'580,000.00}{2 \times 2,000 \text{ hrs/año}} + 0 \times 0.10 / \text{año} = \$ 39.50 / \text{hr}$

C) Seguros $\$ \frac{1'580,000.00}{2 \times 2,000 \text{ hrs/año}} + 0 \times 0.02 / \text{año} = \$ 7.90 / \text{hr}$

D) Almacenaje $\$ 158.00 / \text{hr} \times 0.04 = \$ 6.32 / \text{hr}$

E) Mantenimiento

Reparaciones

Mayores / Menores $\$ 158.00 / \text{hr} \times 0.7$

\$ 110.60

SUMA CARGOS FIJOS

\$ 322.32

OBRA CALCULO DEL CARGO POR DEPRECIACION MANTENIMIENTO Y OPERACION

HOJA 2

FECHA

MAQUINA

CARGADOR LLANTAS 10 yd3

G) - CONSUMOS.-

1) - Diesel

$$47.99 \text{ lt./h} \times \$ 0.40 \text{ /lt.} = \$ 19.20 \text{ /h}$$

2 - Gasolina (de arranque ó consumo)

$$\text{lt./h} \times \$ \text{ /lt.} = \$ \text{ /h} \quad \$ 19.20 \text{ /h}$$

) - Lubricantes

3) - Aceite de lubricación y cambio

$$0.80 \text{ lt./h} \times \$ 7.50 \text{ /lt.} = \$ 6.00 \text{ /h}$$

4) - Aceite Mecanismos hidráulicos

$$0.30 \text{ lt./h} \times \$ 8.00 \text{ /lt.} = \$ 2.40 \text{ /h}$$

5) - Grasas

$$= \$ 0.45 \text{ /h} \quad \$ 8.85 \text{ /h}$$

6) - llantas

$$\frac{\$280,000.00}{2,500.00}$$

$$\$ 112.00 \text{ /h}$$

$$\$ 140.05 \text{ /h}$$

SUMA CONSUMOS

H) - OPERACION.-

Salario costo por turno

$$\text{Operador} \quad \$ 150.00 \quad \$ 150.00 \text{ /turno}$$

$$\$ 150.00 \text{ /turno}$$

$$\$ 150.00 \text{ /turno} \times 1.525 = \$ 228.75 \text{ /turno}$$

$$\frac{\$ 228.75 \text{ /turno}}{6.8 \text{ horas efectivas/turno}} = \$ 33.63 \text{ /h}$$

I) - TRANSPORTE

$$\frac{\$ 12,000.00 \text{ costo transporte}}{6,000 \text{ horas en obra}} = \$ 2.00 \text{ /h}$$

RESUMEN

CARGOS FIJOS \$ 322.32 h

CONSUMOS \$ 140.05/h

OPERACION \$ 33.63/h

TRANSPORTE

OBRA	CALCULO DEL CARGO POR DEPRECIACION, MANTENIMIENTO Y OPERACION	HOJA	1
MAQUINA	CAMION VOLTEO 6.00 M3	FECHA	

CLASE MODELO Y MAQUINA

Precio actual adquisición

Mínimo... Camión volteo 6.00 m3

\$ 115,000.00

Equipo Adicional... Caja volteo

\$ _____

Valor alentas

Suma \$ 115,000.00

\$1,088.00 x 6

Menos \$ 12,528.00

_____ x _____

Valor Adquisición \$ 102,472.00

Vida Económica 10,000 horas 2,000 horas año

Valor Gasolina de 250 H. P.

Valor de rescate

\$ _____

CARGOS FIJOS

A) Depreciación \$ $\frac{102,472.00}{10,000}$ — 0 = \$ 10.25 /hr

Hrs. totales

B) Intereses \$ $\frac{102,472.00}{2 \times 2,000 \text{ hrs/año}}$ + 0 x 0.10 /año = \$ 2.56 /hr

C) Seguros \$ $\frac{102,472.00}{2 \times 2,000 \text{ hrs/año}}$ + 0 0.02 /año = \$ 0.51 /hr

