



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

209

“UTILIZACION DE LA MAQUINARIA Y RENDIMIENTOS EN
LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS”

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

Presenta:

TEODOCIO ENRIQUE ESTRELLA PERALTA

Asesor de Tesis

M. en I. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE

México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
A R A G O N

" UTILIZACION DE LA MAQUINARIA Y RENDIMIENTOS EN LA
CONSTRUCCION DE CARRETERAS"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A
TEODCCIO ENRIQUE ESTRELLA PERALTA

ASESOR DE TESIS

M. en I. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE

MEXICO, D.F. 1988

UTILIZACION DE MAQUINARIA Y RENDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCION
DE CARRETERAS.

INDICE

- I.- INTRODUCCION
- II.- GENERALIDADES.
 - II.-1 Breve historia de los caminos.
 - II.-2 Proyecto geométrico.
 - II.-3 Proyecto de pavimentos.
- III.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA
- IV.- EQUIPOS DE CARGA.
 - IV.-1 Gruas
 - IV.-2 Retroexcavadoras.
 - IV.-3 Cargador frontal.
- V.- EQUIPOS DE TRANSPORTE.
 - V.-1 Camión ligero.
 - V.-2 Camión pesado.
 - V.-3 Motoescrepas.
- VI.- EQUIPOS DE COLOCACION.
 - VI.-1 Tractor con cuchilla.
 - VI.-2 Motoconformadora.
 - VI.-3 Extendedora.
- VII.- EQUIPOS DE COMPACTACION.
 - VII.-1 Rodillo metálico.
 - VII.-2 Rodillo neumático.
 - VII.-3 Rodillo pata de cabra.
 - VII.-4 Rodillo de impacto.
 - VII.-5 Rodillo vibratorio.

VIII.- EQUIPOS DE PRODUCCION.

VIII.-1 Cribas.

VIII.-2 Trituradoras.

VIII.-3 Planta de asfalto.

BIBLIOGRAFIA.

Con amor y respeto a mis padres
por el esfuerzo y sacrificio -
realizado en mi para poder lle-
gar a ser alguien en la vida.

SR. SABINO ESTRELLA M.

SRA. GUADALUPE PERALTA DE E.

Con amor y cariño a mi esposa e -
hijas por el apoyo constante para
realizar mi tesis.

BERTHA ALICIA CARRILLO DE E.

KARLA GUADALUPE ESTRELLA C.

OLGA LORENA ESTRELLA C.

Con cariño a mis hermanos y que
sirva como estímulo para seguir
adelante y no decaer.

RAUL
TERESA
JAVIER
GUADALUPE
BEATRIZ
Ma. ELENA
RUBEN
GUSTAVO
SILVIA
JOEL
ISRAEL

A mi tía .

MARIA DE LA LUZ PERALTA CH.

A mi director de TESIS

M. en I. FERNANDO OLIVERA B. por su
desinteresada ayuda en la elaboración
de la misma.

MIL GRACIAS

Con admiración y respeto a todos mis
maestros.

Al honorable jurado.

I.- INTRODUCCION.-

1

OBJETIVOS.

El objetivo primordial de presentar un trabajo sobre la "UTILIZACION DE MAQUINARIA EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS", es el dar -- a conocer a todas aquellas personas que estudien un programa de construcción de carreteras o que estén relacionadas directamente o indirectamente con la materia de construcción una idea sobre los equipos más utilizados, y también señalar sus características más importantes y trabajos que pueden efectuar estas máquinas, en todo lo -- que a obra se refiere de ingeniería civil.

El objetivo de la utilización de maquinaria en la construcción de carreteras es el de saber escoger adecuadamente la maquinaria -- para realizar los trabajos de excavación, transporte, colocación, -- compactación y producción de materiales de acuerdo al tipo de obra -- que se desea realizar y así minimizar los costos.

La industria de la construcción, es uno de los renglones de la economía nacional, que ha sufrido un mayor crecimiento, por lo que -- asimila con gran rapidez toda aquella tecnología que le sea útil y -- le convenga para su desarrollo, así en el área de maquinaria para la construcción, México se ha convertido en un muy amplio mercado, sien -- do variadísima la gama de equipos que se pueden adquirir en el país --

Dentro de las actividades más interesantes y de mayor riesgo -- de un ingeniero constructor está la elección de la maquinaria ade -- cuada para ejecutar un determinado trabajo.

Durante los primeros días de la construcción, el éxito depen -- de de la habilidad para manejar la gente y al equipo de manera de -- poder seguir un programa de obra y completar un proyecto con el me -- nor costo posible. Este problema ha sido remplazado en gran parte por medio de una cuidadosa planeación de cada uno de los pasos de un pro -- yecto antes de comenzar su construcción, analizando el proyecto para determinar los métodos más adecuados de construcción y manteniendo -- un control adecuado sobre el proyecto.

Otro de los puntos que se debe tener muy en cuenta el contra -- tista son las características o propiedades de los materiales para -- su extracción y además considerar algunos factores que afectan la -- producción de la maquinaria.

II.- GENERALIDADES.

2

II-1.- Breve historia de los caminos.

II-2.- Proyecto geométrico.

II-3.- Proyecto de pavimentos.

II-1.- BREVE HISTORIA DE LOS CAMINOS.

Historia de la evolución de las carreteras.

Se han encontrado huellas de antiguos caminos que son anteriores a la historia registrada. Las primeras superficies duras aparecieron en la mesopotamia, poco después del descubrimiento de la rueda hacia el año 1500 A.C., la cita bíblica "Haced recto en el desierto un gran camino", se refiere a un camino construido poco después del año 539 A.C. entre Babilonia y Egipto; En el emisferio occidental existen inicios de extensas redes de caminos construidos por los pueblos mayas, aztecas e incas, habitantes de centro y sudamérica.

Los romanos consolidaron su imperio junto con una extensa red de caminos que radiaban en muchas direcciones desde Roma, algunos de estos primeros caminos eran de construcción elaborada así por ejemplo, la vía ápia, construida hacia el sur en el año de 312 A.C., muestra los procesos de construcción usados por los romanos. Primeramente se excavaba una zanja a una profundidad tal, que la superficie del camino terminado quedaba a nivel del terreno; Los pavimentos eran colocados en tres etapas:

- 1).- Una capa de pequeñas piedras. (grava)
- 2).- Una capa de pequeñas piedras mezcladas con mortero y colocadas firmemente en el lugar
- 3).- Una capa para el desgaste de block de piedra, puestas y unidas con mortero.

Muchos de estos caminos aún existen después de 2000 años.

Con la caída del imperio romano, la construcción de caminos vino a ser nula, no fue sino hasta el siglo XVIII cuando Trasaguet (1716 - 1796) desarrolló los métodos de construcción en Francia, que más tarde bajo Napoleón hicieron posible un extenso sistema de caminos en Francia. Poco después se desarrollaron los caminos en Inglaterra, Mac Adam (1756 - 1836) fue él que más sobresalio en ese tiempo, un camino que lleva su nombre permanece en uso.

A pesar de la poca importancia de los caminos, como sucedía en Inglaterra antes del siglo XVIII, las leyes sobre carreteras para ingleses y norte americanos ya se empezaban a formar las leyes de Early Saxon imponía tres obligaciones en todo el territorio:

- 1).- Reparar caminos y puentes.
- 2).- Defender castillos y guarniciones.
- 3).- Ayudar a repeler las invasiones.

Poco después de la conquista de normandos, se decretó que la carretera del rey fuera "Una cosa sagrada y que quién ocupara una parte de ella excediendo las fronteras y límites de su terre no, se considerara como si hubieran usurpado al mismo rey".

CAMINOS ANTIGUOS DE AMERICA:

Pocos caminos se construyeron durante los primeros tiempos de la historia de los Estados Unidos. La mayoría de los primeros fueron construidos junto a las bahías y a los ríos y el transporte se realizaba en gran parte por agua. Los poblados que se encontraban tierra adentro se conectaban con el puerto cercano pero el camino era usualmente una simple brecha a través de la selva antes de la guerrá revolucionaria, los viajes se hacían principalmente a pie ó a caballo y los caminos eran meramente (veredas) abiertas a una anchura mayor. El progreso fue extremadamente lento durante un cierto tiempo, después de terminada la guerra en 1783 por ejemplo; Los malos caminos fueron la causa real de la rebelión del whisky, en Pennsylvania occidental en 1794 los agricultores de está zona protestaron contra un impuesto que gravaba el whisky que ellos producían de este incidente resultó la construcción de la carretera troncal de Filadelfia a Lancaster, que era una carretera de peaje de 100 Km. de longitud, revestida de un ancho de 7.3 m. con piedra machacada a mano y grava.

Entre los años 1795 y 1830 otros numerosos caminos troncales particularmente en los Estados del Nordeste, fueron construidos por compañías organizadas para obtener utilidades mediante el cobro de peaje, pocos de esos caminos tuvieron éxito económico.

Aparición del Ferrocarril.

Con la invención de las máquinas de vapor en el siglo XVIII apareció la locomotora de vapor, para la distribución de los esfuerzos a las capas inferiores, se utilizan durmientes y balasto, que se colocan sobre las terracerías adecuadamente acomodadas.

Aparición del automóvil

A fines del siglo XIX, se inventó el automóvil que ha tenido un rápido desarrollo y para su tránsito, en primer lugar se acondicionaron los antiguos caminos de carretera para posteriormente sufrir grandes transformaciones en su geometría y en su estructura, pues tanto en número como en peso, se han multiplicado.

II-2-PROYECTO GEOMETRICO.

En las obras viales una vez que se ha decidido llevarlas a cabo se hace la elección de ruta, siendo esta la franja de ancho variable en la que procede construir una obra vial, siendo esta: carretera, ferrocarril o aeropuerto, cuando se tienen los planos definitivos, se tiene un ancho igual al derecho de via, que será el ancho final necesario para la construcción, conservación y en su caso para la ampliación de la obra.

Una vez que se tiene elegida la ruta en forma general se procede a realizar el anteproyecto, que consiste en los levantamientos topográficos y estudios de gabinete para así obtener el mejor diseño posible, y por último se realiza el proyecto definitivo, tiene como finalidad el de afinar los detalles del proyecto geométrico, realizandose los estudios de curva masa y acarrees de materiales, así como el estudio del drenaje mayor y menor, superficial y subterráneo.

En la etapa de elección, se llevan a cabo estudios geotécnicos como es la geología de la zona que abarca el proyecto. Es por ello que se realizan reconocimientos aéreos altos y bajos para así recopilar los datos correspondientes, también a partir de fotografías aéreas, con los datos obtenidos en los recorridos ya citados, se realizará una fotointerpretación que conducirá a planos geológicos detallados donde se indicarán tipos de rocas y sus los así mismo se obtendrá un informe dandose la opinión, desde el punto de vista geológico, viendose la posibilidad, de poder llevar a cabo la construcción de la obra, indicando las zonas que se presenten menos problemas.

En la etapa de anteproyecto, los estudios geotécnicos son más detallados el cual intervienen ingenieros especialistas en el área de geología, hidrología y mecánica de suelos, asesorando a los ingenieros que realizan los proyectos geométricos, el cual, basado en las recomendaciones hechas por los especialistas arriba citados, toman las decisiones, haciendose estudios de caracter económico, siendo de útil importancia el tipo de obra que se vaya a realizar.

En la etapa de proyecto definitivo, los estudios geotécnicos son de caracter particular; primeramente se hará un recorrido muy detallado de la línea proyectada, se realizarán sondeos y si el caso lo amerita se harán estudios geofísicos para poder así conocer la estatigrafía de la franja; un punto muy importante dentro de esta etapa, será el de conocer los espesores de las capas, así como la clasificación de los materiales, tanto como geotécnicos para su pago, los coeficientes de variación volumétrica para el estudio de los acarrees y la capacidad de carga del terreno para la cimentación de obras de drenaje mayores y menores, así mismo se harán los estudios de estabilidad de taludes siendo esto un requisito para que la obra sea estable.

SECCION TRANSVERSAL.

La sección transversal de un camino en un punto cualquiera - de éste es un corte vertical normal al alineamiento horizontal per- mite definir la disposición y demensiones de los elementos que for- man el camino en el punto correspondiente a cada sección y su rela- ción con el terreno natural.

Elementos que integran la sección transversal. ver fig. II-1

- 1.- Corona
- 2.- Subcorona
- 3.- Cunetas y contracunetas
- 4.- Taludes
- 5.- Partes complementarias

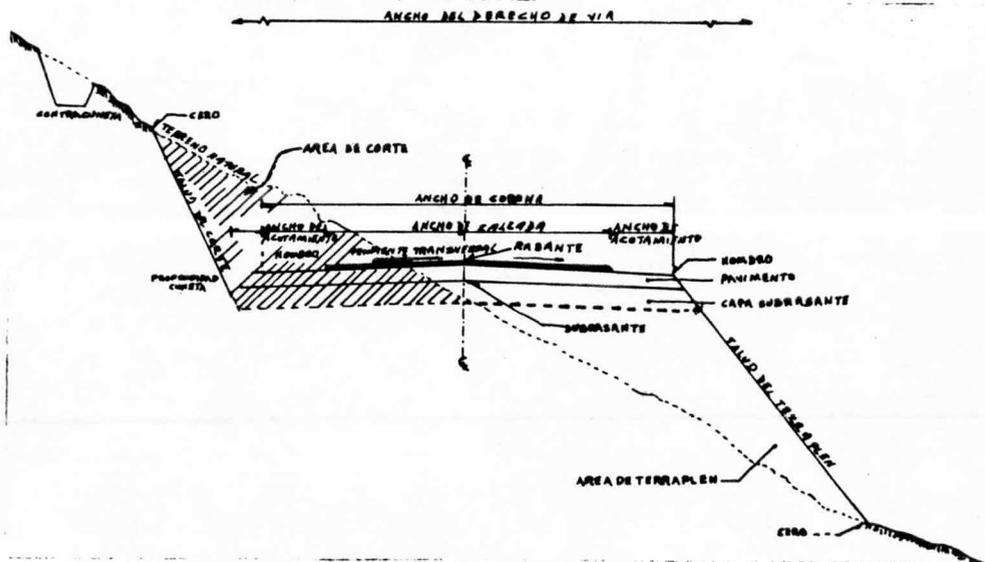


Fig. II-3 Sección transversal típica en una tangente.

1.- Corona.

La corona es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, ó sea las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o los interiores de las cunetas. Los elementos que define la corona son la rasante, la pendiente, - transversal, la calzada y los acotamientos.

a).- Rasante. La rasante es la línea obtenida al proyectar --

sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino.

- b).- **Pendiente transversal.** Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje, se presentan tres casos: Bombeo, sobreelevación y transición del bombeo a la sobreelevación.

Bombeo. El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes de alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino.

Sobreelevación. La sobreelevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo.

Transición del bombeo a la sobreelevación. al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva.

- c).- **Calzada.** La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno ó más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.
- d).- **Acotamientos.** Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino.

2.- Subcorona.

La subcorona es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento.

Se entiende por terracerías, el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona. La diferencia de cotas entre el terreno natural y la subcorona, definen los espesores de corte o terraplén en cada punto de la sección.

Se entiende por pavimento, a la capa o capas de material seleccionado y/o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona, que tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de terracerías subyacente a la subcorona, no le causen deformaciones perjudiciales: al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento adecuado al tránsito.

Los pavimentos generalmente están formados por la sub-base, la base y la carpeta.

Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

- a).- Subrasante. La subrasante es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.
- b).- Pendiente transversal. La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento.
- c).- Ancho. El ancho de la subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en función del ancho de corona y del ensanche.

3.- Cunetas y contracunetas.

Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

- a).- Cunetas. Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno ó ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte. Son de sección Triangular.
- b).- Contracunetas. Generalmente son zanjas de sección traapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

4.- Taludes.

El talud es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman.

5.- Partes complementarias.

Bajo esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación de los caminos. Tales elementos son las guarniciones, bordillos y banquetas.

- a).- Guarniciones y bordillos. Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento. El tipo de ubicación de las guarniciones influye en las reacciones del conductor y, por lo tanto, en la seguridad y utilidad del camino.

Los tipos usuales de guarniciones son las verticales y las achanfladas.

Los bordillos son elementos, generalmente de concreto asfáltico, que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes, afín de encausar el agua que escurre por la corona y que de otro modo causaría erosiones en el talud de terraplén.

- b).- Banquetas. Las banquetas son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a nivel superior al de la corona y a uno ó ha ambos lados de ella.

II-3- PROYECTO DE PAVIMENTOS.

Las civilizaciones clásicas del medio oriente, Egipto y China y los imperios Incas y Mayas dejaron evidencias históricas de mucho interés respecto a redes incipientes de caminos, con un grado de desarrollo sorprendente, el imperio romano ofrece quizá el primer ejemplo en el sentido moderno de como una red caminera bien construida y conservada ayuda a la conquista y sostenimiento de un dominio universal. La era napoleónica ofrece otro ejemplo del mismo fenómeno que suele citarse insistentemente; El talento del notable técnico Tressaguet hizo más que algun ejército en favor de la expansión Francesa.

Sin embargo el verdadero auge del pavimento, ha tenido lugar con la aparición del automóvil, primer lugar y más resientemente, con el advenimiento de la aviación en la escala que hoy se conoce. Los pavimentos romanos consistían en grandes bloques rocosos con buen acomodo, directamente apoyados en el terreno natural.

Los incas y los Mayas construyeron sus caminos aglutinando los bloques de piedra con morteros naturales y afinando la superficie de rodaje. El mencionado Tressaguet inicio la construcción de pavimentos por capas ordenadas según el tamaño de sus partículas constitutivas; Sus ideas fueron más tarde recogidas y mejoradas en Inglaterra por Telford y Mc. Adam, quienes construyeron pavimentos con secciones que, en algunos casos aún estan hoy en uso.

Así pues desde la aparición del automóvil y debido a las fuertes cargas actuales su velocidad de tránsito, el número de repeticiones, etc. se ha tratado de proporcionar a los usuarios, caminos con superficie de rodamiento y resistencia adecuada al volumen y peso de los vehiculos, ha de hacerse notar que la inversión nacional en obras de pavimentación constituye para cualquier inversión realizada en búsqueda de un mejoramiento específico; Basta decir que en muchos caminos la pavimentación puede suponer un 50% del costo total, para ~~visualizar~~ su importancia ingenieral.

Se entienda por pavimento; La capa o conjunto de capas comprendida (s) entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, cuya finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tránsito de vehiculos, al interperismo producido por los agentes naturales y a cualquier otro agente perjudicial. Como función estructural un pavimento tiene la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que ésta no se deforme perjudicialmente.

Existen actualmente dos tipos básicos de pavimento: Rígido - Flexible.

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico con recubrimiento bituminoso o sin él, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado (grava o arena). Los concretos usados son de resistencia relativamente alta generalmente se usa concreto simple y ocasionalmente reforzado. Las losas de concreto simples son de dimensiones pequeñas del orden de 4m. a 8m.; Estas dimensiones aumentan al usar algún refuerzo y llegan a los 10m., en concreto presforzado.

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base; Donde la calidad de estas capas es descendente hacia abajo. En la figura II-2 se muestra un corte típico de un pavimento flexible en terraplén.

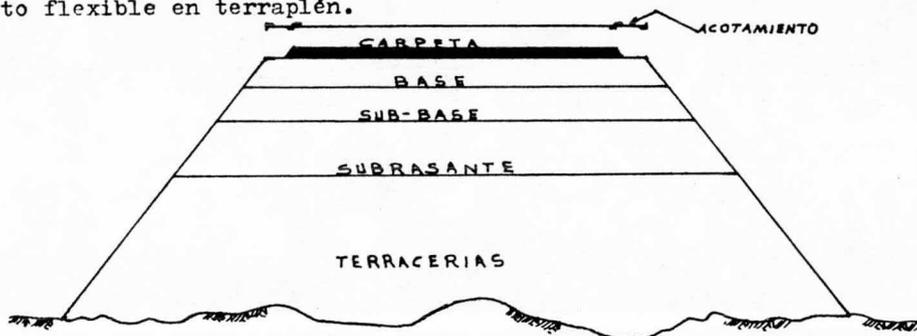


Fig. II-2 Sección típica de un pavimento flexible en terraplén

Las capas que generalmente constituyen un pavimento flexible mencionadas las superiores y las inferiores son: Carpeta asfáltica (con o sin sello), base y sub-base. El pavimento se construye sobre las terracerías que están formadas por la capa subrasante y el cuerpo de terraplén y toda la estructura se apoya en el terreno natural.

Fig. II-3, Fig. II 4 ver hoja 12

Para el correcto funcionamiento de la estructura de una carretera no deberá tomarse en cuenta que en él intervienen la calidad y espesores de los materiales de pavimento, de las terracerías y del terreno natural, por lo que la estructura debe analizarse en forma integral.

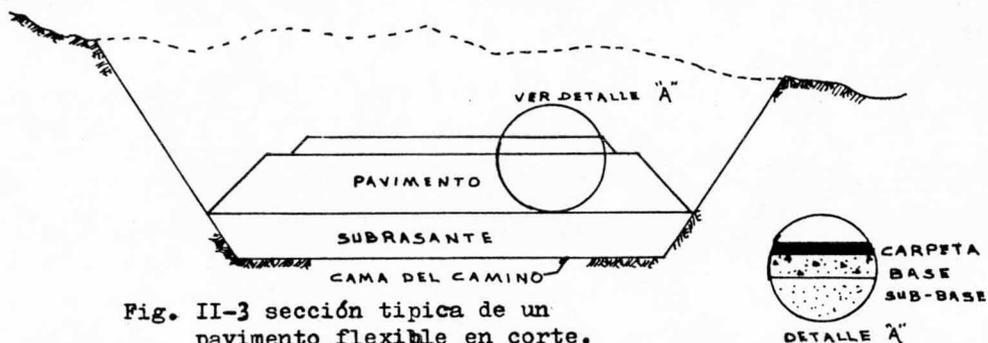


Fig. II-3 sección típica de un pavimento flexible en corte.

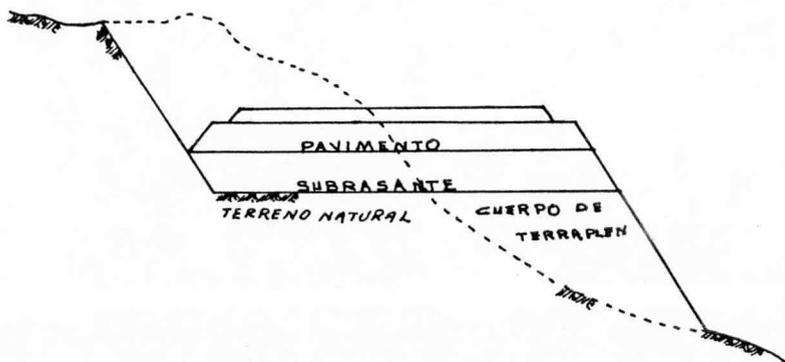


Fig. II-4 sección típica de un pavimento flexible en balcón.

Aparte de los tipos de pavimentos mencionados existe actualmente el llamado semirígido que es, esencialmente, un pavimento flexible a cuya base se ha dado una rigidez alta por la adición de cemento o asfalto (base negra).

Fig. II-5. ver hoja 13

De lo anterior se desprende que, en general un pavimento está formado por diversas capas de mejor calidad y mayor costo cuanto más cercanas se encuentren a la superficie de rodamiento; Ello es principalmente, por la mayor intensidad de los esfuerzos que le son transmitidos. Para cumplir sus funciones, un pavimento debe satisfacer dos condiciones básicas: Ofrecer una buena y resistente superficie de rodamiento con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con la llanta de los vehículos y con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos; En segundo lugar debe poseer la resistencia

apropiada y las características mecánicas convenientes para soportar las cargas impuestas por el tránsito sin falla y con deformaciones que no sean permanentes y que garanticen un tráfico en buenas condiciones.

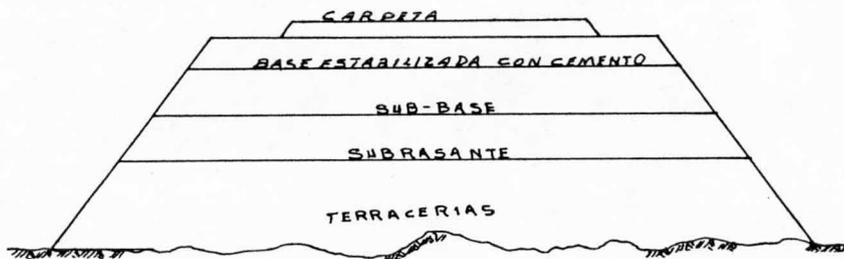


Fig. II-5 sección típica de un pavimento emirigido en terraplén.

Funciones de las distintas capas de un pavimento:

Bases y sub-bases: tienen finalidades y características semejantes, sin embargo, las primeras pueden ser de menor calidad.

Las funciones de estas capas:

- 1.- recibir y resistir las cargas del tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (carpeta asfáltica o losa).
- 2.- Transmitir, adecuadamente distribuidas, estas cargas a las terracerías.
- 3.- Impedir que la humedad de las terracerías asciendan por capilaridad.
- 4.- En caso de que haya alguna introducción de agua por la parte superior, permitir que esta descienda hasta la capa subrasante en la que por el efecto del bombeo o sobreelevación, sea desalojada hacia el exterior.

Carpeta:

Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tráfico. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

Se han desarrollado métodos para la estructuración de la sección transversal de caminos; Estos métodos, sobre todo los que más se usan son de tipo empírico.

Es conveniente conocer los estudios teóricos de distribución de esfuerzos a travéz de la masa de los suelos, cuando en ésta actúa una carga superficial y que tiene como punto de partida la teoría de Boussineso.

En general las tecnologías para el proyecto de pavimentos flexibles que actualmente están en vigor en el mundo son de tipo empírico y se basan en los siguientes aspectos:

- cumplimiento de las normas de calidad de los materiales y observación de los procedimientos de construcción.
- elección de una prueba de resistencia.
- correlación de los resultados de la prueba de resistencia con el comportamiento real de los pavimentos.

Elementos económicos y regionales que deben tomar en cuenta para la estructuración de la sección transversal de una vía terrestre.

Elementos económicos y regionales	economía	{	monto de la posible inversión
			estudios de las diferentes alternativas para escoger la de menor costo
	drenaje régimen de lluvias	{	combinación de pvs y w
			para encontrar el curso de proyecto
Nivel de aguas freáticas	{	Proyecto de drenaje	
		sub-drenaje y capas rompeadoras de capilaridad	
Localización de la sobrante con respecto al terreno natural.			

Pruebas que se realizan a los materiales de terracerías para el proyecto de la sección estructural de una vía terrestre.

estudio de materiales de cuerpo de terraplén y capa subrasante	pruebas de clasificación (control)	Granulometría	{ expansión vrs	
		límite de Atterberg		
	pruebas de control (pvsm y W.) (compactación)	contracción lineal	}	
		porter estándar		
	pruebas vrs de proyecto (porter modificada)	proctor sahop -10% retenida malla #4	}	
		AASHO modificada 20% > retiene malla #4 > 10%		
	pruebas vrs de proyecto (porter modificada)	porter estándar +20% retiene malla #5		}
		100% pvsm, W ₀ zonas de buen drenaje y bajo régimen pluviométrico		
	pruebas vrs de proyecto (porter modificada)	95% pvsm, W ₀ +1.5% zonas de regular drenaje y régimen pluviométrico	}	
		90% pvsm, W ₀ +30% zonas de mal drenaje y alto régimen pluviométrico.		

PVSM = Peso volumétrico seco máximo

VRS = Valor relativo de soporte

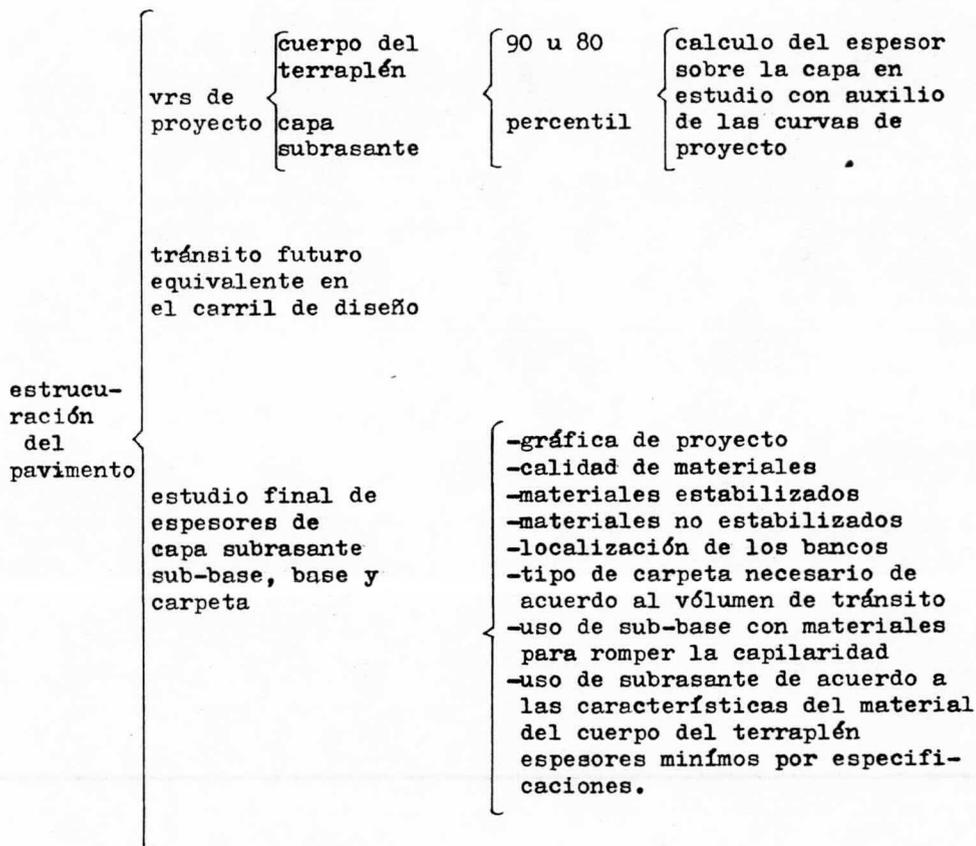
Pruebas que se realizan a los materiales de sub-base base y carpeta metodo Porter modificado para proyecto de la sección estructural de una vía terrestre.

estudio de materiales sub-Base base carpeta	pruebas de clasificación materiales pétreos materiales asfálticos	granulometría límites de Atterberg "contracción- <u>"</u> contracción lineal
		porter estandar vrs valor cementante afinidad con el asfalto contenido óptimo de asfalto para carpetas
	Pruebas de control	porter estandar (p.s.m) sub-base, bases, mezclas en el lugar prueba Marshal (pvm, <u>estabilidad</u> , flujo) concreto asfáltico contenido de asfáltico diferente tipos de carpeta.

Características del tránsito para el proyecto de la sección es tructural de una vía terrestre.

Tránsito	-tránsito diario promedio anual en ambos sentidos -porcentaje de tránsito en el carril de diseño -composición del tránsito -factor de daño para cada tipo de vehículos -tránsito actual equivalente en el carril de diseño -años de vida útil del camino -tasa de incremento anual del tránsito -tránsito futuro equivalente en el carril de diseño
----------	---

Elementos para la estructuración final de una vía terrestre



III.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA.

Los factores más importantes que nos afectan en la producción dependiendo de los equipos utilizados en una obra determinada, dichos factores considerados son los siguientes:

- 1).- Resistencia al rodamiento
- 2).- Resistencia por pendiente
- 3).- Resistencia total
- 4).- Fuerza de tracción en la barra
- 5).- Efecto de la altura en el comportamiento de los motores
- 6).- Eficiencia

1).- Resistencia al rodamiento; A la fuerza horizontal que opone una superficie de rodamiento plana, ante un vehículo que se desplace sobre dicha superficie, es lo que se conoce como resistencia al rodamiento, quedando definida teóricamente por:

R.R.* Peso de la máquina por el coeficiente de rodamiento

Conviene usar llantas de baja presión en superficies de rodamiento adversas y por otro lado, es conveniente el emplear llantas con alta presión para caminos o superficies de rodamiento bien terminadas según se observa en el siguiente cuadro.

Se acostumbra que por condiciones de velocidad de tránsito, flexión que sufren las caras laterales de las llantas, etc., además del peso de la máquina por el coeficiente de rodamiento, se de un valor de 10 kg./tn. de peso del vehículo.

EJEMPLO:

Cuál es la resistencia al rodado de un automóvil que pesa 1800 kg. y marcha por una superficie dura y pareja, tal como una calle pavimentada.

R.R. = 1.8 tn. X 10 kg./tn. = 18kg.

CUADRO No 1

RESISTENCIA AL RODAMIENTO EN LIBRAS POR TONELADA DE MAQUINA

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	RUEDAS DE ORUGAS Y RUEDAS DENTADAS		LLANTAS DE HULE BALEROS ANTIFRICCIONANTES	
	ACERO BA- LEROS CO- MUNES	RUEDAS DENTADAS	ALTA PRESION	BAJA PRESION
Concreto liso	40	58	35	45
Asfalto bueno	50-70	60-70	40-65	50-60
Tierra compactada buen mantenimiento	60-100	60-80	40-70	50-70
Tierra con mante- nimiento malo	100-150	80-110	100-140	70-100
Tierra, baches, ningún manteni- miento	200-250	140-180	180-220	150-200
Arena suelta y grava	280-320	160-200	260-290	220-260
Tierra muy lodosa baches suaves	350-400	200-240	300-400	280-360

2).- RESISTENCIA POR PENDIENTE.

Un vehículo moviéndose sobre un plano inclinado define una -- fuerza correspondiente a su peso.

Se descompone esta fuerza en dos componentes; Una normal al -- plano inclinado y otra paralela al mismo, si la máquina se mueve ha-
cia arriba, la fuerza de gravedad retardará el efecto de avance, pe-
ro si es al contrario, contribuirá al movimiento del vehículo.

$$R.P. = \frac{W\% \text{ Pendiente}}{100}$$

3).- RESISTENCIA TOTAL.

A la suma de las resistencias por el rodamiento y por pendiente nos da la resistencia total.

$$R.T. = R.R + R.P.$$

4).- FUERZA EN LA BARRA O EL GANCHO.

Para entender bien éste concepto es necesario conocer estas - otras definiciones.

a).- TRACCION. Es la fuerza propulsora de una de una rueda o un carril

b).- COEFICIENTE DE TRACCION. Es la relación entre la fuerza de tracción y la presión total que hacen las ruedas o carril contra la - superficie.

COEFICIENTE DE TRACCION PARA DISTINTAS SUPERFICIES	FACTORES DE TRACCION	
	NEUMATICOS	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 compactada	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

CUADRO No 2

c).- MAXIMA FUERZA TRACTIVA UTILIZABLE. Se obtiene de multiplicar el coeficiente de tracción que se presente por el peso que gravita sobre las ruedas motrices de la máquina.

d).- FUERZA TRACTIVA NORMAL. Está en función de la potencia del motor y de la velocidad del vehículo en sus diferentes engranajes;

la potencia del motor que es la capacidad de realizar un trabajo por unidad de tiempo, se verá afectada por la altura sobre el nivel del mar

La fórmula utilizada para calcular esta fuerza tractiva es la siguiente

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

En donde:

H.P. = Potencia

V. = Velocidad en m.p.m.

Una vez conocidos los datos anteriores, se definirá la fuerza en la barra o en el gancho como la tracción efectiva que un tractor o vehículo determinado puede ejercer sobre una carga remolcada por el mismo.

Se obtiene restando la fuerza tractiva normal la resistencia total, midiendose dicha fuerza en lb. o kg.

5).- EFECTOS DE ALTURA.

Las máquinas que se ocupan en la construcción de caminos tienen sus motores de combustión interna y se ven afectadas por la altura con respecto al nivel del mar. Por lo cuál debe hacerse una corrección.

Es usual suponer que para motores de gasolina y de diesel de cuatro ciclos, la altura sobre el nivel del mar afecta la potencia útil de estos motores arriba de los 1000 m. del orden del 1% por cada 100 m. de altura.

Para hacerceles la corrección y que disminuya la pérdida de la potencia, se le hace una instalación de turbocargadores y enfriadores de aire de admisión, con ésto se tiende a compensar esta disminución de potencia.

MOTORES TURBOALIMENTADOS.

Mantienen toda su potencia a mayor altitud que los motores de aspiración natural.

6).- EFICIENCIA.

En cualquier obra de ingeniería civil siempre habrá pérdidas - de rendimiento del equipo debido a las condiciones en que se encuentre la obra, condiciones de adaptabilidad de la máquina a un cierto-trabajo, etc., de ahí que es necesario contar con factores de eficiencia que regulen el rendimiento de las máquinas para obtener un rendimiento más real.

Los factores por eficiencia se pueden clasificar en dos tipos- de adaptabilidad y de gestión.

Los factores de adaptabilidad son aquellos que dependen de condiciones tales como superficie del suelo, topografía, estación del año y adaptabilidad de la máquina, ver cuadro No 3.

Los factores de gestión son aquellos que dependen de condiciones tales como coordinación entre máquinas, parado de circulación -- calidad del mantenimiento de la máquina, ver cuadro No 4

Para obtener la eficiencia general será necesario multiplicarlos dos factores de eficiencia.

CUADRO No 3

FACTOR DE EFICIENCIA EN FUNCION DE LAS
CONDICIONES DE ADAPTABILIDAD

condición de adaptabilidad	factor de eficiencia
Exelente	0.95
Bueno	0.85
Mediana	0.75
Malo	Menor de 0.75

CUADRO No 4

FACTOR DE EFICIENCIA EN FUNCION DE LA GESTION

Máquina empleada	Marcha de la obra conciderada			
	Exelente	Buena	Mediana	Mala
Máquina remolcada por tractor de orug.	0.90	0.87	0.85	0.75
Máquina remolcada por tractor neumá.	0.85	0.80	0.75	0.65

IV.- Equipos de carga.

Como se sabe, hay muchas máquinas para la construcción de caminos, cada una de las cuales realiza un trabajo específico con cierta eficiencia, y puede efectuar algunos de los trabajos propios de otro equipo 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 materiales movido.

A continuación se expondrá las características y tendencias sobre la utilización de equipos de carga en la construcción de caminos.

Los equipos de carga que se describían aquí son aquellos que se les considera del tipo de carga estacionaria, excepto los cargadores, los equipos de carga estacionaria efectúan la excavación, carga y depósito del material estando parados y también los equipos que están siendo cargados permanecen inmóviles durante el tiempo que dure la carga.

IV-1.- Gruas

IV-2.- Retroexcavadoras.

IV-3.- Cargador frontal

IV-1.- Gruas

Son máquinas que tienen una pluma la cual aparte de trabajar como grúa, es decir, de izar o levantar cargas para moverlas de un sitio a otro, se les puede acondicionar con varios tipos de herramientas que entre las más conocidas está el cucharón de arrastre, los del tipo de almeja, convirtiéndose así en "dragas" y maquinaria con cucharón tipo almeja respectivamente.

La pluma grúa se encuentran limitadas por la longitud de la pluma y por su carga, la cual no deberá de exceder de un 80 % de la carga o volteo, así mismo el radio de acción (distancia horizontal entre el eje de giro de la superestructura de la máquina) se encuentra limitada por la carga para un determinado valor de ésta.

Clasificación:

Las grúas las podemos dividir en:

1.- De neumáticos.

2.- De orugas

Dragas.

Las dragas las podemos clasificar en dos tipos:

- 1.- Dragas terrestres
- 2.- Dragas marinas

Las dragas terrestres son máquinas cargadoras, con una pluma de grúa, que contiene un dispositivo que consiste de un cucharón de arrastre, cable de izaje o cable de arrastre con guía.

Ver fig. IV.-1

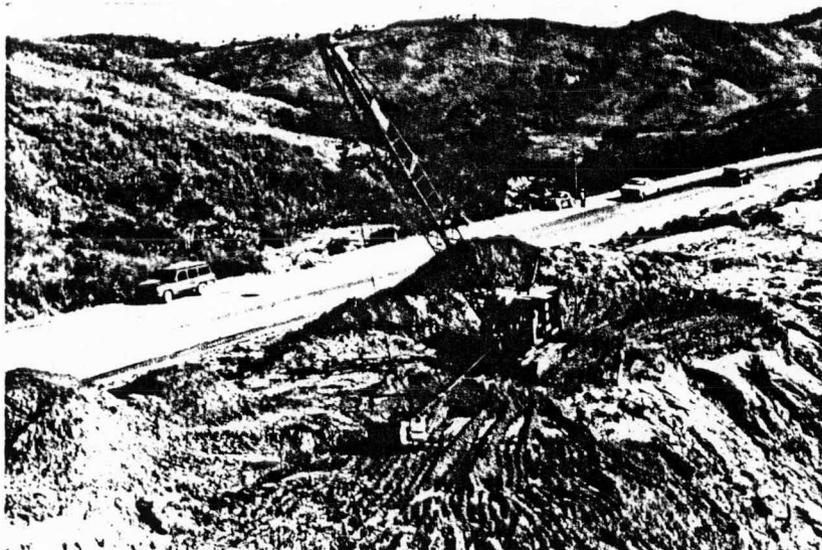


Fig. IV-1 Draga de arrastre realizando movimiento de tierras.

Los cucharones de las dragas pueden ser de capacidades muy parecidas a la de las palas mecánicas, sin embargo a las dragas se les puede equipar con distintos cucharones de arrastre o baldes, según el tamaño de la pluma, radio de trabajo, tipo de material por carga y distancia de descarga, si el material en que trabaja el cucharón es duro se hace necesario que este cucharón de arrastre sea de capacidad reducida; En el caso de cargar material suave el balde será de mayor capacidad y menos robusto, cuando se utilizan las dragas es importante ver que sus radios de acción así como sus cargas límites con que trabajan no sobrepasen a las dadas en las especificaciones proporcionadas por los fabricantes.

Ver. cuadro IV-1

Producción ideal de dragas con pluma corta, en yardas cúbicas por hora, medida en banco

clase de material	Tamaño del cucharón, yd ³								
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2
Lama húmeda ó arcilla arenosa ligera	5.0 70	5.5 95	6.0 130	6.6 160	7.0 195	7.4 220	7.7 245	8.0 265	8.5 305
Arena y grava	5.0 65	5.5 90	6.0 125	6.6 155	7.0 185	7.4 210	7.7 235	8.0 255	8.5 295
Tierra ordinaria buena	6.0 55	6.7 75	7.4 105	8.0 135	8.5 165	9.0 190	9.5 210	9.9 230	10.5 265
Arcilla compactada, dura	7.3 35	8.0 55	8.7 90	9.3 110	10.0 135	10.7 160	11.3 180	11.8 195	12.3 230
Arcilla pegajosa húmeda	7.3 20	8.0 30	8.7 55	9.3 75	10.0 95	10.7 110	11.3 130	11.8 145	12.3 175

Cuadro IV-1

Una draga producirá su mayor rendimiento si se planifica la obra para permitir la excavación de la tierra a la profundidad - óptima en donde sea posible, el cuadro No. 1 nos proporciona la - profundidad óptima del corte para diferentes tamaños de cucharón y clases de material empleado dragas con pluma corta. Con una oscilación de 90° y sin demoras.

La cifra superior es la profundidad óptima en pies, y la cifra inferior es la producción ideal en yardas cúbicas.

Al trabajar con una draga se necesitará conocer los espacios libres, los cuales están en función de la altura de descarga, radio de descarga, alcance máximo de excavación, longitud de la pluma, etc..

Es muy importante obtener la profundidad óptima y el ángulo de oscilación o giro, entendiéndose por profundidad óptima el corte que produce el mayor rendimiento y el ángulo de oscilación como el ángulo horizontal entre la posición de carga y la descarga, es necesario que se conozcan los valores de la profundidad óptima de corte (los cuales varían para diversos materiales y para distintos tipos de baldes) y los valores de los ángulos de giro. Ver cuadro IV-2

Efecto de la profundidad de corte y del ángulo de oscilación en la producción de las dragas

Porcentaje de profundidad óptima	Angulo de oscilación							
	30	45	60	75	90	120	150	180
20	1.06	0.99	0.94	0.90	0.87	0.81	0.75	0.70
40	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.85	0.78	0.72
60	1.24	1.13	1.06	1.01	0.97	0.88	0.80	0.74
80	1.29	1.17	1.09	1.04	0.99	0.90	0.82	0.76
100	1.32	1.19	1.11	1.05	1.00	0.91	0.83	0.77
120	1.29	1.17	1.09	1.03	0.98	0.90	0.82	0.76
140	1.25	1.14	1.06	1.00	0.96	0.88	0.81	0.75
160	1.20	1.10	1.02	0.97	0.93	0.85	0.79	0.73
180	1.15	1.05	0.98	0.94	0.90	0.82	0.76	0.71
200	1.10	1.00	0.94	0.90	0.87	0.79	0.73	0.69

Cuadro IV-2

Ejemplo:

Se va a utilizar una draga de 2 yd³ con pluma corta para - escavar el arcilla dura, compacta. La profundidad del corte será de 15.4ft, y el ángulo de oscilación será de 120° determinese la probable producción de la draga si no existen otros factores que afecten a la producción.

$$\text{Porcentaje de profundidad} = \frac{15.4}{11.8} \times 100 = 130$$

óptima

Del cuadro 2 el factor de corrección es de 0.89

La producción probable será de 195 m³ x 0.89 = 173 yd³ por hora.

Además de los valores anteriores existen factores de corrección, los cuales tienen el mismo principio y forma que para las palas mecánicas.

Máquinas de cucharón de almeja:

Son equipos de carga que consisten de una pluma grúa, la cual está equipada con una herramienta llamada cucharón de almeja, su nombre es por el parecido o semejanza que tiene con la almeja.

Estos cucharones además de tener unos dientes, que le sirven para facilitar el trabajo de penetración del cucharón en el material, pueden ser del tipo pesado para roca fija, medios para trabajos generales y ligeros para materiales sueltos.

Los cucharones tipo almeja se seleccionan considerando:

- 1.- Tipo de material por cargar.
- 2.- Longitud de la pluma
- 3.- Peso del cucharón
- 4.- Capacidad del equipo de transporte

Debido a los factores variables que afectan las operaciones de los cucharones, es difícil proporcionar los rangos de producción precisos, estos factores incluyen la dificultad en la carga del cucharón, el tamaño de la carga obtenible, la altura de levantamiento, el ángulo de oscilación, el método para la descarga del material y la experiencia que tenga el operador.

Usos más comunes:

Las grúas se pueden utilizar en el levantamiento y traslado de material como grandes bloques, tubos, cajas pesadas, ó livianas postes, elementos prefabricados, etc.. Estos trabajos desde luego los puede efectuar permaneciendo la máquina en el mismo lugar, además se puede también efectuar trabajos de hincado de pilotes y hacer demoliciones de obra.

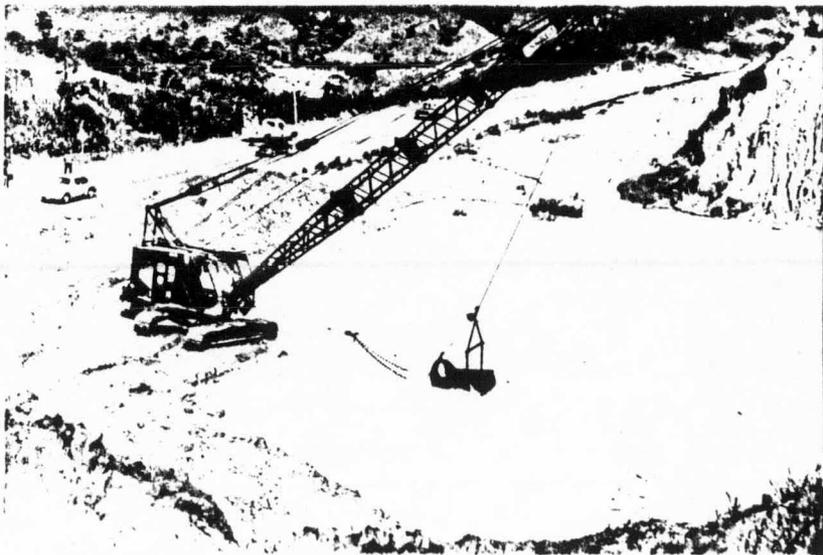


Fig. IV.- 2 Dragando arena para dezasolvar obra de drenaje.

Las dragas son equipos útiles para mover grandes cantidades de material, estos equipos pueden efectuar trabajos de excavación de tierra para la construcción de canales de riego, tanques de almacenamiento de agua potable, cimentaciones para edificios. Zanjias para la colocación de tuberías de conducción de fluidos, trabajos de pasos a desnivel, etc. Las dragas cargan el material excavado y lo pueden depositar directamente en el sitio requerido (sin que la máquina se traslade de un lugar a otro) como por ejemplo un dique, un banco de desperdicio ó unidades de acarreo como son los camiones, remolques y vagones, así mismo las dragas efectúan el clásico trabajo de dragado de arena ó grava del río para formar pilas.

IV-2.- Retroexcavadora.

Las retroexcavadoras son equipos diseñados principalmente para realizar trabajos abajo del nivel del terreno en que se sustentan. Vienen montadas sobre llantas las pequeñas, y sobre orugas las grandes. La retroexcavadora aparece aproximadamente hace unos 50 años y se desarrollan a partir de un diseño básico montada sobre orugas, operadas con cables y accionada con motor de gasolina o diésel, originalmente aparecieron con capacidad de $3/8$ a $3/4$ de yd^3 , y en la actualidad se tienen retroexcavadoras con capacidad aproximada hasta de $15.3 m^3$ ($20 yd^3$).

En sus principios las retroexcavadoras hidráulicas tuvieron su mayor aplicación como excavadoras de zanjas y de sus usos generales de desplazamiento de tierra. Las primeras eran pequeñas, -- montadas básicamente sobre un tractor de llantas, que también llevaba un cucharón de cargador frontal. Ver. fig. IV-3



Fig. IV-3 Retroexcavadora realizando excavación en canal.

Esta sigue siendo una combinación ideal para aplicaciones pequeñas, pero en la medida en que la obra exige un esfuerzo mayor, esta máquina disminuye su eficiencia.

Retroexcavadoras montadas sobre llantas.

Este tipo de retroexcavadoras son: Máquinas veloces las que para su mejor rendimiento deben trabajar sobre terrenos en buen estado y donde los caminos sean transitables, generalmente tienen estabilizadores que son dispositivos a base de cilindro hidráulico para elevar la máquina durante el trabajo. Ver. Fig. IV-4. Este equipo desarrolla unas velocidades máximas de 16 a 35 km/hr.

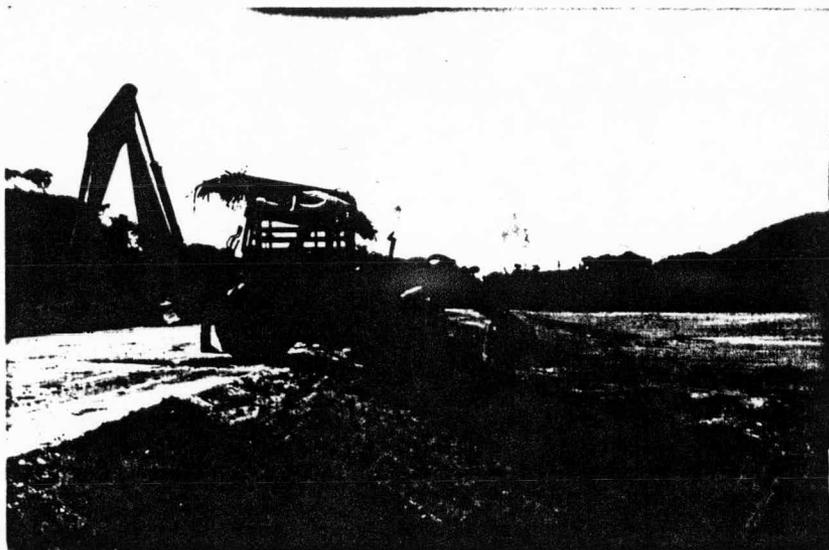


Fig. IV-4 Retroexcavadora realizando recargues de talud en el cual se observa que la zona de trabajo está en buen estado.

Las retroexcavadoras montadas sobre llantas son de tamaño pequeño lo mismo que su capacidad de cucharón, su tamaño máximo pesa 25 ton. aproximadamente y su capacidad máxima de cucharón es de 1.15 m^3 ($1 \frac{1}{2} \text{ yd}^3$).

Retroexcavadora montada sobre orugas.

Un equipo de construcción que deba trabajar sobre superficie de material tosco o suelto, que aportan un apoyo deficiente, debe estar montado sobre carriles de oruga. Ver Fig. IV-5

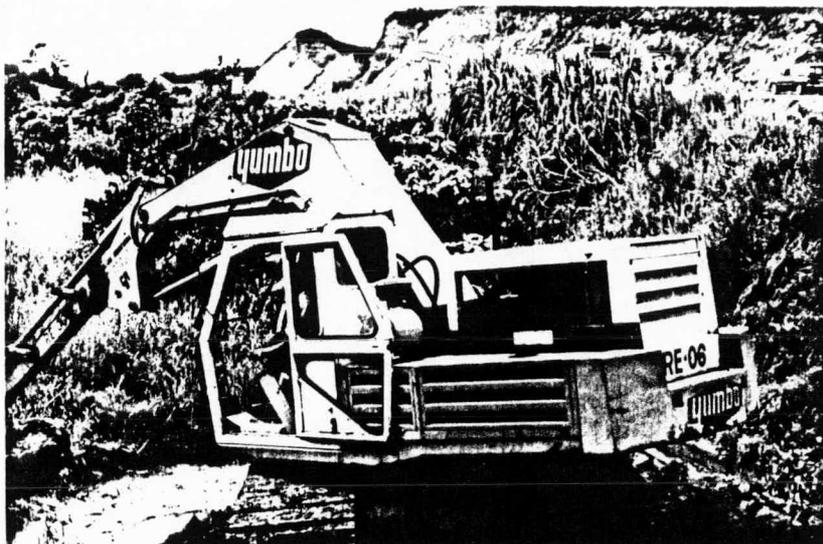


Fig. IV-5 Retroexcavadora montada sobre carriles de oruga

Se recomienda lo anterior, en particular cuando el equipo después de ser instalado en el lugar de las obras, no necesita ser movido frecuentemente. El montaje de oruga aporta el máximo de área de apoyo para los trabajos en tierra suelta.

Las retroexcavadoras montadas sobre orugas, avanzan normalmente a velocidades de 0.8 a 3.2 Km/hr. sobre superficies planas y pudiendo subir pendientes hasta el 67 % en condiciones óptimas, sobre terreno firme, parejo, seco y sin llevar carga.

Son de una gran variedad de tamaño, desde las que pesan 13 ton. y con una capacidad del cucharón de 0.4 m³ (1/2 yd³) hasta las que pesan 190 ton. y una capacidad del cucharón de 13 m³ (17 yd³).

Mécanismo de excavación.

La retroexcavadora tiene gran alcance tanto horizontal como vertical, al interior de sus excavaciones.

Componentes del mécanismo de excavación. Ver. fig. IV.6

- 1.- Anguilón ó pluma
- 2.- Brazo
- 3.- Cucharón

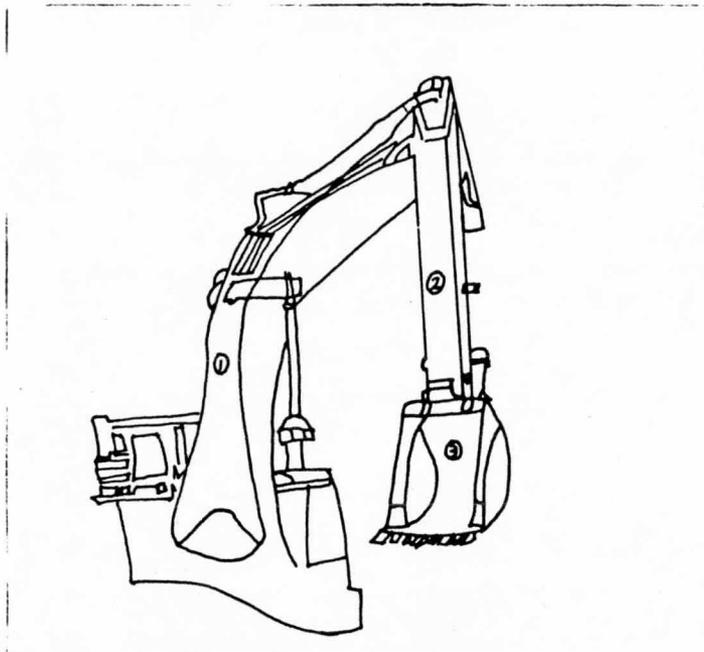


Fig. IV.-6 Componentes del mecanismo excavador

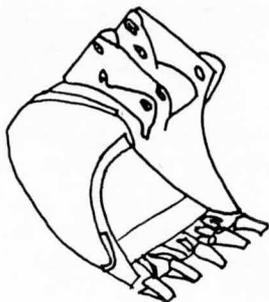
La pluma. Como elemento de soporte para el brazo y cucharón, la pluma esta formada de una o dos piezas. La de una pieza se elige si su trabajo usualmente requiere alcance y profundidad máximos, la de 2o piezas es mejor si su trabajo exige adaptabilidad.