D) Almacenaje \$ 10.25 , hr X 0.10 = \$ 1.00 /hr

E) Mantenimiento

Reparaciones

Mayores y Menores \$ 10.25 /hr X 0.9 \$ 9.23

SUMA CARGOS FIJOS

\$ 23.56

OBRA CALCULO DEL CARGO POR DEPRECIACION MANTENIMIENTO Y OPERACION

HOJA 2

FECHA

MAQUINA

G) - CONSUMOS.-

1) - Diesel	lt./h x \$	/lt.	= \$	/h	
2 - Gasolina (de arranque ó consumo)					
24.8	lt./h x \$	1.02 /lt.	= \$	25.29 /h	\$ 25.29 /h
) - Lubricantes					
3) - Aceite de lubricación y cambio					
0.24	lt/h x \$	8.00 /lt.	= \$	1.92 /h	
4) - Aceite Mecanismos hidráulicos					
0.125	lt./h x \$	6.00 /lt.	= \$	0.75 /h	
5) - Grasas			= \$	0.40 /h	\$ 3.07 /h
6) - Llantas	\$12,528.00				
	- 1,000 hs				
					\$ 12.53/h
					\$ 40.89/h
SUMA CONSUMOS					

H) - OPERACION.-

Salario	costo por turno				
Operador	\$ 115.00		\$	115.00 /turno	
			\$	115.00 /turno	
\$ 115.00 /turno	x 1.525	\$ 175.38 /turno			
\$ 175.38 /turno			= \$	29.24 /h	
6.0	horas efectivas/turno				

I) - TRANSPORTE

\$	costo transporte		\$	/h	
	horas en obra	=			

RESUMEN

CARGOS FIJOS	\$ 23.58 /h
CONSUMOS	\$ 40.89 /h
OPERACION	\$ 29.24 /h
TRANSPORTE	\$ /h

ALTERNATIVA 1

Operación de carga a camiones:

Equipo propio:

- 1 cargador sobre llantas de 2 1/4 yd³ (1.72 m³)
- 2 camiones de 6.0 m³
- Costo horario cargador: \$ 292.75
- Costo horario camión: 93.71

Cálculo de la producción:

- Factor de carga: 0.95
- Volúmen por ciclo: 1.72 m³ x 0.95
- : 1.63 m³/ciclo

Tiempo del ciclo (ciclo básico) 25.0 seg.=0.42 min.
 Para cargar un camión de 6.0 m³ son necesarios 4 ciclos de operación del cargador; es decir, son necesarios 0.42 min x 4 = 1.68 min para cargar 6.0 m³

$$\frac{6.0 \text{ m}^3}{1.63 \text{ m}^3} = 3.67 \text{ ciclos}$$

En una hora de 50.0 min, tenemos una producción de 179 m³

1.68 min	-	6.0 m ³
<u>50.0 min</u>	<u>-</u>	<u>X</u>

Cálculo del

costo unitario: X = 179 m³

Costo horario del equipo:	\$ 480.17
Costo unitario =	<u>480.17/hora</u>
	179 m ³ /hora
=	\$2.68/m ³

ALTERNATIVA 2Operación de carga a camiones

Camiones de fleteros locales

Equipo: 1 cargador sobre llantas de 2 1/4 yd³ (1.72 m³)2 camiones de 6.0 m³ de fleteros

Costo horario del cargador \$ 292.75

tarifa local de fletes: 1.80 - 0.80

Cálculo de la producción

En este caso, la producción es la misma que en alternativa 1

Producción = 179 m³/hora

Cálculo del costo unitario

Costo horario del cargador: \$ 292.75

Costo unitario de carga 292.75/hora\$ 179.00 m³/hora= 1.64/m³Costo unitario de acarreo = 1.80/m³

(1er. km. tarifa de fletes)

Costo unitario = 3.44/m³ALTERNATIVA 3Operación de carga y acarreoEquipo: Cargador sobre llantas de 10 yd³ (7.65 m³)

Costo horario: \$ 498.00

Cálculo de la producción:

Factor de carga 0.95

Volúmen por ciclo 7.65 x 0.95

: 7.27 m³/ciclo

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg) 0.42 min.
Tiempo del ciclo de acarreo 0.68 min.
(2a. velocidad en retroceso)
Tiempo del ciclo de retorno 0.74 min.
(2a. velocidad en avance)
Tiempo total del ciclo 1.84 min.

$$\begin{aligned} \text{Ciclos para hora} &= \frac{50.0 \text{ min/hora}}{1.84 \text{ min/ciclo}} \\ &= 27.2 \end{aligned}$$

Producción: 27.2 ciclos/hora c 7.27 m³/ciclo
: 198 m³/hora

Cálculo del costo unitario

$$\begin{aligned} \text{Costo unitario} &= \frac{\$ 498.00/\text{hora}}{198 \text{ m}^3/\text{hora}} \\ &= 2.51/\text{m}^3 \end{aligned}$$

RESUMEN

Alternativa	Costo unitario
1	\$ 2.68/m ³
2	3.44/m ³
3	2.51/m ³

Es decir, la alternativa 3 es la que nos dá un costo más bajo por m³ de material. Hasta aquí, la elección a nivel de obra queda hecha; falta analizar, a nivel gerencia, la aceptabilidad de esta decisión, pues podría suceder que la empresa tuviera disponible un cargador de 2 1/4 yd³ al que podría dársele utilización en esta obra; o si no, revisar si la inversión de la compra de un cargador de 10 yd³ podría amortizarse en ésta u otras obras donde pudiera seguir utilizando esta máquina.

- 16 -

En fin, son éstos y muchos otros los factores que afectan la elección de un cargador para efectuar un determinado trabajo. Los principios básicos para el cálculo de la producción de este equipo y para el cálculo del costo unitario de movimiento de materiales con él, los hemos revisado en esta ocasión; y han oído las razones del uso de cargadores de gran producción en el movimiento de tierra y roca, y la forma cómo se utilizan en operaciones de carga y acarreo. Estos eran los objetivos de esta conferencia.

Analicemos el siguiente problema:

Una empresa adquirió una planta de trituración para procesar fuertes colúmenes de material en tiempos relativamente cortos. La gerencia decidió ya, que un cargador sobre llantas es el equipo adecuado para alimentar del banco a la planta, la roca que se triturará; se requiere decidir en la obra. El cargador de capacidad adecuada y elegir entre dos disponibles.

Cargador 1

Capacidad 10 yd³
Costo horario \$498.00

Cargador 2

Capacidad 6 yd³
Costo horario \$414.00

Trituradora

Producción: 140 m³/hora
Costo horario \$1,633.00

Operación

- Carga y acarreo de roca bien fragmentada
- Costo aproximado de un cambio de instalación de la -
planta trituradora dentro del banco: \$ 80,000.00
- Producción requerida en cada banco 200,000.00 m³
- Frente del banco 80.0 m. de ancho
12.5 m. de altura

- 17 -

Solución:

Dado que el costo horario de la trituradora es de -- \$1,623.00 es aquella la máquina que debe esperar en todo tiempo al 100 % de eficiencia.

Cálculo de la máxima distancia de acarreo para cada cargador, para una producción de 140 m³/hora. Consideramos un 83% de eficiencia de la operación, es decir, horas - de 50.0 minutos.

Cargador 1

Factor de acarreo	:	0.80
Volúmen por ciclo	:	0.80 x 7.65 m ³
	:	6.12 m ³

Ciclos por hora necesarios para producir
140 m³/hora

$$C = \frac{140 \text{ m}^3/\text{hora}}{6.12 \text{ m}^3/\text{ciclo}}$$

$$C = 22.7 \text{ ciclos/hora}$$

Tiempo del ciclo total

$$T = \frac{50.00 \text{ min/hora}}{22.7 \text{ ciclos/hora}}$$

$$T = 2.21 \text{ min/ciclo}$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo del ciclo de acarreo y retornos

$$T = 2.21 - 0.42 = 1.79 \text{ min}$$

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 10 yd³, tenemos que a 255 m. de acarreo, los tiempos del ciclo de acarreo y retorno son:

Tiempo del ciclo de acarreo (2a. velocidad en retroceso)	:	0.86 min
Tiempo del ciclo de retorno (2a. velocidad en avance)	:	0.93 min
		1.79 min
SUMA:		

Es decir, el cargador de 10 yd³ puede acarrear a 255 m.,
140 m³/hora de roca bien fragmentada.

$$\begin{aligned} \text{Costo unitario} &= \frac{\$ 498.00/\text{hora}}{140 \text{ m}^3/\text{hora}} \\ &= \$ 3.56/\text{m}^3 \end{aligned}$$

Sin necesidad de hacer cambios de instalación de la planta
trituradora dentro del banco.

Cargador 2

Factor de acarreo	:	0.80
Volúmen por ciclo	:	0.80 x 4.60 m ³ .
	:	3.68 m ³

Ciclos por hora necesarios para producir
140 m³/hora

$$C = \frac{140. \text{ m}^3/\text{hora}}{3.68 \text{ m}^3/\text{ciclo}}$$

$$C = 38.1 \text{ ciclos/hora}$$

Tiempo de ciclo total

$$T = \frac{50.0 \text{ min/hora}}{38.1 \text{ ciclos/hora}}$$

$$T = 1.31 \text{ min/ciclo}$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo de ciclo de acarreo y retorno

$$T = 1.31 - 0.42 = 0.89 \text{ min}$$

- 19 -

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 6 yd³, para un tiempo de ciclo de acarreo y retorno de 0.89 min., tenemos que la distancia - de acarreo es de 105 m. (2a. velocidad en avance y 2a. velocidad en retroceso).