El Brazo. Existen diferentes longitudes, la elección de uno ú otro tamaño está en función del alcance que se requiere, de la fuerza de empuje necesaria, de la capacidad de levantamiento, del tamaño del cucharón y del tipo del material por excavar.

El cucharón. es la pieza del mecanismo de excavación que esta en contacto, carga y descarga el material producto de excavación, para seleccionar el cucharón adecuado al trabajo por realizar existen dos factores muy importantes, el ancho de corte y su radio de giro. Una regla general es que se use en cucharón ancho cuando el material sea facilmente removible y un cucharón con un ancho de corte pequeño en materiales difíciles, el radio de giro también ha

de considerarse en la selección del cucharón, porque en radio de giro corto da una fuerza total de corte mayor que un radio de giro largo. Otro factor en la selección, es el caso del ancho de las zanjases las cuales muchas veces el tipo de cucharón y en tamaño va ha estar condicionado por dicho ancho de zanja.

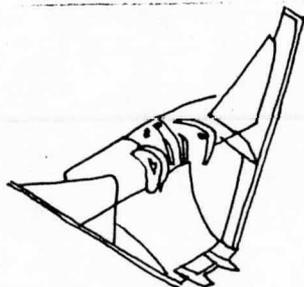
Tipos de cucharones:



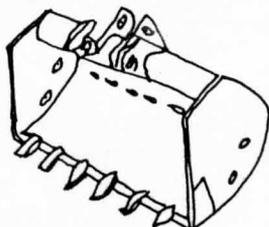
Cucharón normal, para todo uso



Cucharón con eyector, para suelos muy cohesivos.



Cucharón trapecoidal, para excavación de canales.



Cucharón de limpieza, como lo indica su nombre, para cualquier tipo de limpieza.

Selección de la retroexcavadoras.

Escoger la excavadora correcta para un trabajo específico de remoción de tierras es tanto una ciencia como un arte una mezcla - de experiencia práctica, evaluación sistemática y sentido común.

En el proceso de selección nada puede sustituir el conocimiento de las características y limitaciones de operación de la máquina adquirida de primera mano, a través de la experiencia práctica.

Igualmente importante para la selección correcta, es un estudio minucioso de las especificaciones de los fabricantes del equipo.

Reglas para determinar que máquina conviene más a sus necesidades:

a).- Zona de trabajo. Cada tipo de máquina para mover tierra tiene una área limitada donde quede excavar y cargar material de manera económica y eficiente.

Los parámetros que determinan la zona de trabajo de una excavadora son la profundidad de excavación, el alcance y la altura de descarga.

b).- Profundidad y alcance. La extensión de la pluma, el brazo excavador y el cucharón, determinan el alcance de excavación y la profundidad de la misma.

La extensión se mide desde la línea central de rotación (con la pluma y el brazo excavador extendido) hasta la punta del cucharón. La distancia a la cual una excavadora puede vaciar su carga - desde el lugar donde trabaja, sin mover sus carriles o ruedas (girando 360° completos) define el alcance de descarga de la máquina.

c).- Capacidad del cucharón. Al determinar la capacidad del cucharón de una máquina debe cerciorarse de que el fabricante identifica el volumen del cubo - nivel rasado o copeteado. También se debe asegurar que el diseño del cucharón elegido, sea el adecuado para el tipo de trabajo por realizar.

La selección del cucharón depende de muchos factores: El tamaño (volumen) y lo ancho del cubo que se requiere para una aplicación específica, más el tipo y el peso del material con el que se va a trabajar.

Hay que determinar si un cucharón de borde recto sería mejor que un cucharón con dientes. Y si se necesitan dientes, escoger el tipo y número necesario. Para determinar la penetración del cubo, se debe verificar los tamaños de los cilindros de excavación y descarga. Hay que recordar que la penetración del diente del cucharón está determinado por la fuerza del brazo del cucharón y el cilindro de excavación y por la rotación del cucharón y el cilindro de descarga.

d).- Altura de descarga. La altura necesaria para la descarga del cubo depende de: El espacio libre bajo el cubo mientras el brazo del cucharón gira en radio de alcance cuando está extendido; El espacio libre del borde mientras el cubo gira en el radio de alcance del cucharón en tanto que descarga; y la extensión cuando el cubo alcanzó la altura de descarga requerida.

Rendimientos.

La determinación usual, consiste en conocer el número de metros cúbicos (yardas cubicas) movidos por hora, a esto último se le denomina rendimiento ó producción.

Para conocer el rendimiento necesitamos principalmente de dos valores: El tiempo de ciclo y la capacidad útil del cucharón.

El ciclo de excavación de una retroexcavadora se compone de cuatro partes.

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

Este tiempo depende del tamaño de la máquina (el de una pequeña es más corto que el de una grande), del tipo de terreno en que se excave (un terreno duro presenta más dificultad a la penetración y por lo tanto más tiempo que un terreno suave), de las condiciones de trabajo (excavaciones más profundas, con más obstáculos) y por último de la habilidad del operador.

Evaluación de la capacidad de cucharones.

Capacidad al ras. Es el volumen que corresponde al espacio encerrado dentro de los límites de las planchas laterales la del frente y la de atrás, sin considerar la cantidad de material que retenga o conduzca la plancha para evitar derrames, o los dientes del cucharón

Capacidad colmada. Es el volumen del cucharón por debajo del plano de enrasamiento, más la cantidad de material amontonado, a un ángulo de reposo de 1: 1 por encima de dicho plano sin tomar en cuenta la cantidad del material que pudiera retener o conducir la plancha para evitar derrames o los dientes del cucharón

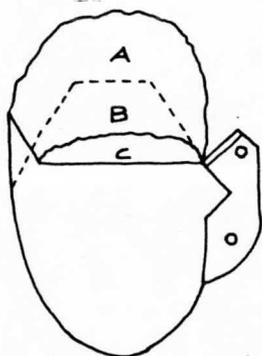
A continuación se presenta la tabla de factores promedio:

Para evaluar la cantidad de material que cargará un cucharón en cada ciclo de acuerdo alas características de dicho material. Ver cuadro IV-3

Carga útil media = (capacidad colmada) (factor promedio) del cucharón.

Material	Factor promedio (porcentaje de la capacidad colmada)		
Marga mojada o arcilla arenosa	100	al 110 %	A *
Arena y Grava	95	100 %	B *
Arcilla dura y correosa	80	90 %	C *
Roca de voladura bien fragmentada	60	75 %	
Roca de voladura mal fragmentada	40	50 %	

Cuadro IV-3



*Ver fig. Anexa.

El rendimiento aproximado de una retroexcavadora se puede valorar de las siguientes formas:

- 1.- Por observación directa
- 2.- Por medio de reglas y fórmulas
- 3.- Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante.

Rendimiento por observación: Esta forma de cálculo consiste en la medición de los volúmenes de materiales movidos por la retroexcavadora durante las horas de trabajo, cronómetro en mano. Para mayor información ver capítulo III.

Cálculo del rendimiento de una retroexcavadora por medio de reglas y fórmulas.

El rendimiento aproximado del equipo en estudio por medio de este método puede estimarse de la forma siguiente:

- 1.- Se calcula el tiempo de ciclo y los ciclos por hora, que es igual al cociente del tiempo efectivo trabajado en una hora entre el tiempo que dura un ciclo, es decir;

$$\text{ciclos/hora} = \frac{\text{Tiempo efectivo en una hora}}{\text{Tiempo de duración del ciclo}}$$

- 2.- Se calcula la cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo.
- 3.- Con los datos anteriores se calcula el rendimiento:

$$\text{m}^3/\text{hora} = \text{m}^3/\text{ciclo} \times \text{ciclos/hora}$$

$$\text{Rendimiento} = \text{Paso 2} \times \text{Paso 1}$$

Cálculo del rendimiento por medio de tablas proporcionadas por el fabricante.

Todos los fabricantes editan manuales donde aparecen tablas de los rendimientos obtenidos de las máquinas que producen, de acuerdo a ciertas condiciones de trabajo. Los datos incluidos en las tablas están basados en pruebas de campo, análisis estadístico en computadoras, investigación en laboratorio, etc. Todos los datos se basan en un 100 % de eficiencia, lo cual no ocurre ni en el mejor de los casos y en segundo lugar que cada obra presenta condiciones diferentes o especiales, por lo que no es posible que los datos del fabricante sean correctas.

Sin embargo haciendo los ajustes necesarios en cada caso, por medio de factores adecuados a fin de compensar el menor grado de eficiencia, ya sea por las características del material, la habilidad del operador y la altitud, es posible tener una idea aproximada del rendimiento que se presentará en la realidad.

A continuación se presenta una tabla que nos señalan la forma de obtener rendimientos de acuerdo al material por excavar así como la capacidad del cucharón. Ver cuadro IV-4

Producción horaria ajustada = Producción horaria aproximada x 3 x 4 x 5 x 6 *

* Ver cuadros IV-4, 5, 6 y 7 Factores de ajuste.

Producción	Horaria			Aproximada			
	0.76	1.0	1.4	1.9	2.3	2.65	3
Capacidad cucharón m ³	1	1.25	1.875	2.5	3	3.5	4
Capacidad cucharón yd ³							
Marga húmeda o arcilla arenosa	76 100	100 130	145 190	195 255	245 320	295 385	340 445
Arena y grava	72 95	90 120	138 180	180 240	230 300	280 365	325 425
Tierra común	65 85	82 110	125 165	170 220	210 275	250 330	295 385
Arcilla dura, densa	57 75	76 100	110 145	150 195	188 245	225 295	265 345
Roca de voladura bien fragmentada	53 70	68 90	105 140	140 188	180 235	215 280	- -
excavación común, con rocas	50 65	65 85	100 130	130 175	168 220	200 265	- -
Arcilla mojada, pegajosa	45 60	60 80	95 125	125 165	160 210	195 255	- -
Roca voladura, mal fragmentada	- -	- -	80 105	105 140	138 180	165 215	- -

Cuadro IV-4 Tabla para obtener rendimiento de acuerdo al material y capacidad del cucharón.

Factor de eficiencia de trabajo			
Eficiencia	Minutos trabajados xh.	eficiencia % de 60 min.	Factor
Excelente	55	92 %	1.10
Promedio	50	83	1.00
Abajo del promedio	45	75	0.90
desfavorable	40	67	0.807

Cuadro IV-5 Factor de ajuste

Factor de profundidad de corte				
Prof. máxima		Prof. promedio		factor
pies	metros	pies	metros	
5	1.5	2.5	0.75	0.97
10	3.0	5.0	1.50	1.15
15	4.5	7.5	2.2	1.00
20	6.0	10.0	3.0	0.95
25	7.6	12.5	3.8	0.85
30	9.1	15.0	4.5	0.75

Cuadro IV-6 Factor de ajuste.

Factor por ángulo de giro		cargabilidad del material	
giro en grados	Factor	carga del cucharón	factor
45	1.05	carga fácil	0.90-100
60	1.00	carga media	0.80-0.90
75	0.93	carga difícil	0.65-0.80
120	0.76	carga muy dif.	0.40-0.65
180	0.61		

Cuadro IV-5 Factor ajuste

Cuadro IV-7 Factor ajuste

Para ilustrar lo antes expuesto es conveniente hacerlo mediante la solución de un ejemplo práctico, que consiste en obtener el rendimiento de una retroexcavadora por medio de los tres métodos y comparar los resultados.

Las características son las siguientes:

Retroexcavadora "caterpillar" modelo 235

Capacidad del cucharón 1.43 m^3 ($1 \frac{7}{8} \text{ yd}^3$)

Condiciones de trabajo: El trabajo se realizó en la carretera San Luis Potosí - Matehuala

Profundidad medio de excavación 1.5 m.

Ángulo de giro 60°

Material de excavación grava-arena

El material es cargado en camiones:

a).- Primer método. Observación directa.

El rendimiento que se obtuvo fue $208 \text{ m}^3/\text{hr}$.

b).- Segundo método. Reglas y fórmulas.

Con los datos que tenemos y viendo la carta de estimación de tiempos de ciclo tenemos que, se puede tomar un ciclo de 20 seg.

La capacidad útil del cucharón es de:

1.43 m^3 ya que se trata de arena-grava

$$\text{Número de ciclos/hora} = \frac{3600 \text{ seg/hr.}}{20 \text{ seg./ciclos}} = 180 \text{ ciclos/hora}$$

$$\text{Producción} = 180 \text{ ciclos/hora} \times 1.43 \text{ m}^3/\text{ciclos} = 257.4 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Este último resultado hay que afectarlo por un factor de eficiencia de trabajo, supongamos que se teabajan 50 min. c/hr. o sea 83% producción corregida = $257.4 \text{ m}^3/\text{hr.} \times 83\% = 213.6 \text{ m}^3/\text{hr.}$

IV-3.- Tercer metodo. Tablas proporcionadas por el fabricante - usando la tabla del fabricante presentada anteriormente - te, entrando con la capacidad del cucharón y el tipo del material vemos que:

Producción horaria = 180 m^3

Ajustando la producción por medio de los 4 factores tenemos:

Eficiencia de trabajo	Factor = 1.00
Profundidad de corte	" 1.15
Angulo de giro	" 1.00
Cargabilidad del material	" 1.00

Producción horaria ajustada = $180 \text{ m}^3 \times 1.00 \times 1.15 \times 1.00 = 207 \text{ m}^3 / \text{hr.}$

Si vemos los 3 rendimientos

Metodo	Rendimiento $\text{m}^3 / \text{hr.}$
Observación directa	208
Reglas y fórmulas	213.6
Tablas del fabricante	207

Se puede observar que son sumamente parecidos por lo que podemos concluir que estimar el rendimiento de una retroexcavadora por medio de reglas y formulas o de acuerdo a las tablas del fabricante nos da una buena idea del rendimiento real que se obtendrá en campo.

Aplicación de las retroexcavadoras.

Los trabajos que puede desempeñar esta máquina son:

- 1.- Excavación de zanjas
- 2.- Excavación y afinamiento de canales
- 3.- Excavaciones bajo el agua de dragados
- 4.- Colocación de tubos
- 5.- Carga a camiones u otro equipo de acarreo
- 6.- Alimentación de equipos de trituración y cribado
- 7.- Desmontes y demoliciones.

VI).- Cargadores.

Los cargadores son equipo de excavación, carga y acarreo y - por esta causa es más conveniente en algunos casos que la pala mecánica, pues en ésta es necesario el uso de camiones para acarreo del material aunque sea a distancias cortas.

Por conveniencia podemos clasificar a los cargadores desde 2 puntos de vista: En cuanto a su forma de descarga y en cuanto a su tipo de rodamiento.

1.- Por la forma de efectuar la descarga se clasifican en:

- Descarga frontal
- Descarga lateral
- Descarga trasera

Descarga frontal: Los cargadores con descarga frontal son los más usuales de todos. Estos voltean el cucharón o bote hacia la parte delantera del tractor. Ver fig. IV-7 y IV-8

Su acción es a base de desplazamientos cortos y se usa para excavaciones en sótanos, a cielo abierto, para manipulación de materiales suaves o fracturados, en los bancos de arena, grava, arcilla etc., también se usa con frecuencia en rellenos de zanjas y en alimentación de agregados a plantas dosificadas o trituradoras.

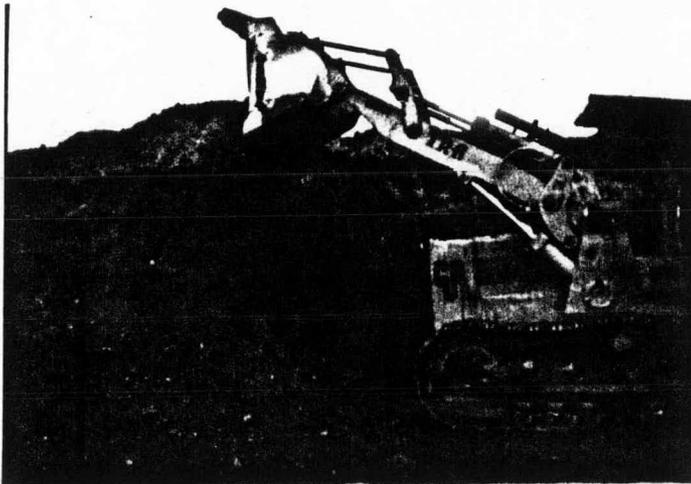


Fig. IV-7 Descarga frontal cargador de orugas

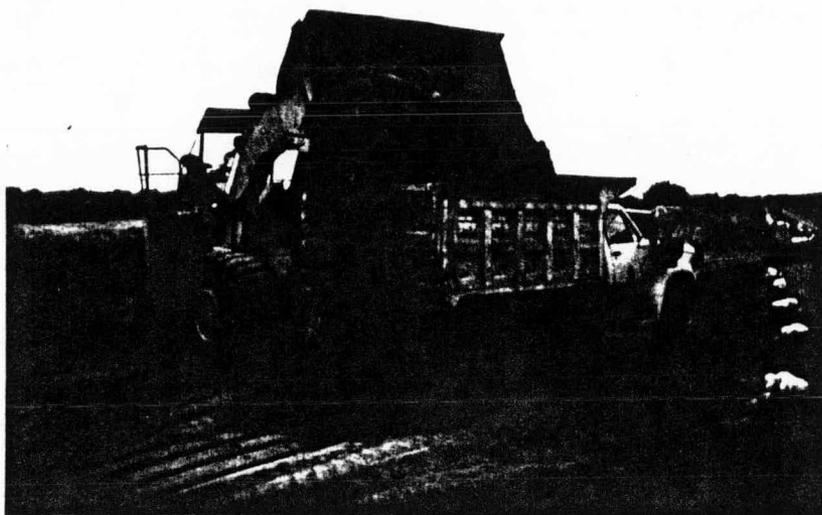


Fig. IV-8 Descarga frontal sobre neumáticos.

Descarga lateral. Tiene un gato adicional que acciona al bote volteándolo hacia uno de los costados del cargador. Esto tiene como ventaja que el cargador no necesita hacer tantos movimientos, para colocarse en posición de cargar el camión o vehículo que se desee, sino basta que se coloque al vehículo paralelo. Desde luego este tipo es más caro que el de descarga frontal, y solo se justifica su uso en condiciones especiales de trabajo, por ejemplo, en sitios donde no hay muchos espacios para maniobras, como en rezaga de túneles de gran sección, o en cortes largos de caminos, ferrocarriles o canales.

Descarga trasera. Se diseñaron con la intención de evitar maniobras del cargador. En éstos el cucharón ya cargado pasa sobre la cabeza del operador y descarga hacia atrás directamente al camión o a las bandas transportadoras o a tolvas, etc.

Estos equipos resultan sumamente peligrosos y causan muchos accidentes, porque los brazos del equipo y bote cargado pasan muy cerca del operador.

En realidad han sido desechados para excavaciones a cielo abierto y sólo se usan en la rezaga de túneles, cuya sección no es suficientemente amplia, para usar otro tipo de cargadores.

2).- Clasificación por la forma de rodamiento:

- a).- de llantas.
- b).- de orugas

a).- Cargadores frontales montados sobre neumáticos.

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, son equipos de excavación y acarreo tienen un cucharón o bote para estos fines y que se adaptan en la parte delantera de los tractores. Ver fig. IV-9.



Fig. IV-9 Elementos principales para, excavación, carga y descarga.

Mediante la selección del convertidor de par, bombas, motores adecuados, ejes de transmisión, diferencial y reducciones planetarias perfectamente conjuntados para suministrar la máxima potencia utilizable con pérdidas por rozamiento mínimos, se pueden realizar las siguientes funciones.

- 1.- Transmitir fuerza suficiente a las ruedas para proporcionar una acción de empuje adecuado al peso de la máquina.
- 2.- Suministrar fuerza al sistema hidráulico que excavará, levantará y volcará las cargas adecuadas por anticipado.

Estas máquinas por tanto no son simples tractores equipados con componentes adecuados para la excavación y carga, sino que son máquinas básicamente proyectadas para excavar, elevar y cargar cada uno de ellas formada por componentes estructurales, motrices y mecánicos, plenamente integrados y concebidos para trabajar conjuntamente.

Neumáticos.

Si los motores y trenes de transmisión han experimentado cambios lo suficientemente amplios para hacer posible la consecuencia del moderno cargador, para trabajos intensivos, los neumáticos también han evolucionado. Los de base estrecha inflados a alta presión han sido sustituidos por neumáticos de amplia base, alto índice de tracción, gran flotación y larga vida en servicio.

Quizás el resultado más significativo de las investigaciones sobre neumáticos, llevados a cabo por fabricantes, es el desarrollo de neumáticos de gran base, sin cámara, especiales para el movimiento de tierra y para actuar sobre roca. Las presiones de inflado más bajas y las bases más amplias, han impulsado a una reconsideración de los conceptos de resistencia a la rodadura.

Existe una gran variedad de tamaños de neumáticos, número de lonas y diseño de cubiertas para su utilización en los cargadores - por lo que por considerarlo interesante anexamos la tabla que a continuación se muestra:

Dimensión neumático	Numero de lonas	Tipo de neumático
23.5 x 25	20	L-3
	24	L-2
26.5 x 25	14	L-3
	16	L-3
29.5 x 25	22	L-4
29.5 x 29	22	L-3
	28	L-4
33.25x35	20	L-3
	25	L-3

L-2 Tipo de tracción

L-3 Para roca

L-4 Para roca (huella profunda)

A los neumáticos se les designa, generalmente por tres números visibles en la cara lateral por ejemplo 23.5 x 25-20 indican: El primero la anchura nominal exterior en pulgadas, el segundo, el diámetro de la llanta en pulgadas y el tercero el número de lonas.

Protección de Neumáticos.

Para aumentar la duración de las costosas llantas, se debe recomendar a los operadores que no acomoden las cargas mediante arrancones y frenajes bruscos, ya que se traduce en severos impactos y frecuentemente causan la rotura del tejido de las lonas de los neumáticos.

La presión de aire apropiado, es base para la duración y el buen funcionamiento de estos equipos.

Cuando la superficie de rodamiento está compuesta de materiales abrasivos y fragmentos de roca que pueden dañar a los neumáticos, es práctico recomendable proteger a éstos, por medio de accesorios que constan de zapatas y eslabones de acero.

Para resolver el problema de las cortaduras y daños por ca - lentamiento de los neumáticos, en los cargadores de gran producción se usa una llanta sin ceja, que consiste en un cinturón de montaje reemplazable que está compuesta de zapatas de acero, la ventaja que se obtiene al utilizar estas llantas son; Su más larga duración y su más bajo costo de operación, para los usuarios.

Cucharones:

Toca ahora hablar de los elementos básicos de carga, es decir, de los cucharones, para ello, mencionaremos los diferentes tipos existentes en el mercado, concretándonos a continuación, a hacer una breve descripción de los mismos:

- 1.- Bote ligero
- 2.- Bote reforzado
- 3.- Bote super reforzado con dientes
- 4.- Bote para demolición.
- 5.- Bote eyector de roca
- 6.- Bote de rejilla

1.- Bote Ligero.

Los equipos que únicamente van a cargar materiales sueltos y poco abrasivos tienen un bote ligero y en la parte externa del labio inferior están reforzados por una cuchilla que es la que prime ro entra en el material que se va a mover. Ver fig. IV-10

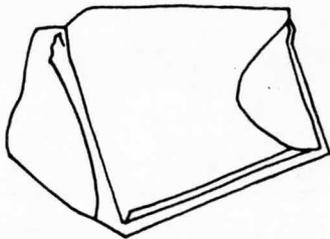


Fig. IV-10 Bote ligero

2).- Bote reforzado

Cuando se necesita excavar además de cargar entonces el bote es un poco más fuerte que el anterior y viene equipado con una serie de puntas o dientes repartidos en el mismo sitio en que el anterior lleva cuchilla. Los dientes tienen por objeto facilitar la penetración del cucharón dentro del material. Ver fig. IV-11

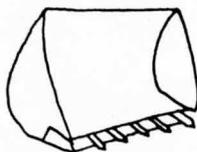


Fig. IV-11 Bote reforzado

Estos dientes están cubiertos por un castillo de acero especial, resistente a la abrasión cuando sufren desgaste considerable se cambian por nuevos con el objeto de proteger a los dientes y al bote mismo.

3).- Bote super reforzado con dientes.

Cuando el material que se va a cargar es roca fragmentada o lajar entonces se debe usar un bote especial, super reforzado que es igual al bote de excavaciones pero más fuerte. Fig. IV-12. Algunos botes para roca tienen su borde inferior en forma de 'v' y no llevan dientes sino cuchillas. Ver Fig. IV-13

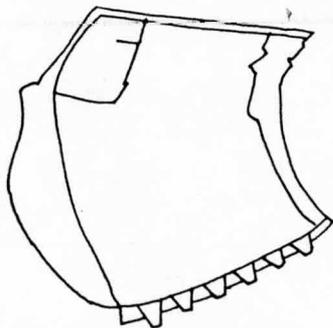


Fig. IV-12 Bote Super reforzado

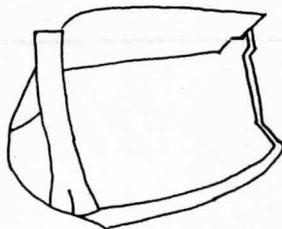


Fig. IV-13 Bote con Borde inferior en "V"

4).- Bote para demolición.

47

Este tipo sirve para cargar desechos y escombros de forma irregular, para esto cuenta con una mandíbula con fuerza hidráulica cuyos bordes dentados, fig. IV-14; Las planchas laterales son desmontables para mejor agarre de materiales grandes.

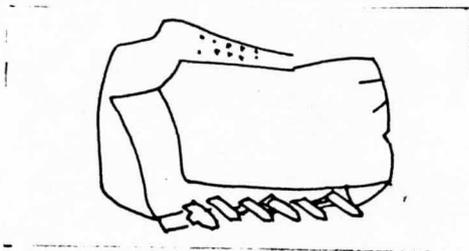


Fig. IV-14 Bote para demolición.

5).- Bote eyector de roca.

El eyector es utilizado para descargar el material que se encuentra en el bote, ya que ésta avanza hasta el extremo delantero; Por esta causa es posible regular la eyección del material a fin de situar bien la carga y minimizar los choques en la caja del camión, la cuchilla en "v" truncada facilita la penetración y la carga, ver Fig. IV-15.

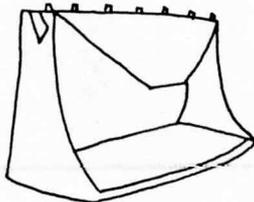


Fig. IV-15 Bote Eyector de Roca.

6).- Bote de rejilla.

Se utiliza para el manejo de roca suelta. Las aberturas del fondo permiten que el material indesable caiga a través de esta. - ver fig. IV-16



Fig. IV-16 Bote de rejilla.

Capacidad.

La resistencia mecánica de toda la máquina y en particular de los componentes de los brazos y la cubhara, ha de ser suficiente para soportar las tremendas fuerzas que se desarrollan durante esta parte del ciclo de trabajo del cargador.

La capacidad de los botes los cuales varían con la potencia del tractor, el uso al que se destine y también debe relacionarse al tamaño de las unidades de transporte. Por lo que si se desea adaptar uno de estos equipos a un tractor, es conveniente consultar los catálogos correspondientes, porque cada equipo ha sido diseñado para un tractor determinado, y lo anterior por lo general no será posible.

Las capacidades más usuales de los botes de $1/2$ a 5 yd^3 - aunque actualmente hay fábricas que estén haciendo equipos más grandes, que pueden dar magníficos resultados en determinados trabajos.

b).- Cargadores frontales montados sobre orugas.

Al conjunto formado por el tractor de orugas y el equipo se le llama cargador frontal, tractor pala y más comunmente traxca vo. ver fig. IV-7.



Fig. IV-17 Cargador frontal montado sobre orugas (traxcavo)

Orugas.

El sistema de tránsito de estos cargadores consta de cadenas formada por pernos y eslabones, a las cuales se atornillan las zapatas de apoyo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos, conocidos comúnmente como rolies. En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engranaje propulsor que transmite la fuerza tractiva. Fig. IV-18

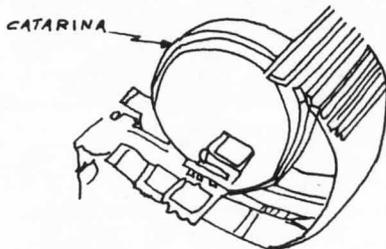


Fig. IV-18 Sistema de tránsito

Un adecuado ancho y largo de sus orugas es necesario para la estabilidad contra el volcamiento lateral cuando acarrear cargas pesadas. Estos tipos de cargadores tienen una conexión rígida entre el bastidor de las orugas y el bastidor principal, pues de esta manera se mejora la estabilidad. Fig. IV-19

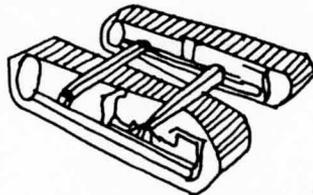


Fig. IV-19 Conexión rígida entre bastidores.

El tipo de zapatas de las orugas utilizadas, tienen una influencia considerable en la técnica de excavación.

En ocasiones se utiliza la zapata lisa para no deteriorar la superficie de trabajo, pero ésta tiene el inconveniente de que patinan bastante sobre muchos suelos e impiden que toda la potencia de la máquina se aplique al trabajo.

Cuando por condiciones de trabajo se necesita que el cargador gire muy frecuentemente, se usan zapatas con garra pequeña de 1/2" a 3/4" aproximadamente. Este tipo de zapata proporciona mejor tracción que las lisas pero aún patinarán con facilidad en condiciones resbalosas.

Las zapatas lisas o de semigarra no son para trabajar en terrenos lodosos, ya que se hacen tan resbalosos que proporcionan poca tracción y no sujetan tablones y otros objetos colocados debajo de ellas para ayudar a salir de los agujeros. También permiten que la máquina se deslice cuesta abajo cuando trabaja sobre un talud lateral.

La garra grande da muy buena tracción pero presenta dificultad en el pivoteo o giro. También hacen a la máquina muy susceptible a dar tirones y somete a ésta y al cucharón a impactos y sobre cargas que pueden acortar la vida del cucharón.

Ventajas y desventajas de los dos tipos de cargadores.

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, se pueden utilizar con ventaja en los siguientes casos:

- a).- Cuando sea importante el acarreo del material en tramos cortos.

- b).- Cuando los puntos de trabajo están diseminados
- c).- Cuando los materiales están sueltos y pueden atacarse fácilmente con el cucharón.
- d).- Donde el uso de orugas sea perjudicial al terreno o por no ajustarse a las restricciones del tipo legal.
- e).- Cuando los materiales abrasivos provoquen desgastes excesivos en las orugas, siempre que los neumáticos resistan las condiciones de trabajo.
- f).- Donde el terreno es duro y seco.
- g).- El radio de giro es mucho mayor que el de orugas, de manera que se requiere más espacio para maniobrar.
- h).- La presión sobre el suelo es aún mucho mayor que los de orugas, pero el efecto de compactación de las llantas y las vueltas más graduales le hacen posible trabajar fácilmente en suelos arenosos que se partirán bajo las orugas, causando un excesivo desgaste a éstas.
- i).- En superficies resbalosas, pueden ocasionar la pérdida, tanto de la tracción como de la precisión de la dirección.

Una de las características de estos tipos de cargadores, es que da una mayor facilidad de desplazamiento y por ésto, se obtiene mayor rendimiento a distancias considerables de acarreo, en comparación con los de orugas.

Los cargadores frontales montados sobre orugas se pueden utilizar con ventajas en los siguientes casos:

- a).- En terrenos flojos donde el área de apoyo de las orugas aseguran un movimiento adecuado y una estabilidad correcta.
- b).- cuando las condiciones del terreno o las pendientes exijan buena tracción y amplia superficie de apoyo.
- c).- Donde no hay necesidad de hacer movimientos frecuentes y rápidos.
- d).- Cuando los materiales son duros y no pueden excavar fácilmente.
- e).- En donde los fragmentos de roca pueden dañar los neumáticos.
- f).- En trábjos que requieren volúmenes pequeños.

Por su sideño los cargadores sobre orugas, pueden salvar las irregularidades del terreno y su característica principal es su buena tracción, su baja velocidad y su limitación a distancias cortas de acarreo.

Tipos de Cargadores.

En el mercado se encuentran varios proveedores que distribuyen cargadores tanto de carriles como de neumáticos, de distintos-

tipos y tamaños, que pueden tener características especiales que lo hacen más o menos populares entre el gremio de los constructores pero quizá los factores que más influyan para adquirir una determinada marca, sea la oportunidad, la existencia, la facilidad de pago, precio, posible valor de recate, pero muy especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca la casa vendedora

A continuación se muestran tablas de modelos de cargadores frontales existentes en el mercado.

Rendimiento.

En el movimiento de tierras lo que más nos interesa es minimizar los costos de producción, es decir obtener el costo más bajo posible por unidad de material movido.

Se entenderá por rendimiento al volumen de material movido durante la unidad de tiempo, este depende de numerosos factores como son:

- a).- Capacidad del cucharón y su posibilidad de llenado
- b).- Tipo de material
- c).- Altura del terreno a excavar y la altura de descarga
- d).- La rotación necesaria entre la posición de excavación y descarga
- e).- La habilidad de conductor
- f).- La rapidez de evacuación de los materiales
- g).- Características de la organización de la empresa.
- h).- Capacidad del vehículo o recipiente que se cargue

El rendimiento aproximado de una cargador se puede valorar de las siguientes formas:

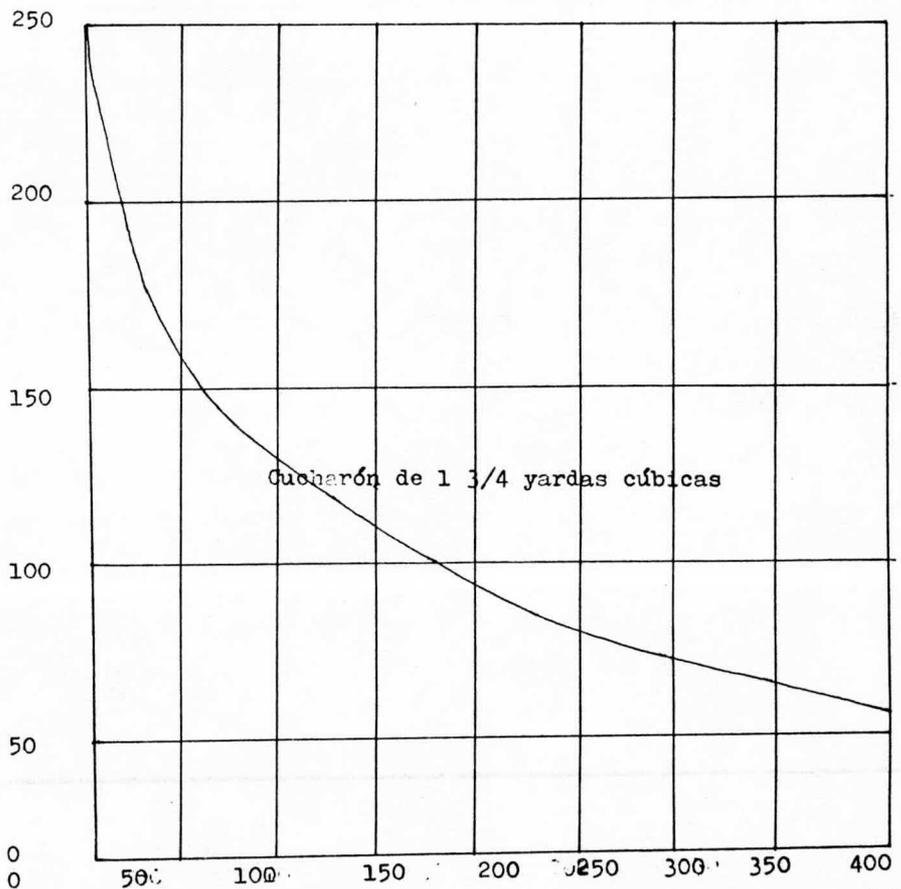
- a).- Por observación directa
- b).- Por medio de reglas y fórmulas
- c).- Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante

Con respecto a los metodos por observación directa y por medio de tablas proporcionadas por el fabricante, se podrá consultar en retroexcavadora ya que es lo mismo lo unico que se integrará aquí son gráficas de producción de un cargador michigan, ver gráficas IV- 1, 2, y 3.

Producción en yardas cúbicas por hora
cargador modelo 75 A serie II

GRAFICA IV-1

GRAFICA IV-1



Distancias del ciclo (distancias en pies en una sola dirección)

Supuestos de producción

Carga de monton-Terreno firme y llano

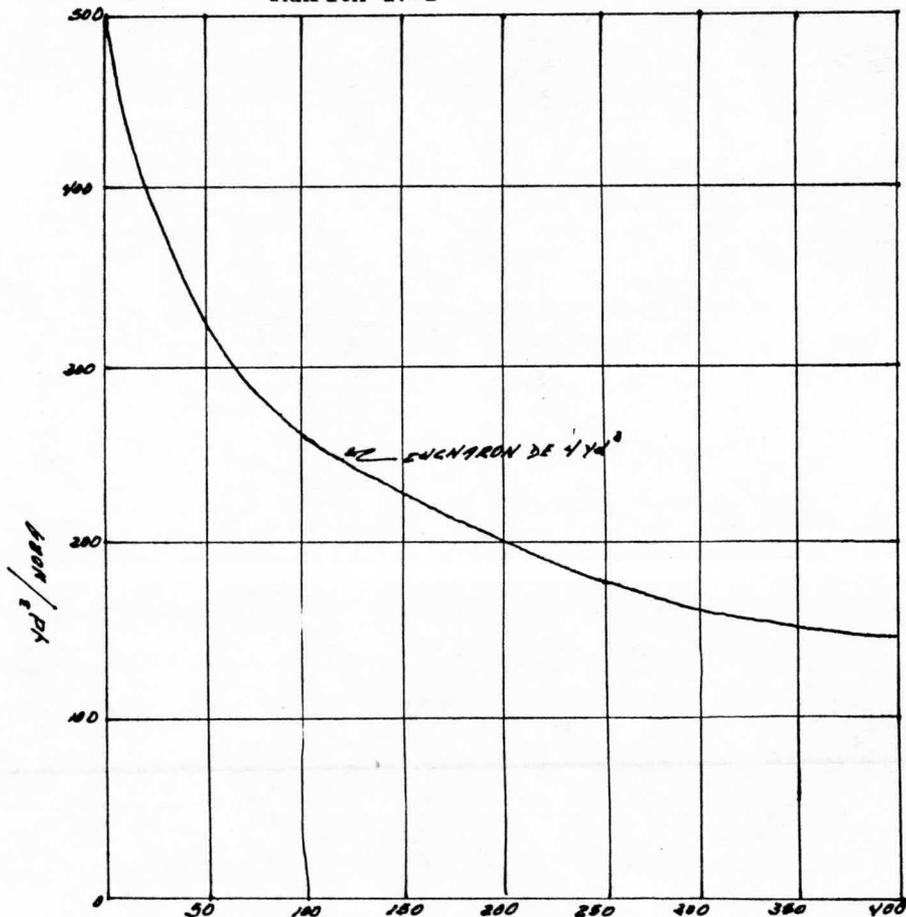
Hora de trabajo 60 minutos

Peso del material - 2800 lbs por yarda cúbica

para pendientes adversas de más del 5% reduzcase la producción en un 2% por cada 1% adicional.

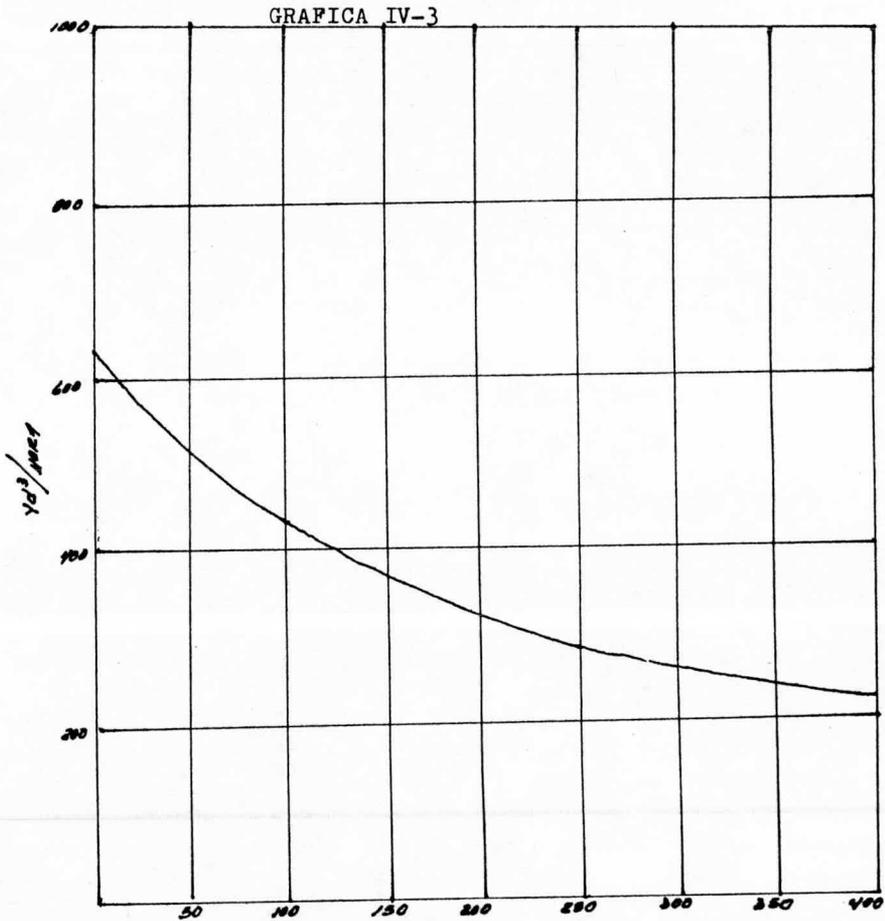
PRODUCCION EN Yd3 POR HORA CARGADOR MODELO 175A
SERIE II

GRAFICA IV-2



Distancia del ciclo (distancia en pies en una sola dirección)
Supuesto de producción
Carga de monton- terreno firme y llano
Horas de trabajo- 60 minutos
Peso del material- 2800lbs./ yd 3
Para pendientes adversas de más del 5% reduzcase la producción
en un 2% por cada uno adicional.

PRODUCCION EN yd³/hr. CARGADOR MODELO 275A SERIE II



Distancia en ciclos (Distancia en pies en una sola dirección)

Supuesto de producción

Carga de monton- terreno firme y llano

Horas de trabajo- 60 min.

Peso del material- 2800 lbs./ yd³

Para pendientes adversas de más de 5% reduce la producción en un 2% por cada 1% adicional

b).- Cálculo de rendimiento de un cargador por medio de reglas y fórmulas.

El rendimiento aproximado de un cargador por medio de este método puede estimarse del modo siguiente:

Se calcula la cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo y está se multiplica por el número de ciclos por hora. De esta forma se obtiene el rendimiento horario.

$$m^3/\text{hora} = m^3/\text{ciclo} \times \text{ciclos}/\text{hora}$$

La cantidad de material que mueve el cucharón de cada ciclo es la capacidad 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 llenado o de carga debe tomarse muy en cuenta pues el cucharón no se puede llenar al - ras más que en los terrenos ligeros en condiciones óptimas. En terrenos pesados especialmente arcilla, el cucharón sólo se llena parcialmente mientras que en materiales rocosos el llenado es aún más imperfecto.

$$m^3/\text{ciclo} = \text{capacidad nominal del cucharón} \times \text{factor de carga}$$

Material suelto	Factor de carga
Agregados húmedos mezclados	95-100 %
Agregados uniformes hasta 1/8"	95-100 %
Agregados de 1/8"-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 %

Para determinar el número de ciclos/hora en la operación de un cargador, se debe determinar la eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo de una hora y éste dividido entre el tiempo en minutos de ciclo total.

$$\text{ciclos}/\text{hora} = \frac{\text{Minutos efectivos por hora}}{\text{Tiempo total de un ciclo (minutos)}}$$

La eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora, depende de las condiciones del sitio de trabajo y las características de la organización de la empresa. Se puede estimar de la siguiente forma.

Condiciones del sitio del trabajo	Características de la organización							
	Excelente		Buenas		Regular		Malas	
	%	Min./hr.	%	Min./hr.	%	Min./hr.	%	Min./hr.
Excelente	84	50.4	81	48.6	76	45.6	70	42.0
Buenas	78	46.8	75	45.0	71	42.6	65	39.0
regular	72	43.2	69	41.4	65	39.0	60	36.0
malas	63	37.8	61	36.6	57	34.2	52	31.2

El tiempo total de un ciclo está compuesto por el tiempo de ciclo básico más el tiempo del ciclo de acarreo.

El tiempo del ciclo básico incluye, el tiempo de carga, descarga cambios de velocidad, el ciclo completo del cucharón y el recorrido mínimo. El ciclo básico lo podemos tomar teórica de estadísticas de varias obras o de recomendaciones de fabricantes. Estos nos dicen que el tiempo del ciclo básico es del orden de 20 a 25 seg. y que se ve afectado por diversos factores que se han estimado aproximadamente como sigue:

Material	segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo 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 el banco o fragmentado	+2.4 y más

Monton	
Apilado con transportador o tractor a 3 mts. o más	0.0
Apilado con transportador o tractor menos de 3 mts.	+ 0.6
descarga de un camión	+ 1.2

Diversos	Segundos que deben añadirse(+) o restarse(-) del tiempo del ciclo básico.
posiciones en común de camiones t cargadores	-2.4
operación continua	-2.4
operación interminente	+2.4
tolvas o camiones pequeños	+2.4
tolvas o camiones en debles	+3.0

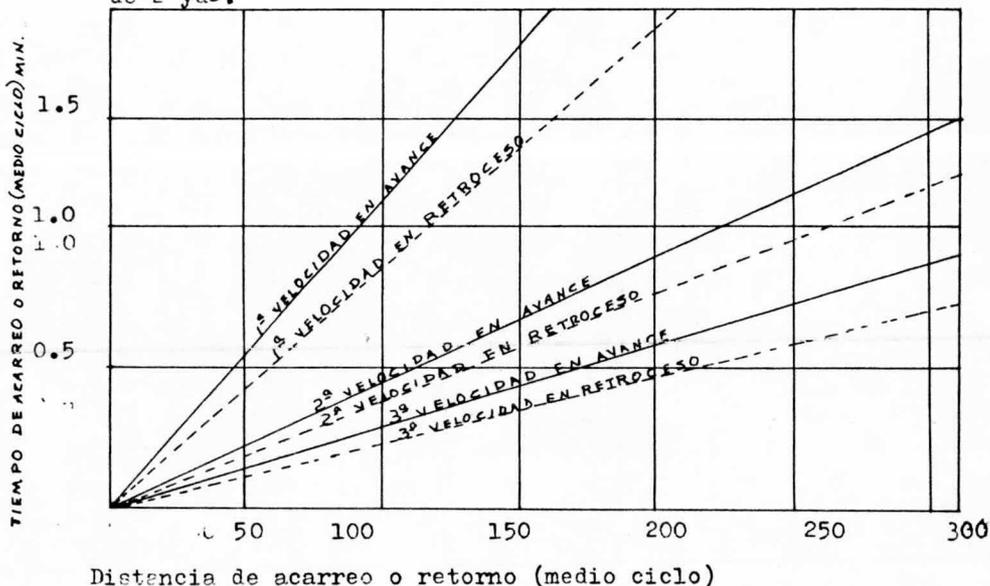
El ciclo de acarreo, es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material del sitio de carga, al lugar de descarga y regresar vacío al lugar del abastecimiento.

El tiempo de este ciclo de acarreo, si se desconoce, puede tomarse de gráficas hechas por los fabricantes.

A continuación se presentan varias gráficas del tiempo estimado de acarreo o retorno por diversos cargadores las cuales se han preparado en las siguientes condiciones. Ver gráfica IV-4, 5, 6, 7 y 8

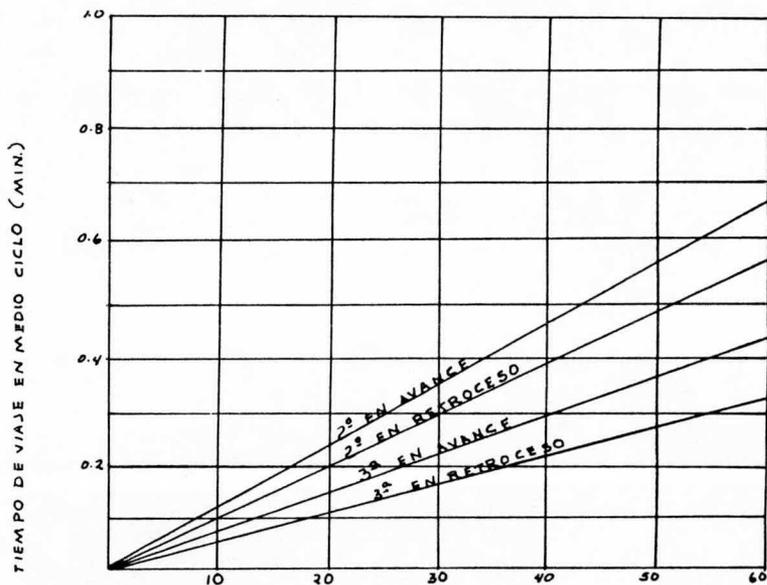
- Sin pendiente
- Las velocidades practicamente son las mismas con carga o sin ella.
- Se considera el tiempo de aceleración en el tiempo de maniobras
- La posición del cucharón es constante en el recorrido.
- No se incluye el recorrido efectuado en el tiempo de maniobras.

Tiempo estimado de acarreo o retorno para cargador de ruedas de 2 yd³.



GRAFICA IV-4

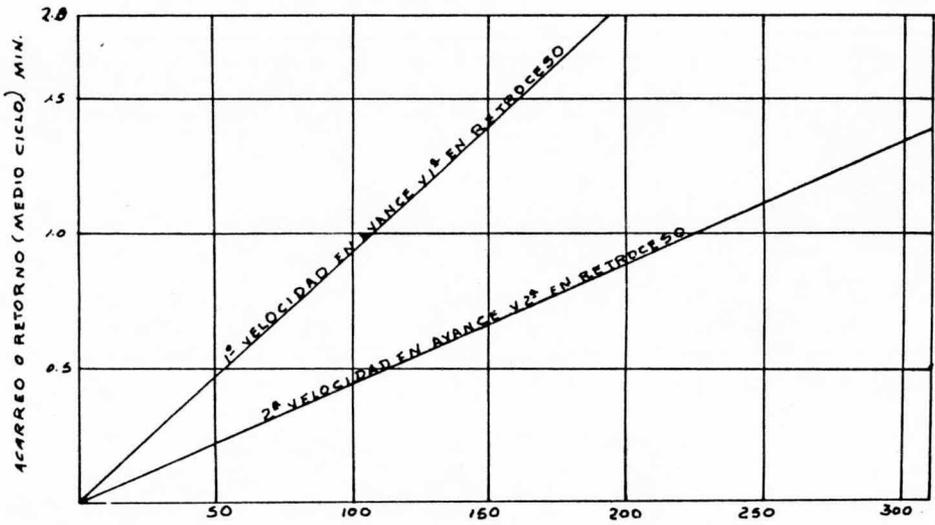
TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR
DE CARRILES DE 25d³



DISTANCIA DE VIAJES EN MEDIO CICLO

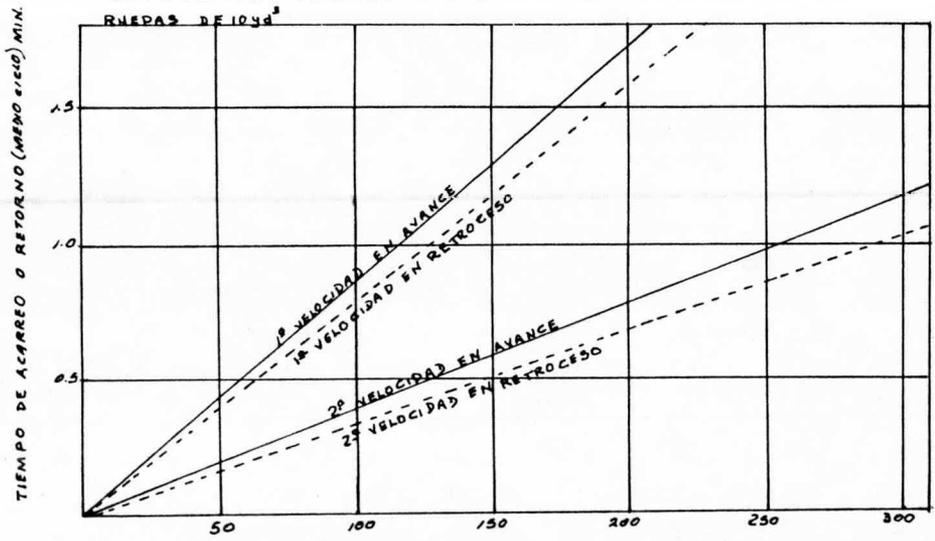
GRAFICA IV-5

TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 64d³



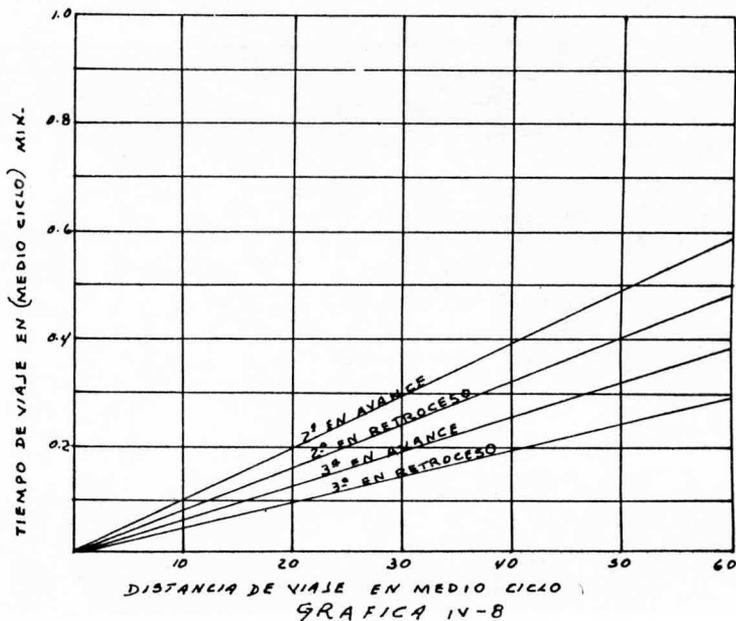
ACARREO O RETORNO (MEDIO CICLO)
GRAFICA IV-6

TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 104d³



DISTANCIA DE ACARREO O RETORNO (MEDIO CICLO)
GRAFICA IV-7

TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR
DE CARRILES DE 5 yd³



Problema:

a) datos.

Calculemos la producción de un cargador de ruedas equipado con cucharón de $3 \frac{1}{2} \text{ yd}^3$ (2.67 m^3) cargando camiones de 10 m^3 de capacidad.