Es decir, si instalamos la planta a 30 m. de distancia del frente inicial (para protegerla de las voladuras), cada 75 m. debemos hacer un cambio de la planta dentro del banco.

Dadas las características del banco (80 m. de ancho x 12.5 de altura) cada metro de avance en el banco produce 1,000 m³ de roca.

Así, son necesarios 3 cambios de instalación dentro del - banco para producir los 200,000 m³ requeridos.

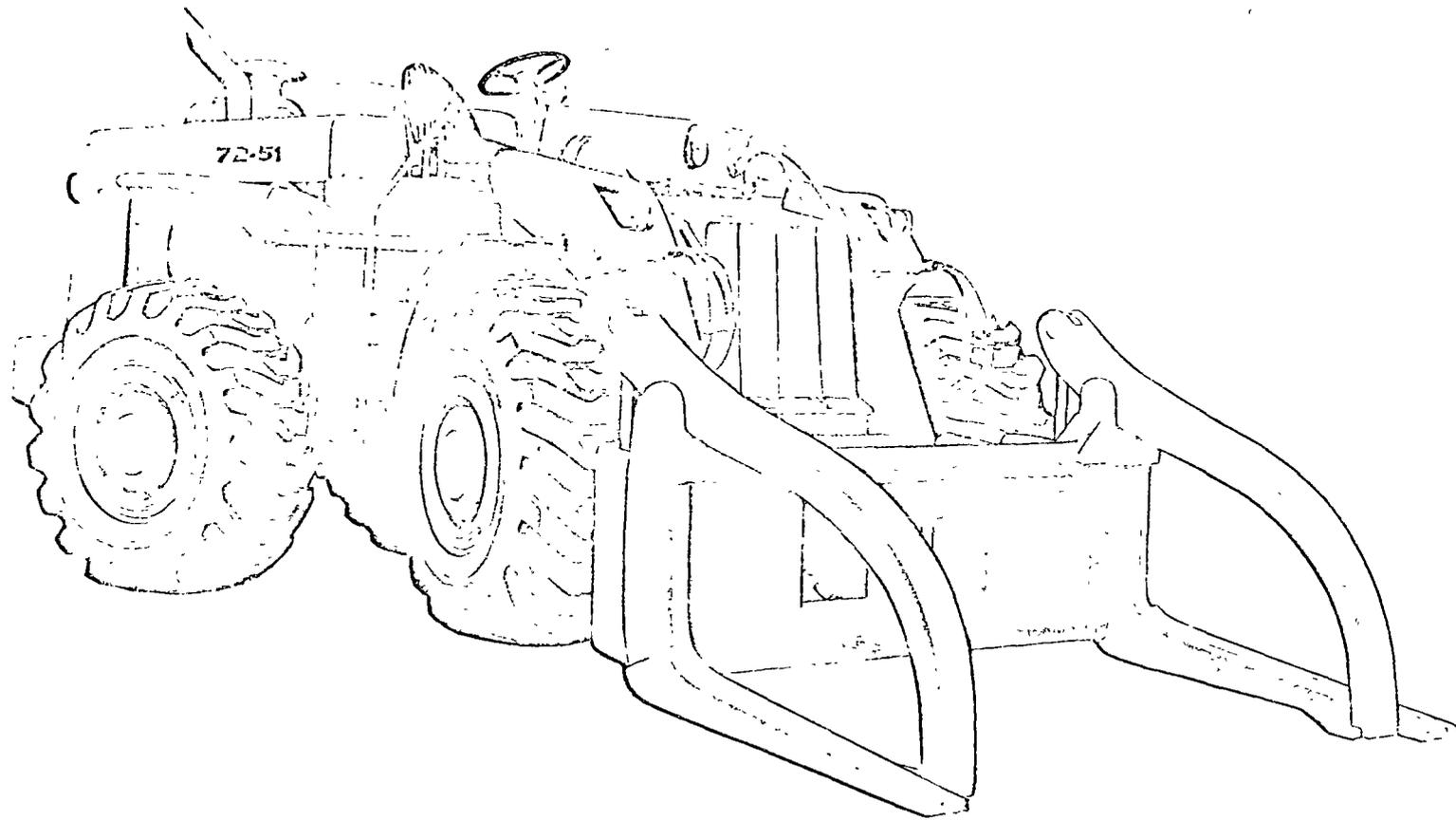
$$\begin{aligned} \text{Costo unitario por carga} &= \frac{\$ 414.00/\text{hora}}{140 \text{ m}^3/\text{hora}} \\ &= \$ 2.96/\text{m}^3 \end{aligned}$$

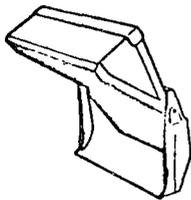
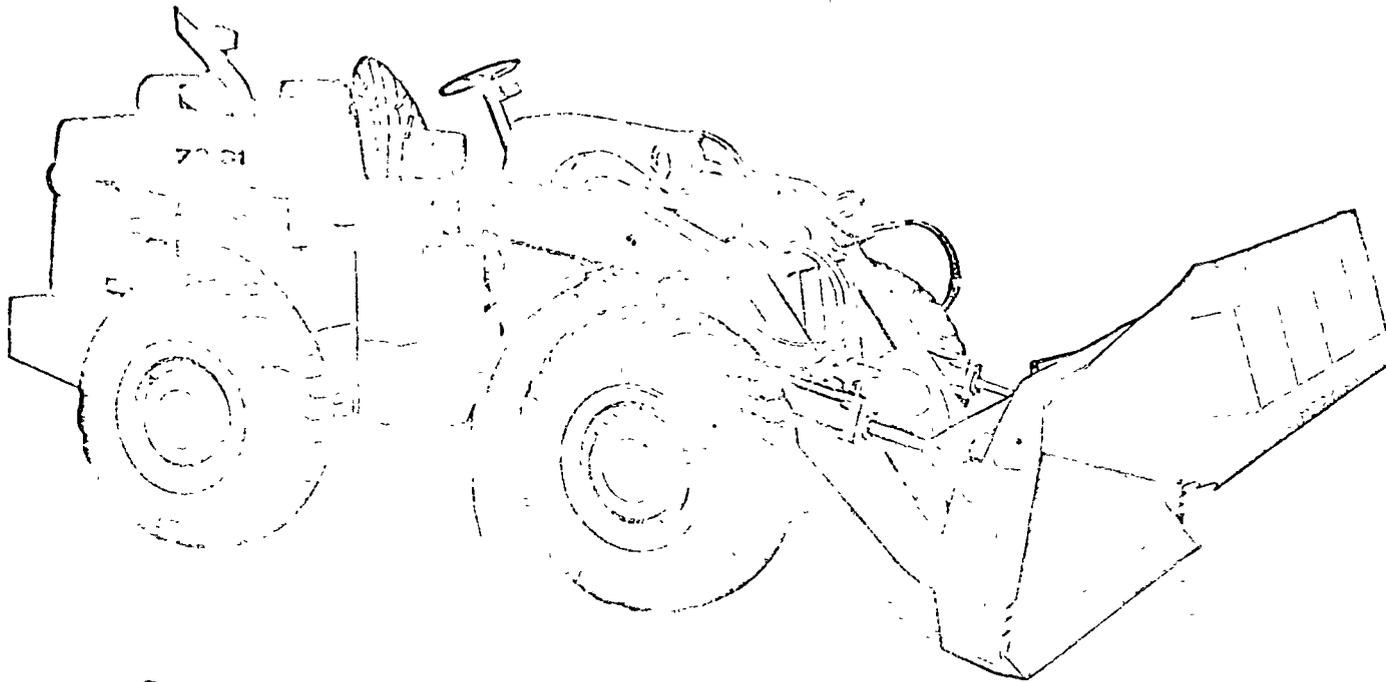
$$\begin{aligned} \text{Costo unitario por cambio} \\ \text{de instalación dentro del} \\ \text{banco} &= \frac{3 \text{ cambios} \times \$80,000\text{m}^3/\text{cambio}}{200,000 \text{ m}^3} \\ &= \$ 1.20/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Costo unitario} : = \$ 4.16/\text{m}^3$$

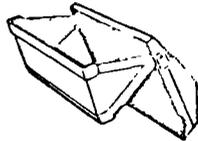
Esto sin considerar el costo de los tiempos perdidos en los cambios de instalación dentro del banco.

En resumen, la elección del cargador de 10 yd³ es la que - proporciona una operación más económica.