Material: Grava triturada $1 \frac{1}{2}$ " Tam. max.

almacenada en pilas de 6 mts. de altura en operación continua, con horas de 50 min. efectivos.

Solución:

Paso 1

Capacidad del cucharón 2.67 m^3

Factor de carga 0.85

Volumén por ciclo = $2.67 \text{ m}^3 \times 0.85 = 2.27 \text{ m}^3$.

Paso 2

Cálculo del tiempo del ciclo

ciclo básico	25.0 seg.
correcciones	
- por el material	0.0 seg.
- por el monton	0.0 seg.
- posesión en común de cargador y camiones	-2.4 seg.
- operación continua	-2.4 seg.
	<u>20.2 seg.</u>

$$\frac{20.2 \text{ seg.}}{60.0 \text{ seg.}} = 0.34 \text{ min.}$$

Paso 3

$$\text{Ciclos-hora} = \frac{50 \text{ min/hora}}{0.34 \text{ min/ciclo}} = 147 \text{ ciclos/hora}$$

Paso 4

$$\text{Producción } 2.27 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 147 \text{ ciclos/hora} = 333.7 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

V.- Equipos de transporte.

En toda obra de construcción el equipo de transportación es de gran importancia, ya sea porque hay que acarrear material por ejemplo de un banco de materiales hasta el sitio de la obra o en el caso contrario que sería el de estar acarreando material del sitio de la obra que se estuviese realizando hasta algún tiradero.

Se podrá definir como equipo de acarreo, la máquina o combinación de máquinas que se utilicen para transportar un material, valiéndose de un sistema de carga adecuado y de un dispositivo de descarga.

En principio se distinguen dos clases de material de acarreo, como son los materiales sólidos tales como tierras, arenas, rocas, etc. y los líquidos como agua, lubricantes, etc..

Por su sistema de rodamiento el transporte puede hacerse sobre orugas, sobre neumáticos o sobre rieles, otras formas pueden ser las bandas transportadoras, transportes acuáticos y canastillas sobre cables aéreos.

Los equipos de transporte los podemos clasificar en nuestro caso de la siguiente manera: Dada su importancia en las obras de ingeniería, además del equipo ya mencionado el "cargador frontal" - el cual se considerará de carga y transporte dentro de cierto límite.

V_a1.- Camiones ligeros

V_a2.- Camiones tipo pesado

V_a3.- Motoescrepas

V_a1.- Camiones ligeros.

Los camiones ligeros o también considerados como camiones del tipo carretero, sus características más comunes son:

- Transportes ligeros
- Se equipan con llantas de hule de alta presión
- Tienen dispositivos de amortiguamiento
- Motor de gasolina o diesel
- Tienen poca capacidad de carga
- Desarrollan altas velocidades

A estos equipos de transporte se les puede dividir de la siguiente forma.



Camiones de redilas:

Son unidades muy comunes que desarrollan velocidades hasta 100 km/hr. se les puede aumentar su capacidad añadiéndoles unos tablonnes sobre las redilas, cuidando no sobrepasar el tonelaje permitido por los fabricantes, además se puede adoptar a ellos. Todo el sistema de mantenimiento del equipo de construcción como se muestra en la fig. IV-1



fig. V-1 Camión redilas utilizado como equipo de mantenimiento conocido como (orquesta).

Camiones volteo.

Tienen una caja que se puede levantar de manera que le permite efectuar descargas por detrás, esta caja generalmente está fabricada de material liviano, la capacidad de esta caja es variable (2^a a 5 ton). Ver fig. V-2 y V-3.



Fig. V-2 Camión volteo cargado de material para terracerías.

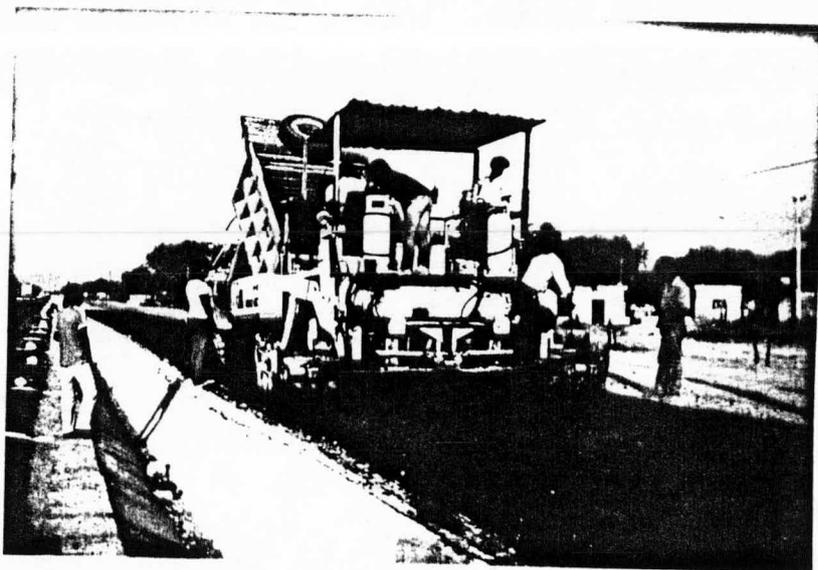


Fig. V-3 Camión volteo vaciando mezcla asfáltica
En extendedora de asfalto (carpeta).

Trailers.

Los trailers además de las características señaladas para los camiones estos tienen caja metálica cerrada de dimensiones variable

Pipas.

Son unidades que tienen un tanque el cual está sobre el chasis del propio camión.

Se pueden clasificar en cuanto a su uso:

- 1) Pipas para acarreo de productos asfálticos.
- 2) Pipas para el acarreo de agua.
- 3) Pipas para el riego de productos asfálticos (petrolizadora)

1) Pipas para el acarreo de productos asfálticos. Son unidades con tanques de grandes dimensiones su capacidad es de 40,000 a 45,000 lts. pueden acarrear desde asfáltos rebajados cementos asfálticos y emulsiones.

Estas pipas cuentan con quemadores de gas y son utilizados para calentar el producto asfáltico a la hora de descargarlo, para así facilitar y realizar en un menor tiempo dicha descarga. Ver - fig. V-4

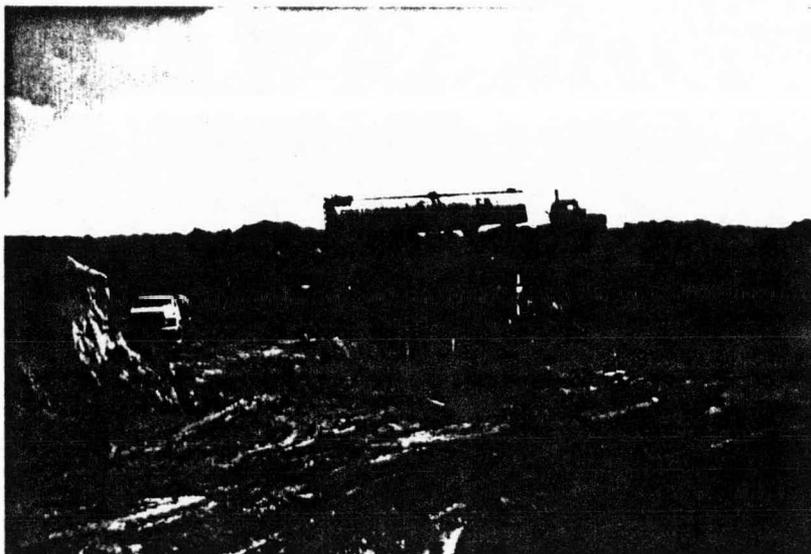


Fig. V-4 Pipa descargando asfalto rebajado en depositos de almacenamiento previamente calentado.

2.- Pipas para acarreo de agua. Son unidades con tanque de menor dimensión que las anteriores ya que su capacidad es de 4,000 a 10,000 lts.

Estas pipas estan constituidas por una bomba autocebante que puede ser de 2" hasta 4" de diametro y nos sirve para cargar y descargar el agua de los depositos y en las terracerías, pavimentación así como banco de materiales respectivamente, tambien llevan una barra de riego en la parte inferior trasera de 3" hasta 4" de diámetro, esta es de gran utilidad. Ya que el riego se hace por gravedad así como un riego más uniforme. Ver fig. V-5 y V-6



Fig. V-5 Piga realizando riego por medio de bomba en capa de pavimentación.

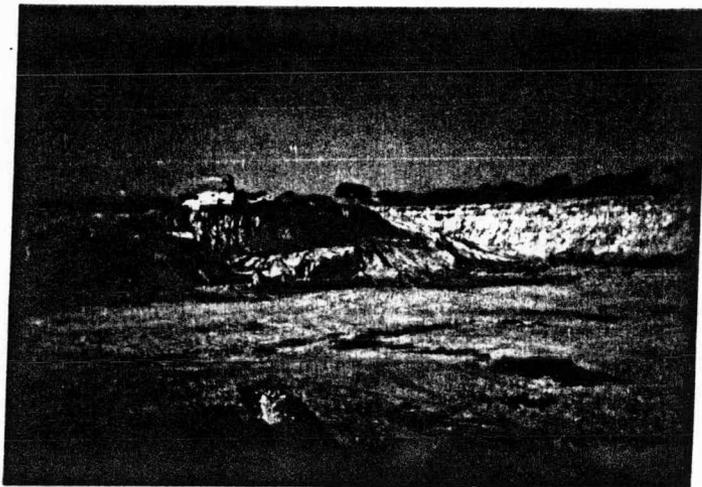
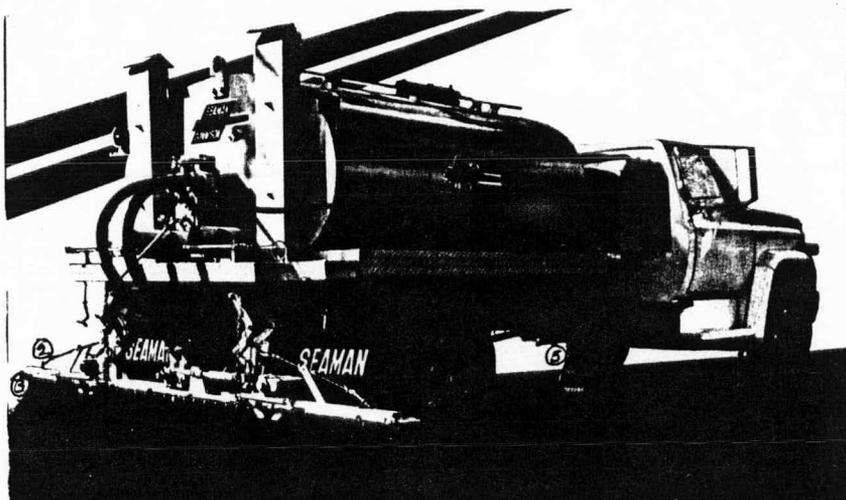


Fig. V-6 Pipa incrementando humedad en banco de materiales

3) Pipa para el riego de producto asfáltico (petrolizadora)

Son unidades co tanques de capacidad de 4,000 a 10,000 lts. estas petrolizadoras están constituidas por dos quemadores de - alta presión con bomba de combustible accionada por el mismo motor que mueve la bomba de asfalto, la función de lo quemadores - es la de levantar la temperatura adecuada del producto asfáltico que va ha ser utilizado, así mismo cuenta con una barra de riego de 3.66 mts. de largo con boquillas cada 10 cm. cada una con espres y válvulas para cierre individual manual o automática, así mismo cuenta con un termómetro que indica la temperatura del contenido del tanque e indicador del nivel.

Su principal función es la de realizar riegos de impregnación y riego de liga en las capas de sub-base, base y carpeta. Ver figura V-7



- 1.- Quemadores de alta presión
- 2.- Barra de riego
- 3.- Boquillas con espreas
- 4.- Rociador de mano (bacheador)
- 5.- Tacómetro indicador de velocidad.

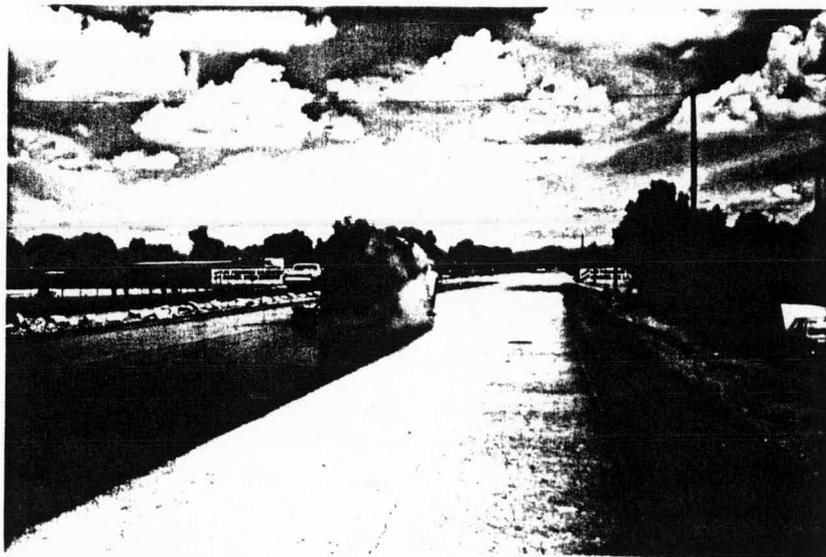


Fig-V-7 Petrolizadora realizando riego de impregnación con asfalto FM-1 en capa de base.

Plataformas:

Las plataformas son unidades llamadas así por tener en la parte posterior una plataforma que se apoya en el chasis del camión.

Estos camiones de plataforma se utilizan cuando se desea mover maquinaria ligera o pesada de un lugar a otro, así como montar equipos sobre ella como las palas mecánicas, grúas, etc.. Ver Fig.V-8 y V-9

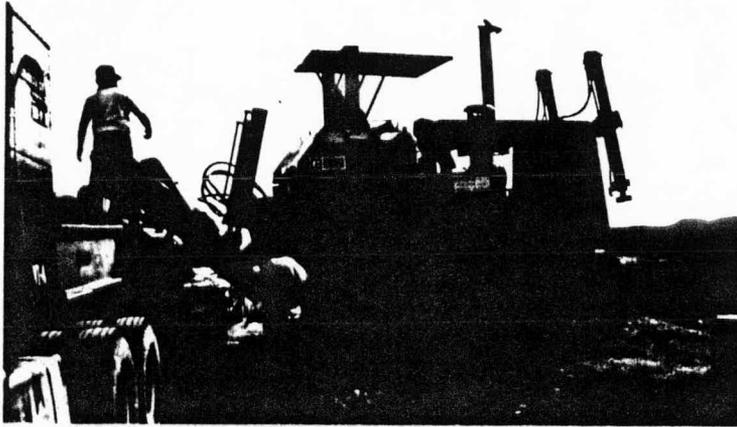


Fig.-V-8 Plataforma cargandole cuchilla de tractor para ser trasladada a otra obra.

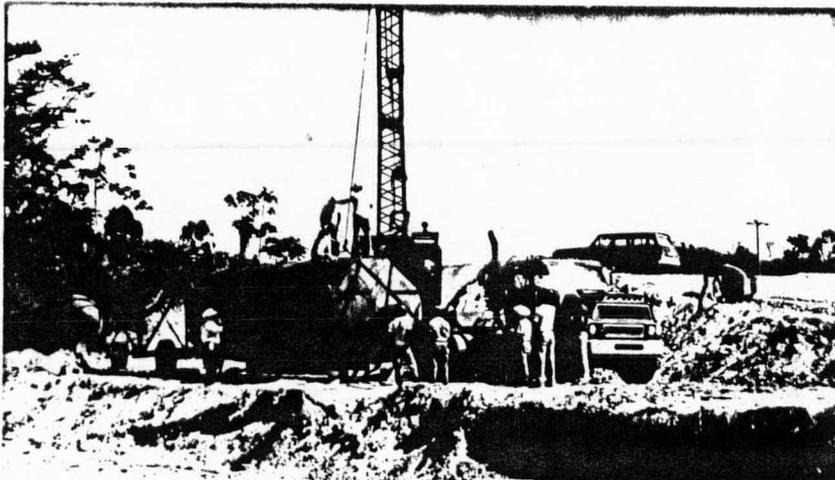


Fig. V-9 Draga montada sobre plataforma para levantar silo de estabilizadora.

V-2.- Camiones tipo pesado.

Estos equipos tienen el chasis reforzado, están equipados con orugas o grandes llantas de baja presión, su caja es más fuerte que los del tipo carretero, cuentan con dispositivos de amortiguamiento y la parte automotora cuenta generalmente de un motor diesel, tiene hasta diez cambios de velocidad y dos para reversa; Las velocidades que desarrollan estas máquinas son bajas en general, pero tienen una gran fuerza tractiva.

Estos equipos se pueden dividir de la manera siguiente:

Camiones tipo pesado	remolques	{	Descarga de fondo
		{	descarga lateral
		{	descarga trasera
	dumpers (camiones de tierra cerías)	{	descarga trasera
		{	descarga lateral

Los remolques son vehículos que no cuentan con dispositivos de automór, razón por la cual deberán ayudarse de un tractor; Los remolques pueden estar montados sobre orugas o ruedas de hule, la caja de estos equipos pueden volcarse de varias formas a través de medios hidráulicos o de cables, con el objeto de descargar el material.

Los remolques de descarga de fondo. están equipados de unas compuertas que se encuentran en el fondo de la caja, las cuales son accionadas por los medios anteriormente señalados (hidráulico o de cables) desde la cabina de operaciones, la caja de estos remolques es de gran capacidad, se usan cuando se tienen que acarrear grandes volúmenes de material como gravas, arenas, piedras trituradas, etc.

Los remolques de descarga lateral: Están equipados de unos émbolos, hidráulicos que les sirven para levantar la caja y éstos también son accionados desde la cabina de operaciones, se usan en trabajos en que se tenga que transportar materiales con dimensiones grandes, incluyendo roca, así como materiales con alta cohesión y donde las descargas que se efectúen sean tiraderos, instalaciones fijas como tolvas de agregados, trituradoras, etc..

Los remolques de descarga trasera. efectúan los movimientos de descarga levantando la caja por medio de cables o émbolos son utilizados cuando el espacio de trabajo es muy reducido, como en tuneles brechas. Además cuando se tiene que transitar por camiones blandos. El material que pueden transportar puede ser el resultado de la explotación de roca, excavación de tierra común, etc., para la reali-

zación de presas (para donde sea necesario hacer grandes rellenos)

DUMPERS.

Son vehículos equipados con llantas y a diferencia de los remolques tienen un solo chasis, en el que se encuentran; El motor la caja transportadora y la cabina; El motor trabaja a base de diesel la caja transportadora está reforzada pudiendo ser hasta supereforzada, la mayor parte de la carga la transportan estos equipos gravitan sobre las llantas del eje tractor.

Los dumpers (o camiones de terracerías) de descarga trasera - están equipadas con cajas transportadoras estandar o especiales, su descarga la efectúa levantando la caja ver fig. V-10

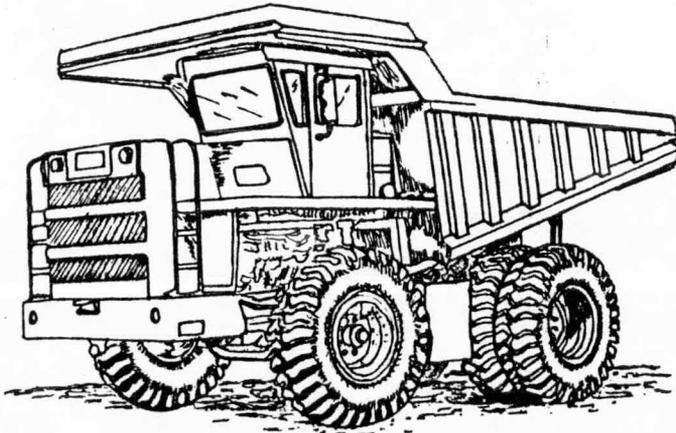


Fig. V-10 dumpers con descarga trasera

Los dumpers de descarga trasera se utilizan en obras donde se requiera transitar por caminos adversos, así como por caminos de --- fuertes pendientes, los acarrees pueden ser de diferentes materiales (material fino, roca fragmentada, materiales pesados, gravas)

Los dumpers de descarga lateral son útiles para la construcción del enrocamiento de presas, acarreo de materiales a plantas de agregados, tiraderos, etc.; Estas unidades son también aptas para efectuar el acarreo de los materiales por caminos abruptos así como por pendientes fuertes, estos tipos de dumpers como los de descarga trasera efectúan los trabajos de explotación de canteras de piedra, gravas, arenas, etc.

Por último se mencionará que los camiones tipo carretero son útiles cuando los volúmenes por acarrear son medianos y las distancias son grandes y que los camiones tipo pesado son útiles, cuando los volúmenes por transportar son grandes y la distancia corta.

Rendimientos.

Por lo que respecta al rendimiento del equipo de transporte, se toma en cuenta las siguientes variables.

El rendimiento de los camiones tipo carretera, como los camiones tipo pesado se calcula su rendimiento con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{C \ 60 \ E}{T}$$

Donde:

- R: rendimiento en $m^3/hr.$
- C: capacidad de la unidad en m^3
- 60: Minutos que tiene una hora
- E: Factor de rendimiento de trabajo
- T: Tiempo empleado en un ciclo completo

El ciclo de los equipos de acarreo está basado en.

$$T: \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempos fijos} \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo empleado en maniobras de acomodo} \\ \text{Tiempo de carga} \\ \text{Tiempo de descarga} \end{array} \right. \\ \\ \text{Tiempos variables.} \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo empleado de acarrear el material} \\ \text{(Equipo cargado)} \\ \text{Tiempo empleado en el regreso} \\ \text{recorrido vacío} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Por lo tanto el tiempo total empleado en el ciclo (T) será la suma de los tiempos fijos más los tiempos variables.

V-3.- Motoescrapas.

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 motoescrapas las que mayor demanda han tenido últimamente sobre todo en aquellos tipos de obras, donde se requieren acarrear las terracerías 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..

Estas máquinas constan fundamentalmente de dos partes.

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 mecanismos 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 interior, 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. Ver. fig. V-11

La caja presenta la cuchilla contra el terreno para realizar el corte, en algunos casos la penetración llega a ser hasta de 30cm en motoescrapas de 11 a 20 m³ y del orden de 50 cm. en las 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.

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 palanca trasera 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.

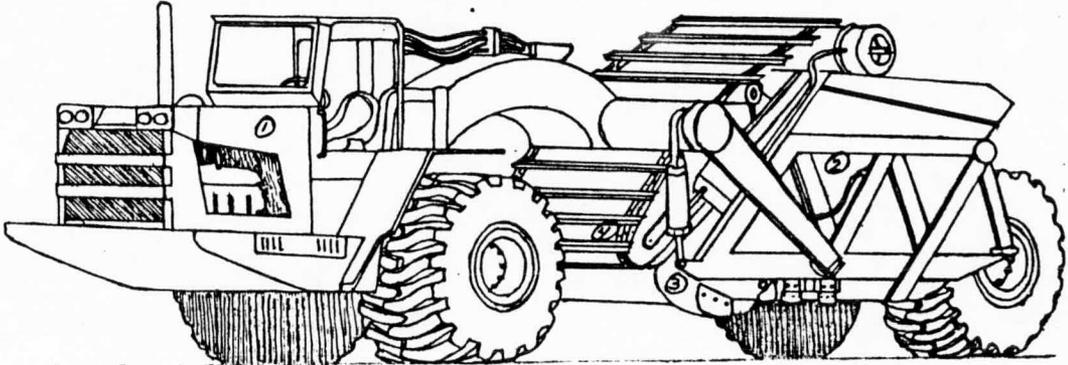


Fig. V-11 Motoescrapa

- 1.- Tractor con neumáticos
- 2.- Caja metálica
- 3.- Cuchilla
- 4.- Compuerta

Los principales adelantos han sido aplicados en los sistemas de operación, desde el sistema por cables, sistema eléctrico, hasta el sistema hidráulico predomina en la actualidad, las desventajas más importantes que se presentaban en las dos primeras eran **basicamente**.

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 le fueron adaptados, independientemente también de lo complicado del sistema de manejo.

En el sistema hidráulicos se superaron las desventajas iniciales que tuvieron y que eran básicamente las fugas del líquido por roturas de mangueras y 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 8m³ de capacidad hasta 50m³

En el caso particular de México por las características de la obra sobre todo en carreteras y por los criterios de utilización del equipo, las motoescrepas predominantes son las de 14, 18 y en algunos casos de 24 yd.

Clasificación y capacidades.

Una de las clasificaciones más actualizadas de los diferentes tipos y modelos de motoescrepas consiste básicamente en cuatro grupos con diferentes modelos todos operados por sistemas hidráulicos

Todos los modelos están diseñados para mover todo tipo de materiales con excepción de roca, para tal caso, existe una caja reforzada especialmente, la roca deberá ser muy bien tronada o también puede ser usada para materiales no muy duros que requieran ser arados con anterioridad.

Tipo de motoescrepa	Capacidad
Motoescrepa estandar de un solo motor	8 - 31 m ³
Motoescrepa de dos motores	11- 32 m ³
Motoescrepas de tiro y empuje (push - pull)	11- 49 m ³
Motoescrepas autocargables	11- 31 m ³

Motoescrepas estandar.

tiene un solo motor en el tractor que puede ser de uno o dos ejes con ruedas neumáticas; para ser cargados requieren de la ayuda de un tractor de orugas que se utiliza como empujador.

Estas unidades se utilizan tanto en distancias intermedias o largas con bajas pendientes y caminos de acarreo en buenas condiciones trabajan generalmente en grupo de 2, 3, 4 unidades en combinación con el tractor empujador de acuerdo con las necesidades de la obra.

Motoescrepas de dos motores.

Se utilizan al igual que las motoescrepas estandar en distancias intermedias o largas pero debido a su mayor potencia se adaptan para fuertes pendientes y disminuyen el tiempo de la carga siendo recomendable de todos modos el uso del tractor. Sin embargo en materiales suaves se pueden cargar soles.

MOTOESCREPAS DE TIRO Y EMPUJE.

Este nuevo concepto ha agregado versatilidad a las escrepas - de dos motores, abarcando la extensión de su aplicación a los demás tipos de motoescrepas, sus ventajas se apoyan principalmente en lo siguiente.

- 1).- Se elimina el tractor empujador.
- 2).- Se elimina el problema de desproporción entre el número de motoescrepas convencionales y el empujador.
- 3).- No se carga al costo el tiempo perdido del empujador.
- 4).- Debido a que estas máquinas trabajan en pareja no tienen que esperar por el empujador, no se tienen amontonamiento de máquinas como en las convencionales.
- 5).- Es un equipo balanceado con menor inversión.
- 6).- El costo por el arreglo consiste en un refuerzo especial en los bastidores y el cuevo de ganso más el sistema de enganche representan un 6% de la inversión de una motoescrepa de dos motores.

MOTOESCREPAS AUTOCARGABLES.

Con mecanismo elevador. Funciona mediante un sistema de paletas elevadoras las cuales van cargando el material dentro de la caja este tipo de máquinas no requieren de tractor empujador, se usa para materiales suaves, son muy útiles para excavar en arenas donde el material es difícil de cargar con los demás tipos de motoescrepas su utilización esta limitada para acarreo cortos y con pendientes suaves.

Para poder utilizar eficientemente las motoescrepas, debe considerarse:

- 1).- condiciones de carga.
- 2).- El transporte del material al lugar de descarga.
- 3).- El tendido del material.

Condiciones de la carga. Los puntos principales que deben observarse son:

- 1).- carga a la capacidad máxima tolerable.
- 2).- Procurar efectuar esta operación a la distancia más corta posible (30 m. ó menos)
- 3).- Procurar llenar en el menor tiempo posible (de 1 a 2 min)

Para lograr estas condiciones, la profundidad de corte debe ser de 15 a 20 cm. en tierra común; una profundidad menor, aumenta el tiempo de carga y la distancia de recorrido; una profundidad mayor, produce atorones, patinamientos y pérdidas de eficiencia.

Si el material es duro, es conveniente aflojarlo previamente - para facilitar su carga, para aumentar la capacidad del corte debe - usarse un tractor de empuje.

De cualquier manera se debe siempre contar con la potencia necesaria, un tractor de empuje debe ser de la potencia necesaria para incrementar la velocidad de la motoescrepa al cargar.

La utilización del tractor de empuje se justifica cuando hay - suficientes motoescrepas, de otra manera se tendrán muchos tiempos - perdidos de estas máquinas; en caso de pocas motoescrepas debe preferirse el uso de arado, unido al tractor de empuje, para aflojar el material, en cierto tipo de materiales como arcillas duras y compactadas, es preferible usar el tractor con arado, en vez de dedicarlo - al empuje.

Debe considerarse además, para cargar fácilmente lo siguiente:

- 1).- La fuerza de gravedad, facilita la carga en pendientes hacia abajo, si la carga se efectúa en el sentido de la pendiente, la potencia en la máquina es menor.
- 2).- Cuando se carga en terreno plano, se puede emplear el sistema de carga a caballo que consiste en hacer tres pases: Primero los dos laterales y después montando la motoescrepa sobre el banco que queda en medio, debiendo tener éste un ancho menor que el espacio libre de la distancia entre las caras interiores de las ruedas, para que estas rueden sobre las cortas laterales.
- 3).- Cuando se carga en laderas, debe procurarse hacer el corte en forma tal que se permita el escurrimiento del agua - también deberá hacerse el corte empezando por la parte superior del talud, continuando hacia abajo, el corte escalonado y cada escalón debe hacerse de la altura necesaria para poder formar la línea de talud en caso de que se arreglase
- 4).- Cuando se trabaje en cortes, es necesario que la máquina - se acerque lo más posible al pie del talud empezando por los lados, dejando el centro del corte más alto.

Para rellenos o terracerías (terraplenes), el centro del mismo quedará más abajo que las orillas.

En ambos casos se facilita más formar los taludes y evitar deslizamientos perjudiciales, tanto en la máquina como para el acabado - del trabajo

El transporte del material al lugar de descarga.

Para el transporte del material en motoescrepas debemos considerar los siguientes puntos:

- 1).- El estado del camino debe permitir las velocidades máximas debiéndose arreglar la superficie de rodamiento.
- 2).- Empleo de la potencia total del motor; una superficie mal nivelada aumenta la resistencia al rodamiento, provoca vibraciones y golpes, fatigas para el operador, y por consecuencia hace disminuir el rendimiento.
- 3).- Las pendientes desfavorables deben evitarse en principio combinando distancias y movimientos.
- 4).- Las vueltas deben hacerse lo más rápido y en la menor distancia posible.
- 5).- Existe una presión óptima para el inflado de las llantas donde el esfuerzo de tracción de su mejor rendimiento cada centímetro de penetración suplementario de los neumáticos, en el suelo, exige 9 kg. de esfuerzo adicional por tonelada bruta del peso de la motoescrepa.

Tendido del material (descarga).

Prácticamente todas las descargas de la motoescrepa se hace en capas de igual espesor.

Para obtener un rendimiento máximo, debe procurarse:

- 1).- Efectuar la descarga a la mayor velocidad posible y en la mínima distancia.
- 2).- Se recomienda descargar en capas que varíen de 15 a 20 cm de espesor, de acuerdo con el tipo del material.
- 3).- En determinados materiales como la arcilla mojada, la resistencia al rodamiento es mayor y la descarga debe ser más lenta.



Fig. V-12 Motoescrepa autocargable realizando la carga de material para terracerías.



Fig. V-13 Motoescrepa después de haber realizado la descarga



Fig. V-14 Motoescrepa lista para realizar la descarga del material.

Rendimiento.

Para obtener el rendimiento de las motoescrepas será necesario que se calcule la velocidad con que realice el trabajo, ya que es diferente la velocidad cuando carga o descarga que cuando trabaja.

Una vez conocida la velocidad, la distancia de recorrido, así como el número de pasadas y el factor de rendimiento, se determinará el rendimiento calculado simplemente el tiempo en efectuar el trabajo.

La fórmula empleada es la siguiente:

$$T = \frac{N S}{V E}$$

Donde:

- T= Tiempo en efectuar el trabajo
- N= Número de pasadas hasta el termino del trabajo
- S= Distancia de recorrido por pasadas
- V= Velocidad durante el trabajo
- E= Factor de rendimiento

Para el cálculo del ciclo debemos considerar; Tiempos fijos y variables y los cuales pueden tener una reducción dependiendo de la maniobrabilidad en la obra.

Condiciones en que se puede reducir los tiempos:

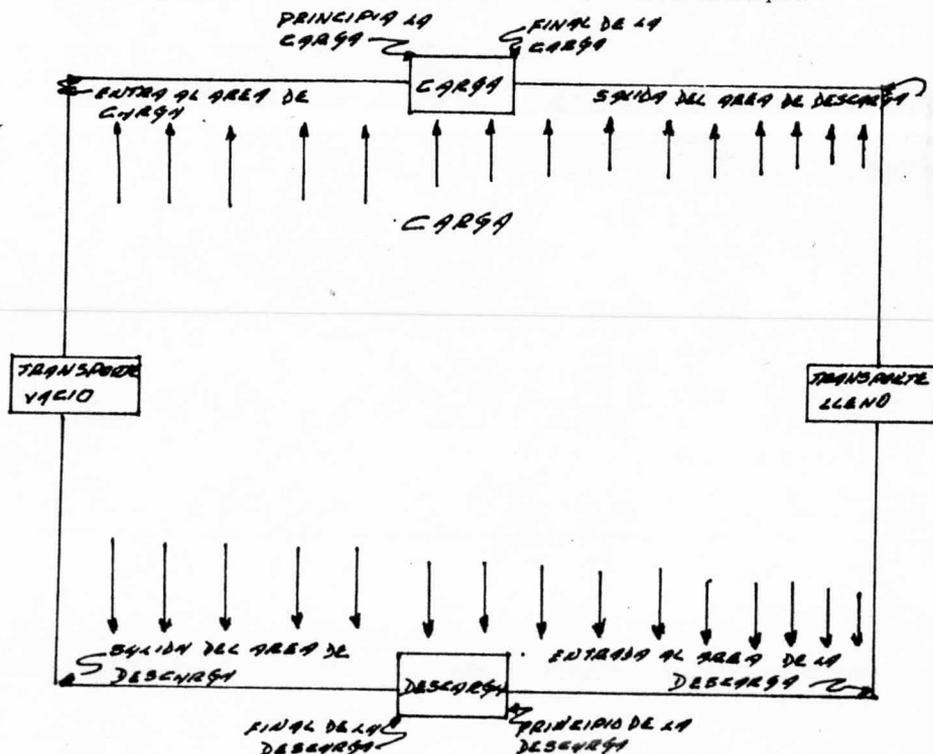
Reducción de tiempos fijos.

- 1) Realizando la carga con pendiente favorable.
- 2) Escogiendo el empujador adecuado.
- 3) Habilidad del operador.
- 4) Condiciones del material.

Reducción de tiempo variable.

- 1) Camino adecuado (revestido o pavimentado). En caso de carreos cortos o también en caminos revestidos conservación de los mismos mediante el uso de motoconformadoras, riegos de agua y en algunos casos equipo de compactación.
- 2) Señalamiento adecuado de las velocidades a lo largo del camino.
- 3) Tratar de localizar el camino sin pendientes fuertes o modificarlo al máximo.
- 4) Localización de accesos, rampas y caminos.

Esquema gráfico de un ciclo básico de una motoescrepa.



VI.- Equipos de colocación.

Los equipos de colocación que se describirán en el presente capítulo son aquellos que efectúan la colocación del material a través de un tendido uniforme.

Los equipos considerados en la colocación son:

- VI-1.- Tractores con cuchillas
- VI-2.- Motoconformadores
- VI-3.- Finisher

En la materia de la construcción y principalmente en las actividades de colocación y amontonamiento de material, podemos considerar que el tractor es una máquina que casi siempre estará presente en este tipo de trabajos por su gran movilidad.

Es indispensable que el contratista conozca bien este tipo de máquinas, así como sus aditamentos y funciones de los mismos; - para lograr un buen aprovechamiento al mínimo costo.

Otro de los equipos descubriremos en éste capítulo son las motoconformadoras, ya que son equipos que efectúan de colocación, así como afinaciones de terraplenes, sub-bases, bases y carpetas, así como mantenimiento de caminos.

Y por último, describiremos a las finisher, siendo equipos de colocación que efectúan trabajos de colocación de mezclas esfálticas ya sea en caliente como en frío, así como colocación de materiales; para base.

VI-1.- Tractores.

Existen dos tipos de tractores.

- 1.- Los de neumáticos.
- 2.- Los de orugas.

Ambas máquinas son muy utilizadas en la construcción y desde luego para seleccionar el tractor que debe usarse es necesario tomar en cuenta el tipo de obra por ejecutar, superficies de rodamiento y pendientes, dureza de los materiales, distancias de acarreo, dificultades de ataque, cantidades de obra por ejecutar, forma de amontonar o extender el material, y otra serie de factores; pero cuando se requieren tractores para excavar podemos decir que el tractor de orugas es el más utilizado y más conveniente en termino general.

Dentro de la Industria de la Construcción, la máquina que ha sido diseñada con el concepto de "atacar", es el tractor de orugas Ver fig. VI-1

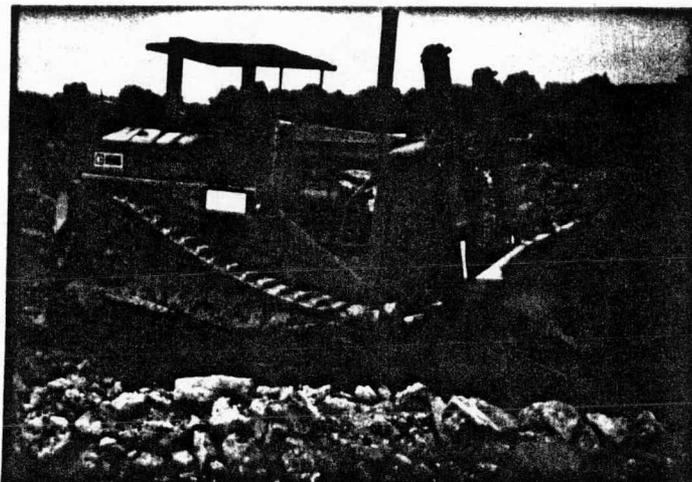


Fig. VI-1 Tractor de otuga D9L carterpillar uno de los más grandes en el mercado realizando corte de material en banco de préstamo.

Como muchas otras máquinas, el tractor tiene además otras funciones secundarias que en este caso son:

- 1.- Empujar
- 2.- Jalar
- 3.- Acarrear

Sin embargo, estas máquinas son utilizadas fundamentalmente para el concepto de ataque, bien sea cortando o excavando terracerías o desgarrando material.

Los equipos convencionales para estas máquinas son en cuchilla frontal y su desgarrador trasero, ver fig. VI-2, ambas operadas hidráulicamente.



Fig. VI-2 Tractor komatsu equivalente a D7 de Cartepillar abriendo cajón desplante de terracerías.

- 1.- Hojas
- 2.- Desgarrador o escarificador
- 3.- Chasis
- 4.- Transito
- 5.- Catarina

La máquina consta de un chasis muy resistente sobre el que se monta un motor de diesel con turbocargador acoplado a un convertidor de par-torsión que se une a una transmisión de tipo planetario y posteriormente a un sistema de ejes que constituyen los mandos finales, estos mandos finales terminan en unas ruedas destadas llamadas catarinas, sobre las cuales apoyándose en una rueda guía delantera, se monta el sistema de tránsito.

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".

El tractor de orugas 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 una mejor tracción al tener mayor adherencia con la superficie de apoyo que los tractores de neumáticos.

Estas máquinas han sido objeto de avances muy notables en su tecnología, pudiendo disponer actualmente de un tractor (cartepillar D-10) que tiene una potencia de 700 HP.

En el mercado existen proveedores que distribuyen tractores de orugas, como son: Cartepillar, Komatsu, Terex, Allis Chalmers e International, de distintos tipos y tamaños, los factores que más influyen para adquirir una marca sean la oportunidad, la existencia, facilidad de pago, valor de rescate, pero más especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca el vendedor.

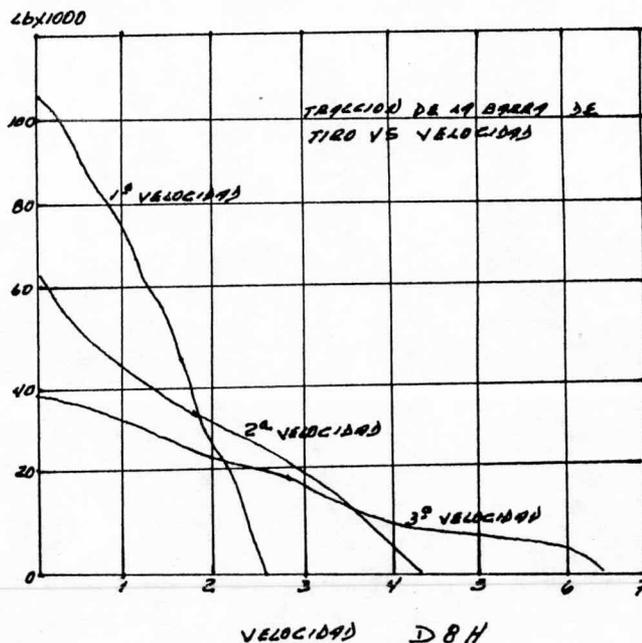
La capacidad de un tractor está en función de su potencia y de su peso. La potencia nos determina la fuerza tractiva disponible en el gancho o barra de tiro y está afectada por la altura sobre el nivel del mar ver cuadro VI-1, la temperatura, la resistencia al rodamiento de la superficie donde se desplaza la máquina y por la pendiente la máxima fuerza tractiva esta fijada por el peso de la máquina multiplicada 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.

En el caso de la afectación por la altura sobre el nivel del mar, este aspecto a sido superado en las máquinas modernas por la instalación de turbo cargadores y enfriadores de aire.

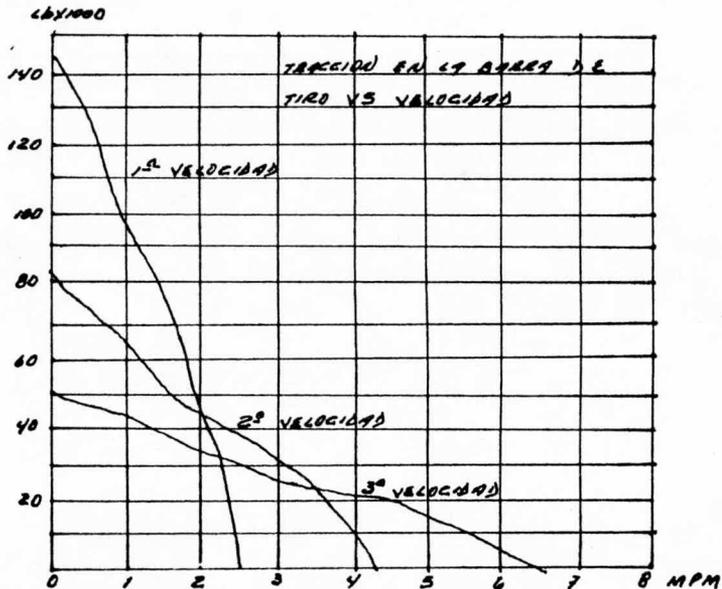
Disminución de la potencia a causa de la altitud expresada en su porcentaje de la potencia en el volante.

Modelo	0.760	760-1500	1500-2300	2300-3000	3000-3800	3800-4600
	m	m	m	m	m	m
D3B	100	100	100	95	88	80
D4E	100	89	78	72	67	61
D4E	100	100	87	80	73	67
D5B	100	88	79	71	67	63
D6D	100	100	100	100	94	88
D7G	100	100	100	92	85	80
D8K	100	100	100	93	85	78
D9H	100	100	100	94	87	80
D10	100	100	100	91	84	77

La relación entre velocidades de avance y tracción en la barra de tiro del tractor equipados con servo transmisión se aprecia en las gráficas VI-1 y VI-2, en las cuales se aprecia también la velocidad de la máquina cargada y vacía.



Gráfica VI-1



Gráfica VI-2 D 9 H

Hojas.

El tractor puede utilizar varios tipos de hojas topadoras y en este caso se le conoce como buldozer.

- 1) Hoja recta. Contruida para trabajos duros (excavación de roca, apertura de caminos, desmontes, despeje de sobrecapas). Así como acarrees del material hacia adelante.
- 2.) Hoja angulable. Que puede inclinarse en relación al avance del tractor.
- 3) Hoja en "U". Que tiene una mayor capacidad puesto que los lados forman una caja para evitar que el material se escorra por los lados.

- 4) Hoja amortiguadora. Diseñada especialmente para la carga con empuje D 9 L ver fig. VI-3 por permitir el suave acoplamiento sobre la marcha con traillas, los discos de caucho que absorben el choque aguantan una fuerza de 72.5kg. por su ancho limitado es de mayor maniobrabilidad y corre menos riesgos de daño los neumáticos.
- 5) Hoja de degarradora. Que permite una mayor penetración e en el terreno.
- 6) Hoja universal. Ideal para mover material en gran volumen despejar y recuperar terreno, la vertedera curvada -- proporciona buena penetración mientras los lados angulado en 25 encauzan el material hacia el centro.

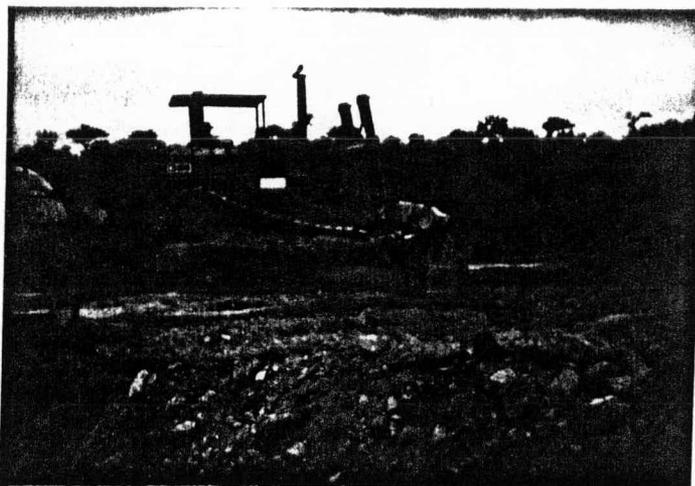


Fig. VI-3 Tractor D 9 L con hoja amortiguadora realizando corte de material para terracerías en banco de préstamo.

Cada hoja tiene una función específica, sin embargo las más frecuentes son: la recta y la angulable. Esta última 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 ver figura VI-4 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.

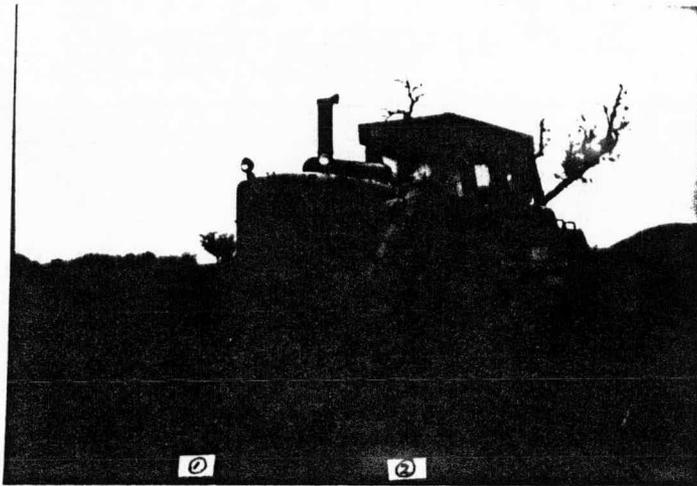


Fig. Vi-4 Tractor Komatsu equivalente al D7 caterpillar

- 1.- Cuchilla
- 2.- Gevilanes

La hoja se monta en un marco que está acoplado al tractor y puede controlarse mediante cables o sistemas hidráulicos, el control de cables es más sencillo en su mantenimiento, pero el control hidráulico resulta superior pues permite aplicar una mayor fuerza de penetración con una fácil manejabilidad, su única desventaja de control hidráulico podría ser el costo de reparación por una mala operación al encontrar el tractor dificultades en la excavación.

El bulldozer tiene diversas aplicaciones, y es muy eficiente para excavar, teniendo ciertas limitaciones especialmente en la distancia de acarreo y en el nivel del piso de excavación, los acarreos medios de un bulldozer son del orden de 30 a 50 mts. La distancia máxima de acarreo aconsejable es de 100 mts. en este caso se aumenta mucho el tiempo del ciclo por la baja velocidad del tractor y disminuye el rendimiento por lo que resulta antieconómico acarrear a distancias mayores de 100 mts. en este caso se aumenta mucho el tiempo del ciclo por la baja velocidad del tractor y disminuye el rendimiento por lo que resulta antieconómico acarrear a distancias mayores de 100 mts. el escurrimiento del material por los lados de la hoja puede ser otro factor que limite la distancia de acarreo.

El bulldozer tiene varios usos:

- 1) Desmonte, desenraices.
- 2) Limpiezas de sitios para construcción.
- 3) Construcción y mantenimiento de caminos de acceso.
- 4) Despalme de bancos y arreglo del piso de estos.
- 5) Afloje de material para cargadores frontales.
- 6) Afine de taludes.
- 7) Formación de bordos con préstamos laterales.
- 8) Rellenos de zanjas.
- 9) Empujador de motoescrepas.
- 10) Excavación y acarreo hasta 100 mts.
- 11) Colocación de material en terraplenes.

Capacidad de las hojas topadoras.

La capacidad de la hoja topadora la encontraremos con la siguiente fórmula.

$$V = \frac{L H^2}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

En donde:

V= Capacidad de la hoja.

L = Longitud de la hoja.

H= Altura de la hoja.

α = Angulo de reposo del material.

Si el talud del material es de 2: 1 $\operatorname{tg} = 1/2$; luego entonces
 $V = L (H)^2$

Cuando se trabaja cuesta arriba el rendimiento disminuye 4 % por cada 1 % de pendiente. Al trabajar cuesta arriba el rendimiento aumenta.

En distancias mayores de 30 mts. el rendimiento disminuye -- 5% por cada 30 mts. adicionales.

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

Producción de las hojas topadoras.

Se puede obtener la producción estimada de una hoja topadora utilizando gráficas de producción que proporcionan las fabricantes

así como también por medio de factores de corrección aplicables

Producción $m^3/hr.$ = Producción máxima X factor de corrección.

Desgarrador ó escarificador.

Desgarran roca dura, rompen suelo duro apisonado, y aflojan piedras enterradas acelerando el trabajo de empuje y disminuyen el trabajo de voladuras por medio del explosivos.



Fig. VI-5 Tractor D 9 L caterpillar escarificando material duro para su utilización de terracerías.

1 Desgarrador o escarificador.

Materiales que pueden ser desgarrables.

- 1) Rocas volcánicas. Se forman al enfriarse la materia en función provenientes del interior de la tierra y son: El -- granito, el basalto, las rocas trapeanas, etc. usualmente se encuentran en los trabajos de movimiento de tierra. -- son las más difíciles de desgarrar por el hichode que carecen de estratificación.
- 2) Rocas sedimentarias. Derivadas de la destrucción de rocas

que existían las areniscas, la piedra caliza, los conglomerados, la arcilla esquistosa y el caliche, usualmente son los más fáciles de desgarrar.

- 3) Rocas metamórficas. Deben sus características dominantes a la transformación de rocas preexistentes, a causa de -- cambios en la composición de sus minerales, las más comunes son la cuarcita, el esquisto, y la pizarra, su grado de desgarramiento varía según la hendidura.

Las condiciones de las rocas determinan su facilidad de desgarramiento aunque las rocas sedimentarias son las más ventajosas para utilizar el desgarrador, y las rocas volcánicas y metamórficas ofrecen más dificultad.

Características físicas que favorecen el desgarramiento:

- 1) Fracturas, fallas y planos que reducen la resistencia.
- 2) La acción de los elementos, en particular los cambios de temperatura y humedad.
- 3) Fragilidad y naturaleza cristalina.
- 4) Alto grado de estratificación o estructura laminar.
- 5) Grano grueso.
- 6) Formaciones permeables de arcillas.
- 7) Poca resistencia a la compresión.

Condiciones desfavorables para el desgarramiento.

- 1) Masas grandes y homogéneas.
- 2) De naturaleza no cristalina, o sea que no son quebradizas
- 3) Sin planos de poca resistencia.
- 4) De grano fino y sólido agentes de cementación.

Métodos técnicos para desgarrar:

Generalmente se hacen operaciones de prueba a fin de decidir cuál es el método que fragmenta más rocas con el menor esfuerzo.

Indicamos algunos factores que deben tomarse en cuenta:

- 1) ¿Qué cambio o velocidad? se utiliza la primera velocidad -- en la mayoría de los trabajos de desgarramiento, pues una velocidad de 1.6 a 2.4 km/hr. determinan que la producción sea más económica. El desgaste del tren de rodaje y de la puntas aumenta con rapidez.
- 2) ¿Cuántos dientes? En la mayoría de los casos, comience con un diente. Si el material es fácil de penetración y se -- fragmenta en trozos de tamaños satisfactorios, pruebe dos dientes. Sólo deben utilizarse tres dientes con materiales muy fáciles de desgarrar.

- 3) ¿A qué profundidad? A veces es fácil desgarrar a la mayor profundidad que sea posible. Sin embargo, cuando -- hay demasiados estratos, tal vez sea desventajoso, una pasada inicial a la mitad de la profundidad puede aflojar el material, de modo que la segunda pasada pueda ser a -- profundidad plena, y con mucho menos esfuerzo.
- 4) ¿Qué espacio debe haber entre las pasadas? El espacio de las pasadas contribuye a determinar la tasa de producción pues indica el tiempo requerido en un sector determinado -- con un espaciamiento máximo, se contribuye a reducir el costo por métró cúbico. Sin embargo, debe tenerse en cuenta el material, el empleo final, y la forma de moverlo.
- 5) ¿En qué dirección? Generalmente, la dirección de desgarramiento depende del trazado de la obra, por lo general se -- desgarrar cuesta abajo siempre que sea posible, a fin de -- que el tractor utilice el máximo su potencia y su peso y -- aumente la producción.
- 6) ¿Desgarramiento cruzado? Hace el corte escabroso, como es -- to es desventajoso para las traillas y otras herramientas de excavación, debe evitarse si es posible. Uselo única -- mente cuando el desgarramiento en un sentido no fragmente bien la formación de rocas.
- 7) ¿Como se retira el material desgarrado? Nunca retire con -- hoja topadora o trailla todo el material desgarrado, an -- tes de profundizar el desgarramiento. Mantenga por lo mé -- nos varios centímetros de material desgarrado sobre la -- formación no desgarrada a fin de mejorar la tracción de -- la máquina.
- 8) ¿Voladura antes de desgarramiento? Las rocas que son muy -- difíciles de desgarrar pueden fragmentarse con explosi -- vos utilizando cargas ligeras, y luego desgarrarse sin -- problemas.
- 9) ¿Es difícil la primera pasada? Generalmente la primera -- pasada es la más difícil. Las que siguen son más fáciles -- debido a que el material puede moverse al sector aflojan -- do en el o sada anterior.

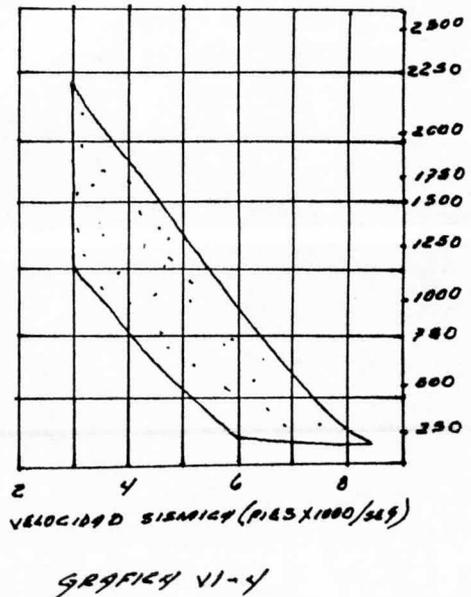
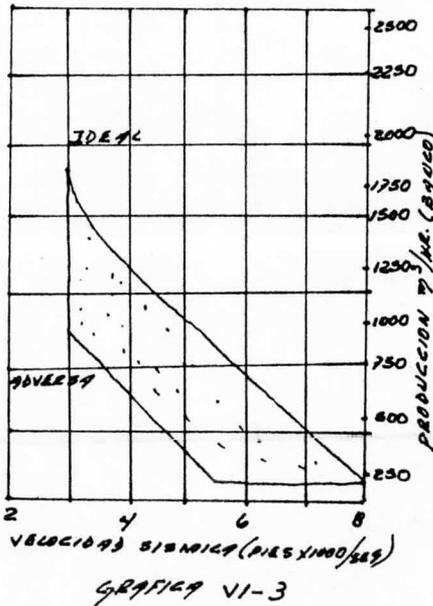
A continuación, hacemos un breve resumen sobre las ventajas -- del desgarrador.