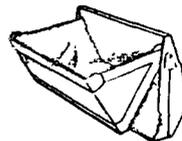




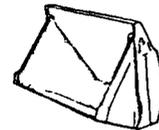
DOZER



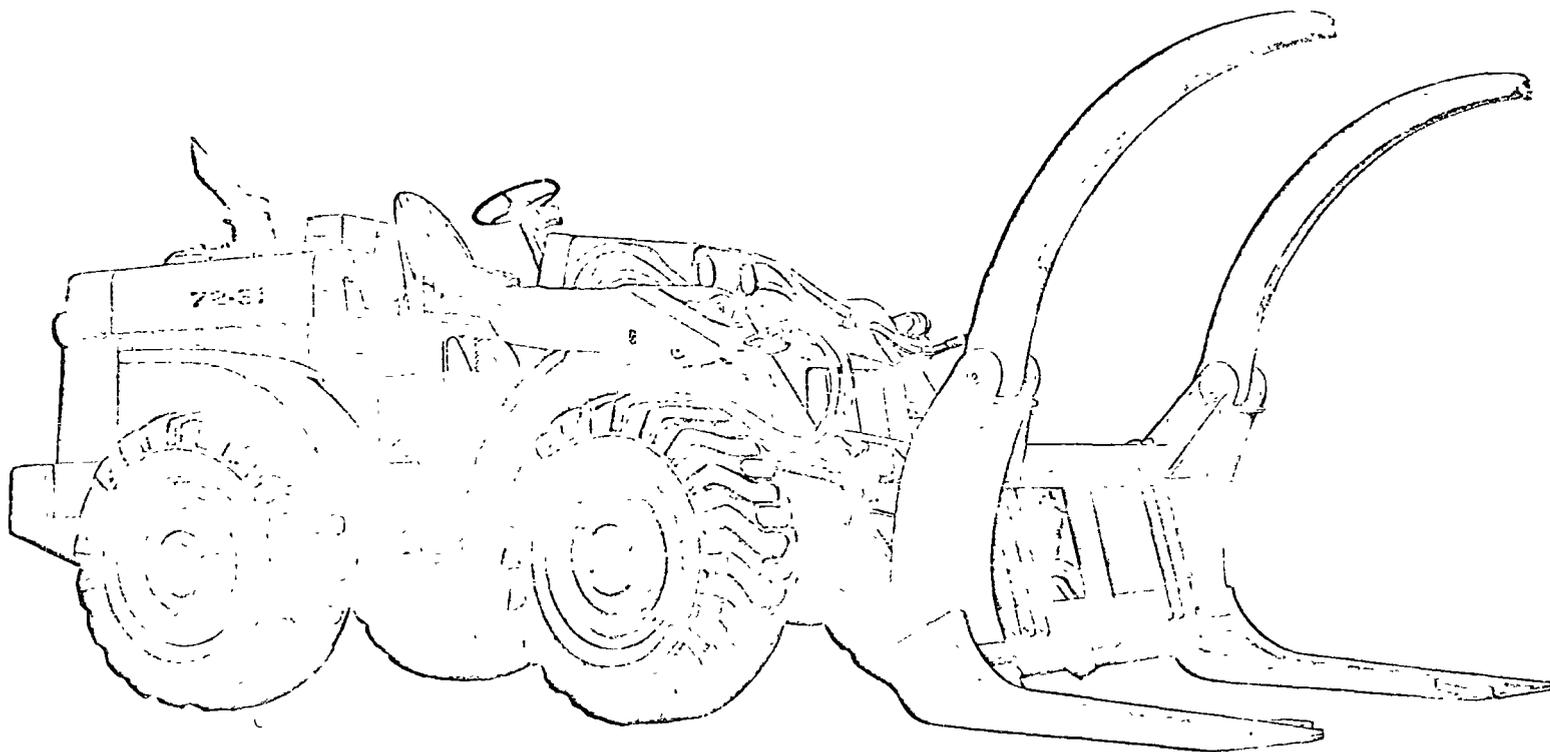
CLAMSHELL



SCRAPER



LOADER



RETROEXCAVADORAS

Introducción

Las retroexcavadoras son equipos que se utilizan en una amplia variedad de trabajos de excavación, donde el material a excavar se encuentra bajo el nivel del piso en el que se apoya la máquina.

Este tipo de excavadoras existe desde hace mucho tiempo - (más de 40 años), y se desarrolló a partir de un diseño básico de orugas y operadas con motor de gasolina o diesel.

Originalmente aparecieron en el mercado de maquinaria de - construcción operadas por cable y con capacidades de $3/8$ a $3/4$ yd³. Posteriormente, con el desarrollo del equipo de - construcción fueron perdiendo aplicaciones al haber sido - desplazadas por equipo operado hidráulico. Recientemente - resurgieron con un nuevo diseño, complementamente hidráulico y con un mayor poder de excavación dando por resultado - una mayor productividad en los trabajos a desarrollar.

Las retroexcavadoras hidráulicas pequeñas, de $3/8$, $1/2$ y $5/8$ yd³ de capacidad, además de trabajar en alcantarillados y líneas de agua como sus antecesoras operadas con cable, - hacen obras de excavaciones para cimentaciones y urbanizaciones.