- 1) Es generalmente más barato desgarrar que usar el método -- de perforación y voladura.

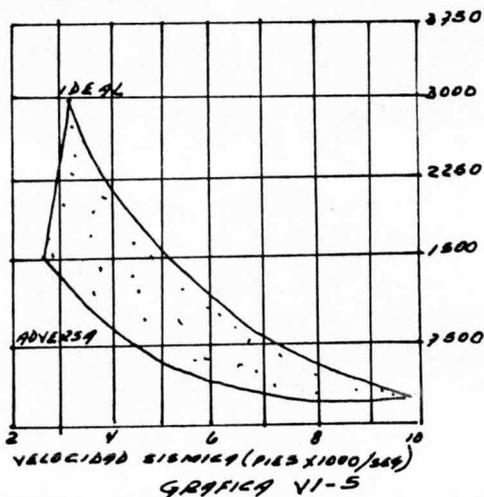
- 2) Se puede conseguir mayor producción desgarrando que utilizando el método de perforación y voladura.
- 3) Mayor facilidad y seguridad, más adaptabilidad, tasas más bajas en los seguros contra responsabilidad civil.

Gráficas para estimar la producción de desgarradores:

(Ver gráficas Vi-3 y VI-4)



D 10 CON UN SOLO DIENTE



Se utiliza para estimar la producción de desgarrador

Rendimiento:

Producción de los tractores empujadores con cuchilla.

La producción de ésta máquina pueden estimarse utilizando -- las curvas que se muestran en gráficas VI-6 y aplicando los factores necesarios la fórmula sería:

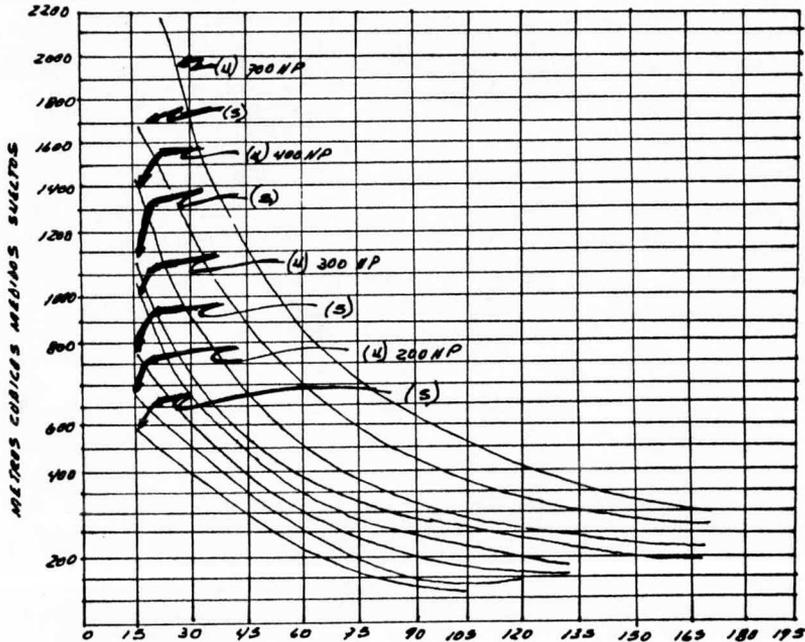
Producción real = Producción máxima marcada X factor de corrección de la curva.

Estas curvas de producción dan la capacidad máxima teórica -- para cuchillas rectas (S) y universal (U) están basadas en las siguientes condiciones.

- 1) 100% de eficiencia (60 minutos por hora)
- 2) Máquinas de transmisión automática.
- 3) La máquina corta el material a lo largo de 15 mts. y de ahí sigue con la cuchilla llena acarreandolo.
- 4) El peso específico del material es de 1300 kg/hr. suelto o bien 1790 kg/m³ de material en banco.

5) Coeficiente de tracción.

- a) Máquinas de orugas 0.5 como mínimo
 b) Máquinas de neumáticos 0.4 como mínimo



(U) Hoja universal

(S) Hoja recta

Producción de tractores empujadores sobre orugas:

factores de corrección

	tractor de orugas	tractor de llantas
Operador		
Excelente experiencia 10 años	1.00	1.00
Buena experiencia 3-10 años	0.75	0.60
Regular experiencia menos de 3 años	0.60	0.60

Se se trata de mover material mayor de 1790 kg/m^3 en banco - ó 1300 kg/m^3 suelto, obtener el coeficiente dividiendo éstos pesos - entre el real (la producción debe decrecer)

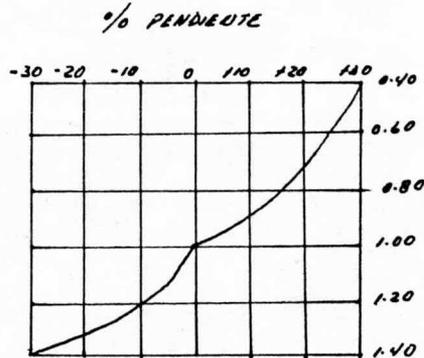
Factor de corrección.

	Tractor de orugas	Tractor de llantas
Material		
Suelto y apilado	1.20	1.20
Difícil de extraer cortado con Gavilan	0.80	0.75
Sin usar gavilan	0.70	0.00
Difícil de empujar (seco, mate- rial no cohesivo)	0.80	0.80
Roca desgarrada	0.70	0.00
Roca mal tronada	0.60	0.00
Materiales pesados		
Eficiencia de trabajo		
50 Minutos/ hora	0.84	0.84
40 Minutos/ hora	0.67	0.67
Transmisión directa (no auto- mática)		
0.1 Minutos tiempo fijo	0.80	0.00
Cuchilla empujadora		
Cuchilla angulable (A)	0.60	0.00
Cuchilla amortiguadora (C)	0.50	0.50

NOTA: La cuchilla angulable y la cuchilla amortiguadora no se considera como elementos de producción en los empujadores. dependiendo de las condiciones de trabajo, -- estas cuchillas producen un 50% hasta un 75% de la --- producción que se consiguen con las cuchillas rectas.

Pendiente.

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



NOTA: (-) Favorable
(+) Desfavorable

EJEMPLO:

Determinar la producción por hora de un tractor D-8 utilizando los gavilanes, que tienen que mover una arcilla empaquetada a una distancia de 45 mts. con una pendiente hacia abajo de 15% el peso del material es de 1600 kg/m^3 suelto el operador es bueno y la eficiencia en el trabajo se estima en 50 min. por hr.

Solución

De la curva correspondiente obtenemos una producción teórica de $550 \text{ m}^3 / \text{hr.}$, medidos en estado suelto.

Factores de corrección aplicables:

Una arcilla empaquetada es un material difícil de cortar y utilizamos los gavilanes	0.80
Corrección por pendiente	1.19
Peso del material $1300/1600=$	0.81
Operador bueno	0.75
Eficiencia de trabajo 50 min/hr.	0.84
Producción real= $550 \text{ m}^3 / \text{hr.} \times 0.80 \times 1.19 \times 0.81 \times 0.75 \times 0.84 =$	$267 \text{ m}^3 / \text{hr}$

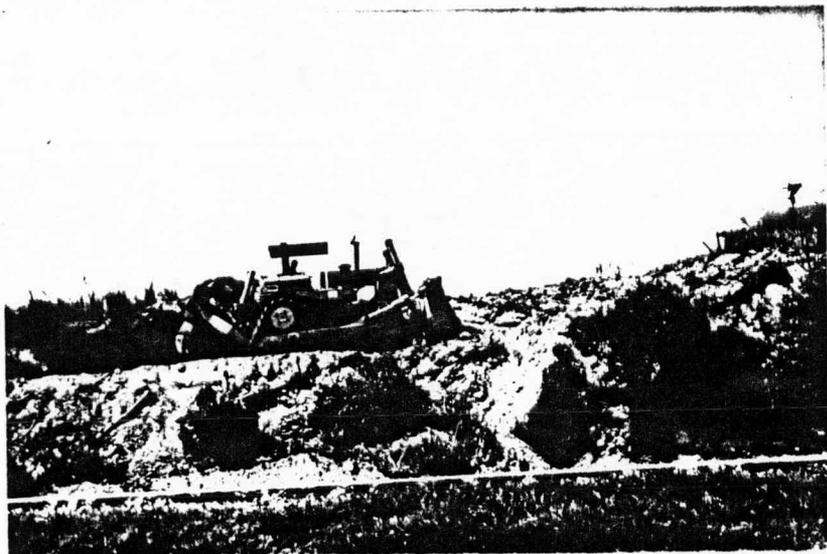


Fig. VI-6 Tractor D 9 L caterpillar realizanso corte de cajón para desplante de terracerías.

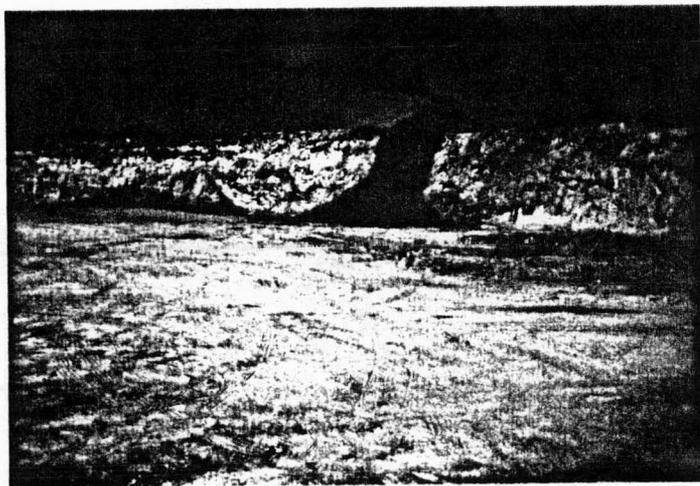


Fig. VI-7 Tractor komatsu realizando corte de material en banco de préstamo.

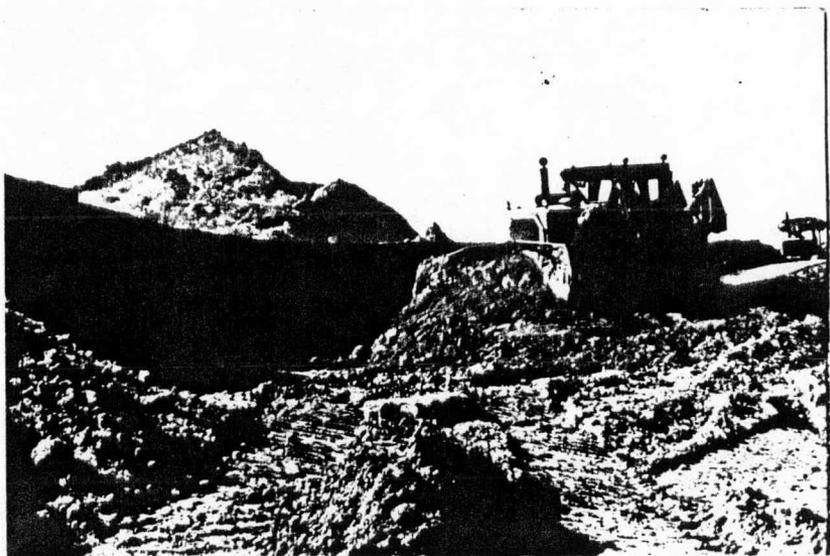


Fig. VI-8 Tractor D 9 H caterpillar realizando relleno de terracerías en socavación de la carretera.

VI-2 Motoconformadoras.

Las motoconformadoras, por su sistema de transmisión las ruedas traseras son motrices y las delanteras son direccionales. Las ruedas traseras en número de cuatro, vienen en sistema de tandem y todas son motrices, se adaptan fácilmente a los desniveles del terreno sin perder su estabilidad.

Son máquinas muy usuales en la construcción de carreteras ya que realizan trabajos de rerracerías y pavimentación, y es debido a que realizan trabajos de colocación, así como también de nivelación y afine.

La colocación del material la efectúan en capas por medio de una inclinación de la cuchilla que llevan estas máquinas ver fig.-VI-9, el material lo obtiene por excavación directa o por tierra depositada en montones por camiones, dragas, etc. a lo largo de la obra por realizar.

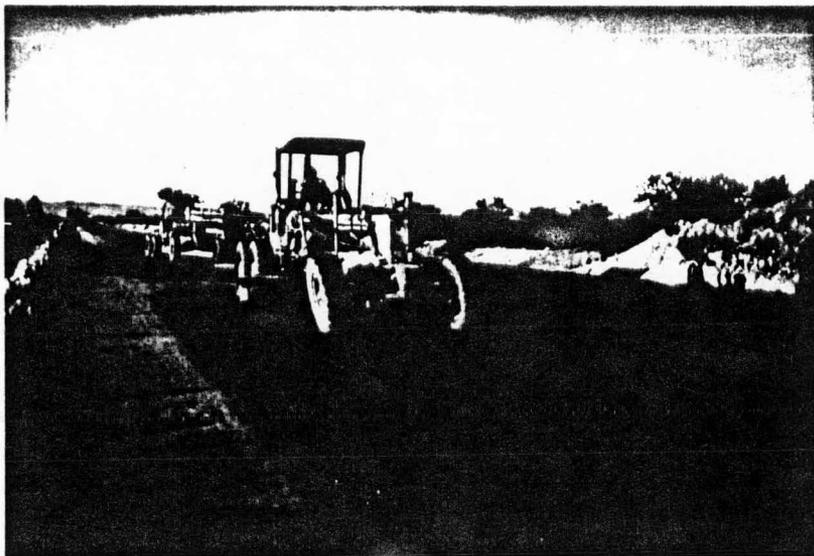


Fig. VI-9 Motoconformadora caterpillar 120-B realizando extendido de material de base.

El movimiento de la cuchilla en la motoconformadora puede modificarse a voluntad del operador.

- a) La altura de la cuchilla respecto al suelo
- b) El ángulo horizontal que hace la cuchilla con el eje longitudinal de la máquina.

- c) El ángulo vertical que hace la cuchilla con el plano del piso del terreno.
- d) El desalojamiento lateral de la cuchilla en relación del eje de la máquina.
- e) En ángulo de ataque de la cuchilla sobre el suelo.

Para los trabajos de nivelación de la cuchilla se dispone formando un ángulo con el eje longitudinal de la máquina de manera que al efectuar el trabajo, la cuchilla arrastre los montículos y rellena los surcos con la tierra extraída y el exceso la vierte lateralmente ver fig. VI-10; por lo tanto que respecta al afinamiento la cuchilla se dispone en posición perpendicular al eje longitudinal de la máquina ver fig. VI-11.



Fig. VI-10 Motoconformadora caterpillar 120-B nivelando tramo de base.

Las motoconformadoras están constituidas por un chasis curvo que se apoya en eje delantero direccional y en una unidad de tracción que está dispuesta en uno o dos ejes (como se había indicado constan además estas máquinas de una hoja móvil, cuyo perfil es curvo y se encuentra ubicada debajo del chasis antes mencionado además de la cuchilla, otros aditamentos que se adaptan a las motoconformadoras como son los escarificadores, los que permiten el escarificado preliminar de los terrenos antes de conformarlas ver fig. VI-12



Fig. VI-11 Motoconformadoras caterpillar 120-B realizando afine en capa de base.

Cuanto estas máquinas con un sistema de porta-hojas el cual está constituido por un anillo móvil, soportado por un émbolo y provisto por una corona dentada; El anillo es capaz de dar una vuelta completa sin que la cuchilla tropiece con las llantas del equipo, las cuales están sujetadas por medio de brazos los cuales permiten dar el ángulo de ataque que se requiere e incluso socarla cuchilla de manera que ésta quede en posición vertical a un costado de la máquina.

- 1 Llantas direccionales
- 2 Llantas motrices
- 3 Circulo dentado
- 4 Hoja
- 5 Cuchilla
- 6 Escarificador
- 7 Gavilanes.

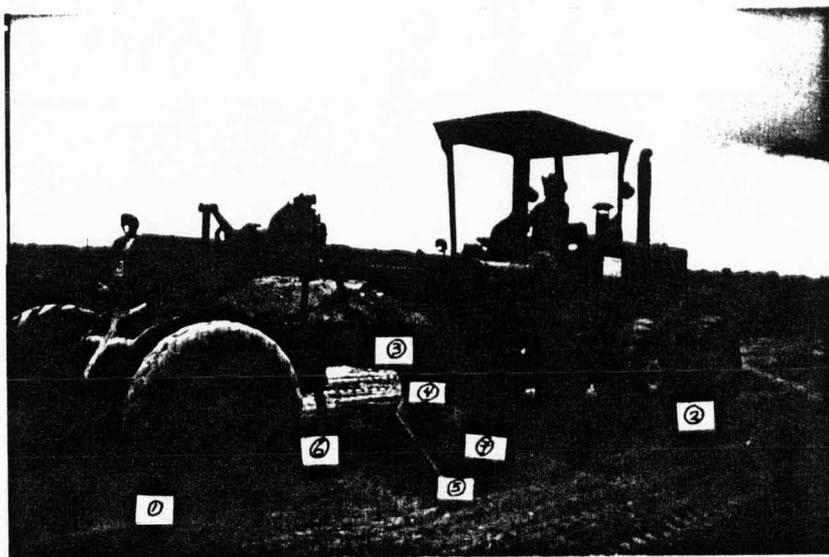


Fig. VI-12 Motoconformadora caterpillar 140 mayor potencia que la 120-B mayor tamaño de la hoja y llantas.

Las hojas de las motoconformadoras que son de dimensiones variables tanto como por su ancho como por su longitud, son de acero especial y tienen en su parte inferior y extremos piezas intercambiables como son: Las cuchillas y gavilanes. La cuchilla -- puede colocarse a la profundidad que se desee y girarse a cualquier posición requerida (como se había mencionado), para empujar la tierra hacia adelante o a un lado.

El escarificador de estas máquinas es accionada a través de unos émbolos hidráulicos, que cuentan con unos dientes intercambiables y están puestos de tal manera que dejan un espacio entre cada uno de ellos para dar paso al material escarificado, los --- dientes están reforzados por una punta de acero más resistente, -- el escarificador es también utilizado para aflojar el material en los lugares donde la cuchilla no es suficiente.

Las motoconformadoras pueden tener de tres a seis velocidades hacia adelante, que varían de aproximadamente 2 a 20 mph.

Las velocidades más bajas se utilizan para operaciones de conformación y afinamiento, mientras que las altas velocidades se utilizan para transportarse de un lugar a otro.

Especificaciones generales de una motoconformadora (estas -
varían según marca y modelo)

Pesos de operación

Total	12,231 kg.
Sobre las ruedas delanteras	3,398 kg.
Sobre las ruedas traseras.	8,833 kg.

Motor

Marca	Cummins
Modelo	V378C
Número de cilindros	6
Velocidad gobernada	2,700 rpm.
Potencia a la velocidad gobernada	140 hp

Dimensiones generales

Largo total	8.28 mts.
Ancho total	2.41 mts.
Altura con cabina	3.25 mts.
Distancia entre centros de las ruedas delanteras	2.03 mts.
Distancia entre centros de las ruedas traseras	2.05 mts.
Distancia entre centros de los ejes del "tandem"	1.60 mts.
Radio de giro	12.19mts.

Movimiento del ventedor

Base de la cuchilla	254.00 cms.
Altura máxima sobre el terreno	44.40 cms.
Desplazamiento lateral (derecho o izquierdo)	60.90 cm..
Máximo ángulo de corte vertical (ambos lados)	90°

Velocidades

	Avance	reversa
Primera	4.35km/hr.	4.35km/hr.
Segunda	8.19km/hr.	8.19km/hr.
Tercera	15.83km/hr.	15.83km/hr.
Cuarta	30.04km/hr.	30.04km/hr.

Aplicaciones de las motoconformadoras.

- 1) Desyerbe y remoción de vegetación ligera.
- 2) Limpieza de bancos de materiales.
- 3) Construcción de canales y formación de terraplenes.
- 4) Extendido de materiales.
- 5) Mezcla de materiales y revoltura para uniformarlos.
- 6) Construcción de carpetas asfálticas.
- 7) Terminación de tabudes.
- 8) Mantenimiento de caminos.

Para afectar todos estos trabajos es indispensable aprovechar el máximo de la potencia de la máquina, comensando con la cuchilla, se ajuste a las condiciones del trabajo, es muy importante ya que afecta la potencia requerida, la cantidad y la calidad del trabajo.

La inclinación frontal de la cuchilla debe permitir cortar, mezclar y rastrear como se desea.

Siendo la forma de la cuchilla cóncava, el diseño de la máquina es tal que la posición frontal más efectiva para cortar o revolverse logra cuando el filo de la cuchilla queda vertical al lado superior. Este ajuste vertical se usa para emparejar superficies y dar formas definitivas de acabados.

Para trabajos de conservación de caminos, la parte superior se inclina hacia adelante, para dar rastreos.

En relación a la posición de la cuchilla con respecto al eje longitudinal de la máquina, el ángulo debe limitarse al apropiado, para que el material pueda correr libremente hacia el extremo de la cuchilla, para rastreo el ángulo de la cuchilla con respecto al eje longitudinal de la máquina debe ser de 60° a 70° .

La inclinación de las ruedas delanteras es básica, ya que en casi todas sus aplicaciones las motoconformadoras soportan una fuerza lateral que tienden a desviar la parte delantera de la máquina hacia un lado. Para remediar esta fuerza las ruedas delanteras deben inclinarse hacia la dirección que lleve la tierra al correr sobre la hoja.

Velocidades utilizadas.

Las velocidades en la transmisión recomendables para los diversos trabajos son:

- 1) Conservación de caminos

3^a a 5^a

2) Extendido de material	2 ^a a 4 ^a
3) Mexcal de material	4 ^a a 6 ^a
4) Afinamiento de taludes	1 ^a
5) Desyerbes	1 ^a a 2 ^a
6) Acabados finales	2 ^a a 4 ^a

Las motoconformadoras, en virtud de su forma de trabajo hacia adelante, debe voltear en tramos de longitud no menor de 300-mts., pues a menores distancias es más conveniente utilizar la reversa para regresar.

Rendimiento.

Puede establecerse que el rendimiento de una motoconformadora es inversamente proporcional al número de pasadas efectuadas por un mismo tramo, puede aplicarse la siguiente fórmula para su cálculo.

$$T = \frac{D N}{V E} + \frac{D N}{V E} + \frac{D N}{V E} + \dots \text{ETC.}$$

Donde:

T= Tiempo requerido para efectuar el trabajo

D= Distancia recorrida en cada pasada (km.)

N= Número de pasadas que se requiere para realizar el trabajo

V , V = Velocidades de operación (km./hr.)

E= Factor de eficiencia de trabajo

D= Se debe determinar al conocer la naturaleza del trabajo

N= Debe ser estimado de acuerdo con la clase de trabajo

E= Varía de acuerdo con las diferentes condiciones de trabajo.

Ejemplo:

En el rastreo de un camino de 10 km. con 6 pasadas: Tres pasadas con una velocidad de 2km./hr.; dos pasadas con una velocidad de 4 km./hr. y una pasada con una velocidad de 5km./hr. y con un factor de eficiencia de E= 0.40

$$T = \frac{(10) (3)}{(2) (0.40)} + \frac{(10) (2)}{(4) (0.40)} + \frac{(10) (1)}{(5) (0.40)} = 55\text{hs}$$



Fig. VI-13 Motoconformadora compacto 120-B realizando trabajos de terracerías (capa sub-yacente)

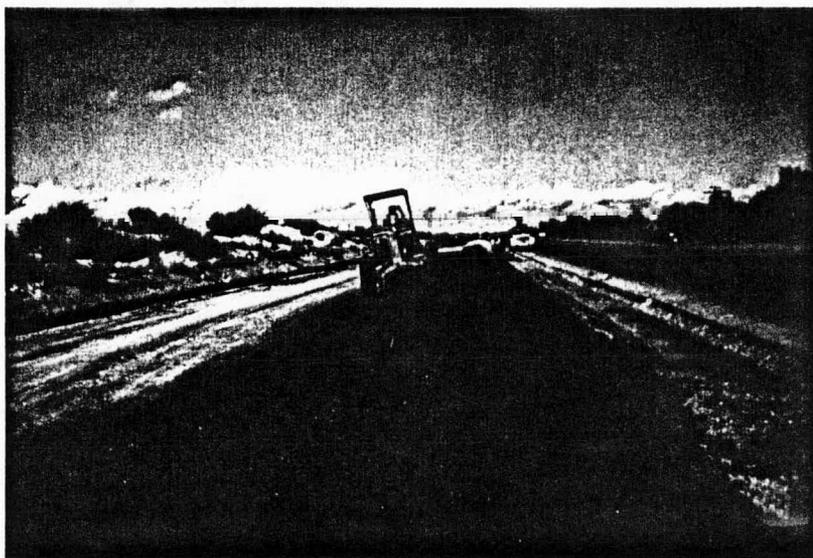


Fig. VI-14 Motoconformadora compacto 120-B realizando trabajos de homogenización de material de base.

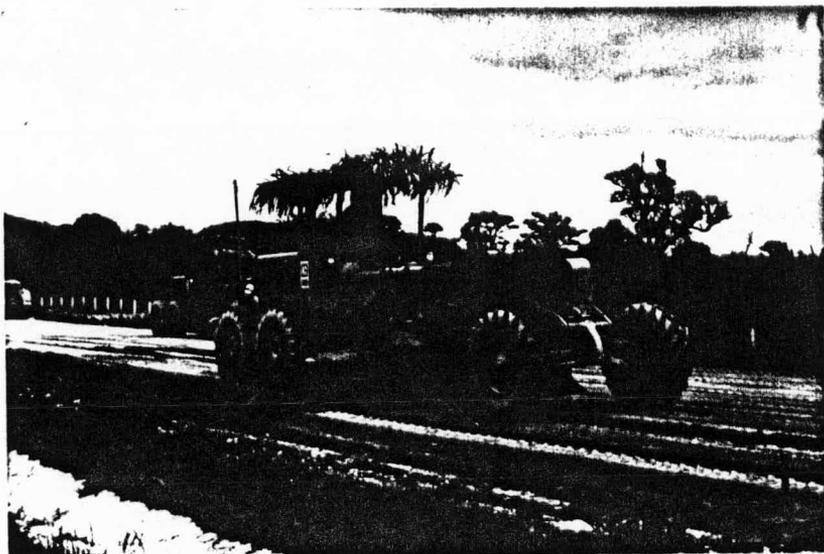


Fig. VI-14 Motoconformadora caterpillar 140 afinando capas de base.



Fig. VI-15 Motoconformadora caterpillar 120-B mezclando mezcla asfáltica en frío.

VI-3 Extendedora.