Las retroexcavadoras más grandes de $2 1/2$ a 3 yd³ de capacidad, gracias a su alcance, profundidad y productividad se - han abierto paso a nuevas aplicaciones en excavaciones en -

general, trabajos de cantera y manejo de materiales y han - desplazado, en algunos casos, a los cargadores sobre llan- - tas, palas y dragas, que efectuaban esos trabajos.

Zona de trabajo.

Una retroexcavadora tiene un rango de acción bastante amplio en el cual se puede mover económica y eficientemente; obtener su carga correctamente, colocar el cucharón para descargar y finalmente, hacer la descarga.

Zona aproximada de trabajo de una retroexcavadora hidráulica (capacidad de 1 a 3 yd³)

Alcance	10	a	15	m
Profundidad	6	a	10	m
Altura de carga	4	a	7	m

La zona de trabajo se divide en dos áreas:

1.- Área de excavación

El área de excavación esta bajo el piso en el que se apoya la máquina. Está limitada por el alcance de la pluma, brazo de excavación y cucharón. Estas piezas también limitan la máxima profundidad a la cual la máquina puede excavar.

2.- Área de vaciado.

Esta área está sobre el piso y su alcance está definido por la distancia a la que la retroexcavadora puede vaciar su cucharón fuera del área que está excavando, alrededor de sí misma, sin moverse de lugar.

El límite económica de la zona de trabajo se establece me-

diante la comparación de algunas alternativas, o con algunas otras máquinas que hagan el mismo trabajo. Por ejemplo, una retroexcavadora tiene características favorables para excavar una zanja, pero su área de vaciado está limitada. Puede moverse utilizando sus medios de tracción y aumentar así su alcance de descarga, dentro de ciertos límites; pero esto reduce su productividad.

Características de operación:

Movilidad.

Depende del tipo de tracción que posea, que puede ser montada sobre orugas o montada sobre llantas.

Las retroexcavadoras más comunes son las montadas sobre orugas.

Por lo general, las retroexcavadoras montadas sobre neumáticos, por su mayor movilidad, tienen un uso adecuado para excavaciones de alcantarillas y obras auxiliares en caminos y obras de urbanización.

Se utilizan donde es posible mover grandes volúmenes sin necesidad de desplazamientos grandes.

Las demás características de operación y diseño son:

- a) Alcance
- b) Profundidad de excavación
- c) Área de excavación
- d) Altura de descarga
- e) Giro
- f) Capacidad del cucharón

Estas características, se muestran en la gráfica No.1.

Selección del cucharón apropiado.

Existe un amplio diseño de cucharones cuya selección se hace de acuerdo a:

- tamaño de la retroexcavadora
- Tipo y peso del material que va a ser excavado.
- Profundidad y ancho de la zanja que se requiera hacer.

Los fabricantes ofrecen equipos opcionales (cuchillas y dientes), según las necesidades del constructor, así como distintos tipos de cucharones, además de los comúnmente empleados.

Aplicaciones:

Dentro de la amplia variedad de aplicaciones de una retroexcavadora, se pueden mencionar:

- 1 Excavación de zanjas para drenaje y agua potable.
- 2 Alcantarillas y cunetas de caminos.
- 3 Excavación y afinamiento de canales.
- 4 Excavación para cimentación de edificios y casas.
- 5 Alimentación de equipos de trituración y cribado.
- 6 Carga a camiones
- 7 Levantar pavimentos asfálticos deteriorados.
- 8 Limpieza de terrenos.
- 9 Colocación de tubería de drenaje y agua potable.
- 10 Excavaciones de precisión.
- 11 Rellenos.
- 12 Desazolve de canales.

Cálculo de la producción

Factores que afectan la producción:

Tipo del material
Peso del material
Abundamiento del material
Contenido de humedad
Facilidad de manejo
Angulo de reposo.

Factores que intervienen en el cálculo de la producción:

Slección del cucharón
Rendimiento horario aproximado
Factor de eficiencia
Coeficiente por profundidad de corte
Coeficiente por giro
Coeficiente por facilidad de carga
Número de vehículos de acarreo (cuando se esté cargando camiones).

TABLA 1

Rendimiento horario aproximado (m3 en banco) en m3/hora.

Capacidad cucharón (yd3)	(m3)	Suelo arcilloso	Roca bien fragmentada
1	0.75	65 - 76	45 - 57
1 1/4	0.95	76 - 100	60 - 76
1 7/8	1.45	110 - 145	80 - 105
2 1/2	1.90	150 - 195	105 - 150
3	2.30	188 - 295	138 - 188

TABLA 2

Factor de eficiencia

	Min/hora	%	Factor
Excelente	55	92	1.1
Medio	50	83	1.0
Malo	45	75	0.9
Muy malo	40	67	0.8

TABLA 3

Carga fácil	0.95
Carga media	0.85
Carga dura	0.70
Carga muy dura	0.55

TABLA 4

Factor por profundidad de corte

Prof.máx.de corte (m)	Factor
1.5	0.97
3.0	1.15
4.5	1.00
6.0	0.95
7.5	0.85
9.0	0.75

TABLA 5

Factor por ángulo de giro

Angulo de giro	Factor
45°	1.05
60°	1.00
75°	0.93
90°	0.86
120°	0.76
180°	0.61

Ejemplo:

Se requiere una producción mensual de 15,000 m³ en un terreno de suelo arcilloso, difícil de cargar a una profundidad máxima de excavación de 8.00 m con un ángulo de giro de 90°. Determinar qué capacidad debe tener la retroexcavadora apropiada para este trabajo.

Se trabajará 1 turno, con una eficiencia de 50 min/hora

Solución:

$$\begin{aligned} \text{Horas disponibles por mes} &= 25 \text{ días} \times 8 \text{ h/día} \times 0.83 \\ &= 160 \text{ horas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento técnico necesario por hora} &= \frac{15,000 \text{ m}^3/\text{mes}}{160 \text{ horas/mes}} \\ &= 93.7 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento necesario por hora (según tablas)} &= \frac{\text{Rend. teórico necesario por h.}}{\text{Factor de carga} \times \text{Factor de giro} \times \text{factor de prof. de corte}} \\ &= \frac{93.7 \text{ m}^3/\text{hora}}{0.70 \times 0.86 \times 0.80} \\ &= 195.2 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

En la tabla 1, se considera apropiado un equipo con cucharón de 2 1/2 a 3 yd³.

OBRA

HOJA 9

MAQUINA

FECHA

RETROEXCAVADORA 1 1/4 yd3

CLASE Y MODELO MAQUINA

Máquina Retroexcavadora 1 1/4 yd3

Precio actual adquisición
\$ 1'050,000.00

Equipo adicional _____

\$ _____

Suma \$ 1'050,000.00

Valor Llantas

_____ x _____

Menos

\$ _____

_____ x _____

Valor adquisición

\$ 1'050,000.00

Vida Económica 10.000 horas 1.800 horas año

Motor: Diésel de 200 H. P.

Valor de rescate

\$ 0

1) CARGOS FIJOS

1.1) Depreciación $\frac{\$ 1'050,000.00}{10,000 \text{ Hrs. totales}} -0 = \$ 105.00 / \text{hr}$

1.2) Intereses $\frac{\$ 1'050,000.00}{2 \times 1800 \text{ hrs/año}} +0 \quad 0.10/\text{año} = \$ 29.17 / \text{hr}$

1.3) Seguros $\frac{\$ 1'050,000.00}{2 \times 1800 \text{ hrs/año}} +0 \quad 0.02/\text{año} = \$ 5.67 / \text{hr}$

1.4) Almacenaje \$ 105.00 /hr X 0.10 = \$ 10.50 /hr

1.5) Mantenimiento

1.5.1) Reparaciones
Mayores y Menores \$ 105.00 /hr X 0.70 = \$ 73.50 /hr

\$ _____ /hr

SUMA CARGOS FIJOS

\$ 228.57 /hr

Ejemplo:

Calcular el costo por m³ de material excavado y colocado a un lado de una zanja para alojar unas tuberías para drenaje. Se utiliza una retroexcavadora de 1 1/4 yd³, la zanja tiene una profundidad máxima de 7.0 m y el giro para descargar es de - 90°. La zanja se hará en un suelo arcilloso de muy dura extracción. Se considera una eficiencia de la obra de 0.9
Costo horario de la retroexcavadora de 1 1/4 yd³ \$299.77.

Solución:

De la Tabla 1

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento teórico:} &= 76 \text{ m}^3/\text{hora} \\ \text{Rendimiento real} &= \text{Rend. teórico} \times \text{factor de eficiencia} \times \text{factor de giro} \times \text{factor de profundidad de corte} \times \text{factor de carga} \\ &= 76 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.9 \times 0.86 \times 0.92 \times 0.55 \\ &= 29.8 \text{ m}^3/\text{hora} \\ \text{Costo Unitario} &= \frac{\text{Costo horario de la retroexcav.}}{\text{Rend. real}} \\ &= \frac{\$ 299.77/\text{hora}}{29.8 \text{ m}^3/\text{hora}} \\ &= \$ 10.06/\text{m}^3 \end{aligned}$$