Para formar un pavimento se usan equipos de diseño especial los cuales extienden su mezcla caliente o fría de materiales asfálticos que reciben de los camiones de descarga por extremo, estos equipos se conocen como pavimentadoras, esparcidora o terminadora ver fig. VI-16

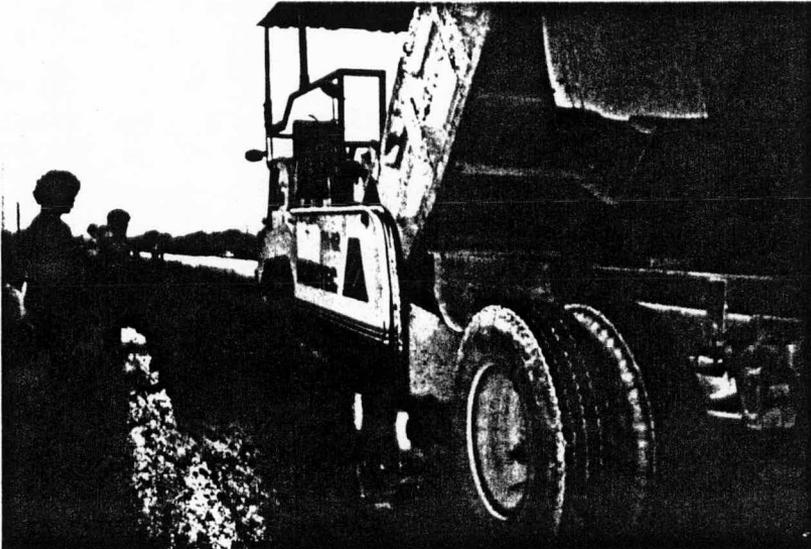


Fig. VI-16 Extendedora de material asfáltico se puede observar en la foto el camión volteo descargando mezcla asfáltica sobre la caja de la extendedora.

Estas máquinas cuentan con dos unidades:

- 1) Tractor
- 2) Extendedora

La unidad tractora. Contiene los mandos que regulan el paso de materiales a la maestra, tiene una tolva en que los camiones - vierten la mezcla y desde la que transportan el material a la unidad extendedora por medio de transportadores de cinta; la unidad- tractora produce también la fuerza motriz, no solo para sí misma. y para la unidad extendedora, sino para empujar el camión que está descargando en la tolva.

La caja de la tolva que recibe la mezcla de material caliente o fría varía desde las más pequeñas, con capacidad de tres - toneladas, a la unidad de mayor tamaño de 12 tn.

La unidad extendedora. Consta de brazos niveladores o brazos de maestra, una placa maestra, un dispositivo compactador y dispositivos de regulación de espesor. La conexión básica entre la unidad extendedora y la tractora son los brazos de la maestra, que están articulados con el chasis de la unidad tractora, en teoría, esto de lugar a una maestra flotante que extiende el material que le llegue en la forma deseada, cuando las fuerzas que actúan sobre la maestra están equilibradas se obtiene un espesor uniforme, si se cambian estas fuerzas, la maestra subirá o bajará la regulación del espesor se consigue combinando la inclinación de la placa maestra, variando con ello la fuerzas que actúan sobre el mecanismo de la maestra, este mecanismo reacciona contra las nuevas fuerzas que aparecen hasta que se equilibran de nuevo, durante cuyo proceso se produce un cambio de espesor.

Todas las extendedoras trabajan básicamente sobre los mismos principios en cuanto a nivelación y regularización del espesor de extensión. La operación de la extendedora en la colocación de un pavimento bituminoso comienza con el acomodo de un camión cargado de mezcál caliente o frío, con la parte trasera apuntada hacia la pavimentadora. Estando levantada la caja del camión para descargar gradualmente su carga, la unidad tractora remolca la maestra sobre el material, la maestra busca automáticamente el nivel en que su superficie inferior es paralela a la dirección de tracción, deseando una capa de espesor definido y fijo hasta que se hace girar los volantes de regulación que mueven la articulación de la maestra a la maestra se calienta y su forma puede regularse para ajustarla a la sección transversal de la superficie. La extendedora engrana sus ruedas traseras y las alista para empujar. Cuando hay suficiente material en la tolva de la extendedora y se asegura una alimentación continua a la emparejadora, la extendedora comienza a moverse hacia adelante, empujando el camión que se está descargando. Esto da a la extendedora la capacidad de su tolva más la de la caja del camión para operaciones continuas ver fig. VI-17, es obvio que hay un límite del tamaño del camión que puede empujar una extendedora. Algunas autoridades con experiencia en la pavimentación con materiales asfálticos, creen que los camiones grandes del tipo semitrailers, que cargan de 20 a 30 tn. de mezcla, pueden ocasionar problemas a una extendedora; ordinaria; especialmente para mantener el espesor correcto del pavimento.

Para obtener la tracción necesaria debe darse consideración especial a la extendedora; algunos de estos equipos están montados en tránsitos de orugas. Esto significa que el coeficiente de tracción, está en el intervalo de 0.8 a 0.9 la resistencia al rodamiento para la extendedora puede ser de aproximadamente 70lb./tn., mientras que para el camión que rueda sobre neumáticos puede ser-

ligeramente menor. Si la extendedora vacía tiene un peso de 24000 lbs. y carga 8 tn. de material, puede tener un esfuerzo total de tracción de 32,000 lbs. el esfuerzo neto de tracción para empujar el camión debe ser amplio si el coeficiente de tracción es más bajo y la resistencia por rodamiento más alto, todavía habría suficiente tracción con los tránsitos de orugas. con este tipo de montaje, las velocidades de recorrido son de 2 a 4 millas por hora como máximo.



Fig. VI-17 Extendedora empujando camión cargado con mezcla asfáltica.

En la regla maestra de pavimento se incorporan diversas características importantes de diseño, se necesitan unidades de calentamiento para asegurar que se coloque el material bituminoso a la temperatura adecuada, y que no está demasiado fría, para esto la placa de la emparejadora, generalmente, los calentadores son quemadores de gas l.p. ver fig. VI-18, se utiliza un mecanismo vibratorio para eliminar las burbujas de aire que se forman en la carpeta acabada de colocar y para mejorar la densidad del pavimento. El vibrador se acciona eléctricamente.

Es obvio, que el control de la regla maestra es muy importante para el éxito de la pavimentación. Los fabricantes de extendedoras modernas para materiales asfálticos han integrado controles automáticos para la regla maestra, estos controlan el espesor de la carpeta o la altura superior de la superficie.

El declive transversal de la regla maestra puede controlarse automáticamente por un senso del tipo del péndulo.

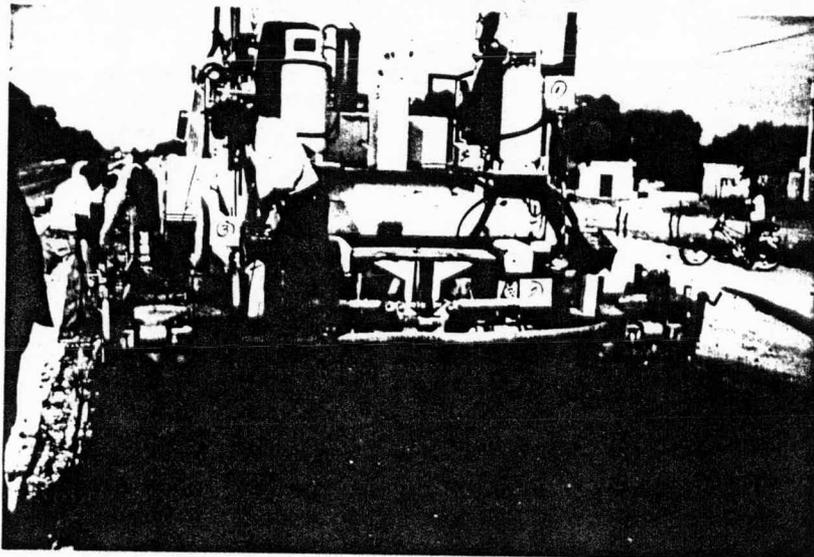


Fig. VI-18 Extendedora realizando trabajos de pavimentación

1 Tanque de gas L.P.

2 Quemadores

3 Controles para subir o bajar los niveles de la maestra

El buen funcionamiento de una extendedora exige lo siguiente

- 1) La pavimentadora debe funcionar tan continuamente como sea posible. Cuando la pavimentadora se detiene durante un tiempo considerable, la mezcla se enfría y la excesiva viscosidad del asfalto impide una extensión, y compactación adecuada, dando lugar a irregularidades en la superficie terminada y a puntos con densidad insuficiente. Por ello, debe regularse la velocidad de la pavimentadora de acuerdo con la capacidad de la instalación mezcladora y los elementos de transporte de forma que funcione continuamente.
- 2) En la tolva debe mantenerse material suficiente para suministrar a los tornillos extendedores mezcla suficiente--

para cubrir el menos dos tercios de su profundidad hasta -- sus extremos, la cantidad de material transportada por los -- tornillos debe fluctuar lo menos posible. Las compuertas -- de las tolvas deben fijarse de tal forma que las cintas -- transportadoras y los tornillos funcionen el 85% del tiempo o más.

- 3) La velocidad de avance de la extendidora debe regularse según el tipo y espesor de mezcla que se esta extendiendo.
- 4) La maestra debe calentarse al empezar el trabajo, cuando se empleen mezclas frías o calientes o en cualquier otro momento en que sea necesario.
- 5) Normalmente pueden obtenerse juntas satisfactorias en frío pero siempre es deseable obtener juntas en caliente cuando el volumen del trabajo justifica el empleo de dos extendidoras.

Rendimiento.

El rendimiento de un equipo de pavimentación se puede calcular en la forma siguiente.

$$T = \frac{D}{V \cdot E} ; \text{ (horas)}$$

En donde:

T= Tiempo requerido para efectuar el trabajo

D= Distancia recorrida por pasadas (km.)

V= Velocidad de operación (km./hr.)

E= Factor de rendimiento de trabajo

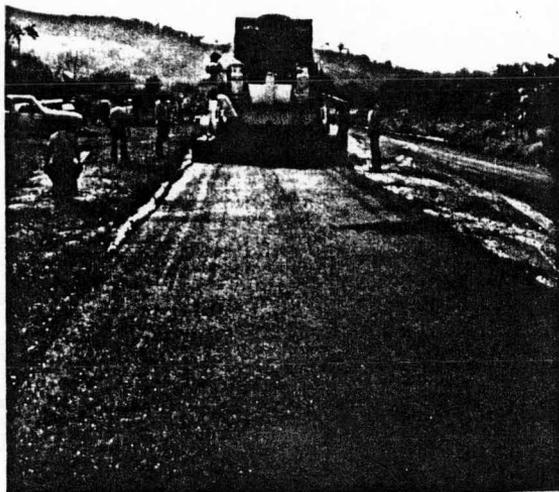


Fig. VI-19 Extendedora realizando trabajos de extendido de mezcla asfáltica caliente.



Fig. VI-20 Extendedora realizando trabajos de extendido de mezcla asfáltica en frío.

VII.- EQUIPOS DE COMPACTACION:

Compactación. La palabra compactación resulta de sustantivar el adjetivo "compacto" que deriva del latín "compactus", participio pasivo de "compigere" que quiere decir unir, juntar.

La compactación de los suelos debe ajustarse de la forma más adecuada, ya que, a excepción de unas correctas características de drenaje, es el factor que tiene mayor influencia en las condiciones fundamentales de cualquier obra civil, como pueden ser terraplenes, sub-base, base y superficies de rodamiento.

Se desprende de lo anterior, que la vida útil de una obra, en la que intervienen la compactación, dependerá de gran parte de grado de compactación especificado, el cual deberá ser estrictamente controlado.

Compactación: Es el aumento artificial, por medios mecánicos del peso volumétrico de un suelo, esto se logra a costa de la reducción de los mismos al conseguir un mejor acomodo de las partículas que los forman, mediante la expulsión de aire y/o agua del material.

Propósitos e importancia:

La compactación mejora las características de un suelo en lo que refiere a :

- 1) Resistencia mecánica.
- 2) Resistencia a los asentamientos bajo cargas futuras.
- 3) Impermeabilidad.

Entre las obras que requieren compactación se reduce señalar como más importantes las carreteras, las aeropistas y las presas de tierra.

Se hace notar que compactar a mayores grados del especificado no es conveniente, es decir, compactar más, puede resultar perjudicial al proyecto.

Trabajo del equipo de compactación:

Para comprender mejor la transmisión de los esfuerzos de compresión en un suelo, consideremos una placa rígida, circular, de área "A", colocada sobre un suelo, a la que se aplica una carga "L" dando una presión de contacto "P" ver fig. VII-1



Fig. VII-1

En el suelo se desarrollan presiones, si unimos los puntos de igual presión, obtendremos suficientes bulbos de presión. Observe lo siguiente:

1) Si aumenta el tamaño de la placa por la presión permanece constante, incrementando la carga; la profundidad del bulbo de presión aumenta fig. VII-2

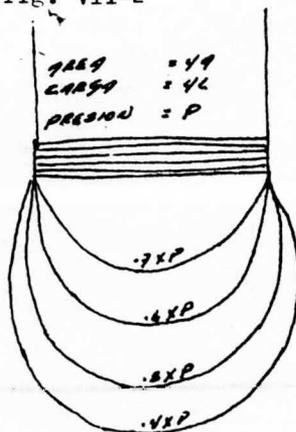


Fig. VII-2

2) Si aumenta la presión, y el área permanece constante fig. 3 la profundidad del bulbo no aumenta significativamente pero la presión y por lo tanto la energía de compactación, si aumenta.

Si consideramos un cierto equipo de compactación, trabajando cap. s de un determinado espesor.

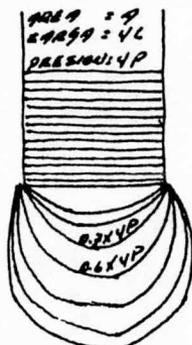


Fig. VII-3

De (1) y (2) se deduce que es necesario controlar el espesor de las capas para tener suficiente presión en el suelo para obtener la compactación adecuada.

De (2) Se deduce que no podemos aumentar significativamente el espesor de la capa de compactación simplemente lastrando excesivamente el equipo.

De (1) Se deduce que para aumentar el espesor de la capa, debemos cambiar el equipo que tenga mayor superficie de contacto, a que la presión permanezca constante.

Los esfuerzos mecánicos empleados en la compactación, son una combinación de uno o más de los siguientes efectos:

- 1) Presión estática. La aplicación de una fuerza por unidad de área.
 - 2) Impacto. Golpeo de una carga de corta duración, alta amplitud y bajas frecuencias.
 - 3) Vibración. Golpeo con una carga de corta duración, alta frecuencia baja amplitud.
 - 4) Amasamiento. Acción de amasado, reorientación de partículas próximas, causando un reducción de vacíos.
- 1) Compactación por presión estática.

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

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. 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.
 - b) Fomentar la resistencia de la fricción interna del material durante la compactación. Definiendo como fricción interna a la resistencia de las partículas de un suelo para deslizarse dentro de la masa del mismo. A mayor fuerza aplicada mayor la reacción de la fricción interna del material, aquí es donde el papel del agua es muy importante, ya que tendrá efectos lubricantes entre las partículas.
- 2) Compactación por impacto.

La compactación por medio de impacto se logra aplicando repetidamente una fuerza sobre el suelo, con alta amplitud y baja frecuencia.

3) Compactación por vibración.

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 dinámica o vibratoria, supera en eficiencia a los compactadores estáticos, debido a las vibraciones producidas por el equipo sobre el material, la fricción interna de éste, desaparece momentáneamente proporcionando el acomodo de las partículas.

La compactación por vibración tiene un efecto de penetración como el sonido, este tipo de compactación evita los efectos de arco y disminuye la fricción interna del material permitiendo que las fuerzas compactivas trabajen a mayor profundidad y a mayor enchura.

Con este principio de compactación las partículas de material se ven sujetas a presión estática y a impulsos dinámicos de las fuerzas vibratorias, con lo cual se logra una compactación con menor esfuerzo.

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

Ventajas de la compactación por vibración:

- a) Es posible compactar a más altas densidades; facilita -- la obtención de los últimos porcentos del grado de compactación que son tan difíciles, y a veces imposibles de obtener con compactadores estáticos.
 - b) Permite el uso de compactadoras más pequeñas.
 - c) Se puede trabajar sobre capas de mayor espesor.
 - d) Permite hacer más rápido por el menor número de pasadas.
 - e) Por las razones anteriores los costos de compactación resultan menores.
- 4) Compactación 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 superficie.

La compactación por este principio 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.

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

Equipos de compactación:

Hay una gran variedad de equipos de compactación, se describiran sus características básicas:

- VII-1.- Rodillo metálico
- VII-2.- Rodillo neumático
- VII-3.- Rodillo pata de cabra
- VII-4.- Rodillo de impacto
- VII-5.- Rodillo vibratorio
- VII-1.- Rodillo metálico:

Un rodillo metálico utiliza solamente presión con un mínimo de amasamiento en materiales plásticos.

Cuando estos rodillos inician la compactación de una capa e el área de contacto es más o menos ancha y se forma un bulbo de presión de una cierta profundidad. Conforme avanza la compactación el ancho del área de contacto se reduce, y por lo tanto también se reduce la profundidad del bulbo de presión y aumentan los esfuerzos de compresión en la cercanía de la superficie fig. VV-4 - estos esfuerzos son con frecuencia suficientes para triturar los agregados en materiales granulares, e invariablemente causan la formación de una costra en la superficie de la capa (encarpetamiento).

Si a esto se agrega la costumbre de hacer riegos adicionales durante la compactación, para compensar la evaporación, en una capa en donde la penetración del agua es difícil por la misma compacidad del material, llegaremos aun estado de estratificación de la humedad, en este momento la formación de la costra es inevitable.

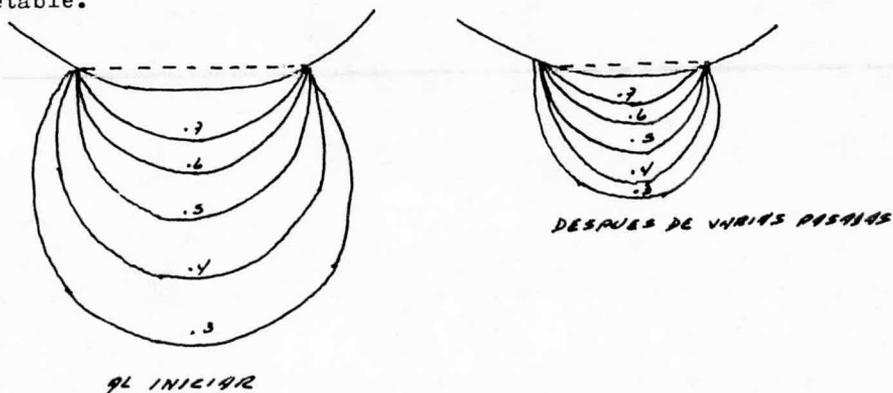


Fig. VII-4

También es contrumbre más o menos generalizada, el sobre lastrar estos equipos cuando no está obteniendo la compactación, para aumentar la penetración y la profundidad del bulbo de presión, esto generalmente tiene como consecuencia el sobre esforzar la superficie fig. VII-5

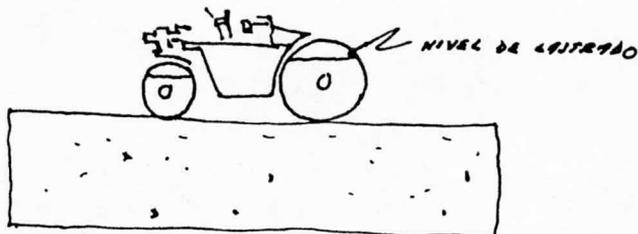


Fig. VII-5

Un rodillo metálico, no compacta pequeñas áreas bajas o suaves debido a que la rigidez de la rueda las puentea, estas áreas suaves se presentan con frecuencia en terracería debido a la irregularidad de la capa.

Los rodillos metálicos son huecos y se pueden lastrar con agua o arena.

Dentro de este grupo se pueden hacer la división siguiente:

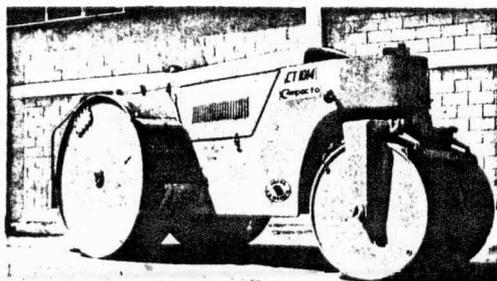
- a) Planchas tandem. Son aquellas que tienen dos o tres rodillos metálicos paralelos, los rodillos son generalmente huecos para ser lastrados con agua y/o arena, tienen generalmente dos números por nomenclatura, el primero es el peso de la máquina sin lastrar y el segundo es el peso de la máquina lastrada totalmente.
- b) Plancha de tres ruedas. Son quizás 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 antiesadores.

Las planchas tandem, a pesar que son generalmente de menor peso que las de tres rodillos, suelen tener mayor compresión por centímetro lineal de generatriz que la 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 compactarlas o rillas de terraplenas altas.

Son efectivas en todos los suelos, pero, por los inconvenientes mencionados y su bajo rendimiento hacen que su uso se limite a trabajos pequeños o al armado de una capa al inicio de la compactación.

Resumiendo, puede decirse que estas máquinas por su lentitud y poca profundidad, 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 desplazados por otras máquinas compactadoras.



Compactador vibratorio autopropulsado de 27 ton. de fuerza total de compactación, y compactador estático autopropulsado triciclo de 14 toneladas, respectivamente (Compacto).

VII-2.-RODILLO NEUMATICO.

Los rodillos neumáticos son muy eficientes y a menudo esencial para la compactación de subbase, base y carpeta, sus bulbos de presión son semejantes a los de los rodillos metálicos, pero el área de contacto permanece constante por lo que no se produce el efecto de reducción de bulbo, por otra parte, el efecto del puenteo del rodillo metálico, sobre zonas suaves, se elimina con llantas de suspensión independiente.

Estos compactadores pueden ser jalados o autopropulsados. Se pueden dividir conforme al tamaño de sus llantas en:

- a).- De llantas pequeñas: Generalmente tiene dos ejes en tandem y el número de llantas pueden variar entre 7 y 13 el arreglo de las llantas es tal que las traseras se traslapan con las delanteras ver fig. VII-7

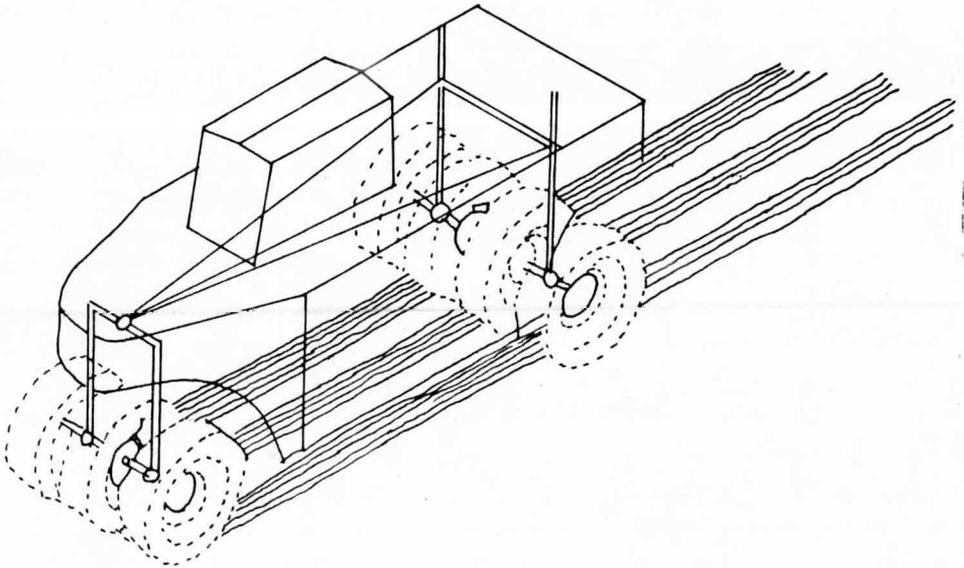


fig. VII-7

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

Estos compactadores tienen mayor maniobrabilidad, además tiene una buena acción de secado y cierran la textura del material de la capa.

- b).- De llantas grandes: Son generalmente arrastradas por tractor y pesan de 15 a 30 tn. tienen de 4 a 6 llantas en un mismo eje, además son difíciles de maniobrar y de transportar.

Los 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.
- 2).- La presión de inflado: Es importante, pero, está ligada íntimamente a la carga de la llanta si "W" es el peso del compactador, y "P" es la presión de contacto fig. VII-8

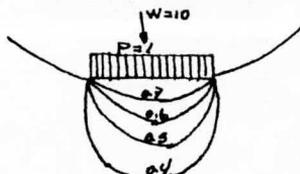


Fig. VII-8

Podemos observar que si aumentamos el peso sin aumentar la presión ver fig. VII-9 aumentamos la profundidad del bulbo, pero no la presión, esto nos permitiría trabajar capas relativamente mayores, pero, el aumento de eficiencia es casi nulo y las llantas durarán menos pues estamos aumentando el trabajo de deformación de las llantas.

Si aumentamos la presión sin aumentar la carga ver fig. VII-9 disminuimos la profundidad del bulbo de presión, y podemos llegar a encarpetar la capa.

Esto puede ser eficiente si la capa es delgada como suele serlo en subbase, base y carpetas.

Si aumentamos el peso y la presión ver Fig. VII-10 estamos aumentando la presión efectiva sobre la capa y por lo tanto el trabajo de compactación sobre la capa, sin embargo esto nos puede disminuir la vida útil de las llantas y del equipo, y aumentara la tendencia al rebote.

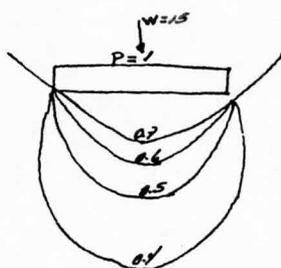


Fig. VII-9

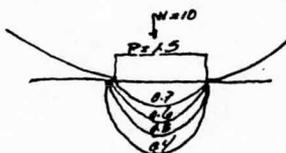


Fig. VII-10

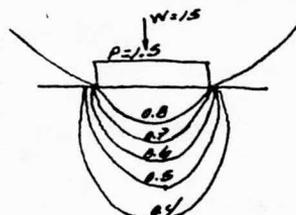


Fig. VII-11

La presión de inflado usuales son del orden de 50 psi. para compactadores pequeños (hasta de 10 tn.) y pueden llegar hasta 80 psi. en compactadores grandes de (10 a 60 tn.)

La presión de inflado no es igual a la de contacto ya que interviene la rigidez de la llanta inflada.

Tiene aplicaciones especializadas como la compactación del terreno natural en aeropuertos (Grandes extensiones, terreno plano, - alto grado de compactación, facil acceso, etc.) tienen gra utilidad- para sellar las capas superiores, con lo que se logra una buena impermeabilidad.

c) Duo-pactor:

Combinación de rodillos metálico y neumático ver fig. Vll-12

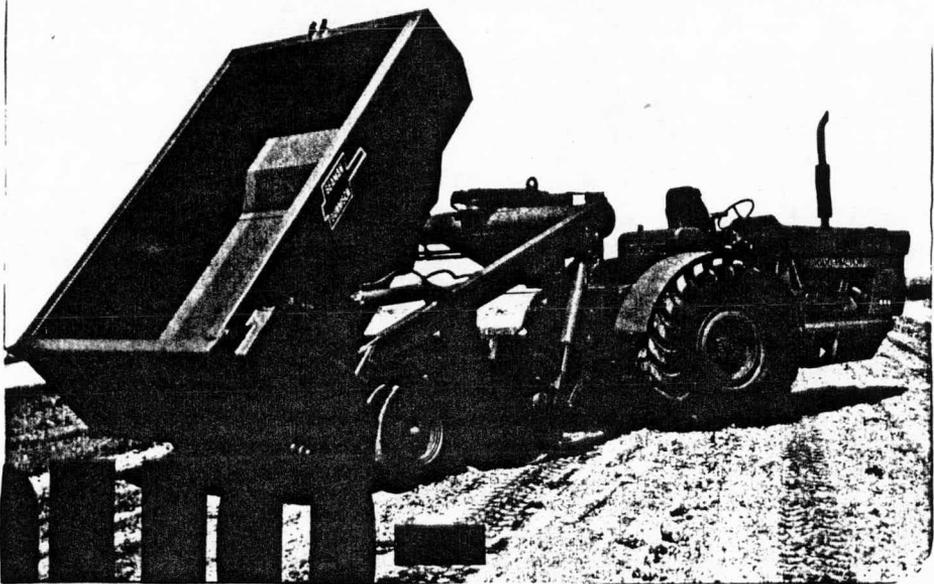


Fig. Vll-12 Duo-Pactor

El Duo-Pactor es la única máquina de fatiga variable hidráulicamente accionada, capaz de efectuar todas las compactaciones -- desde terrenos naturales hasta sellado de carpeta asfáltica ya -- que proporciona:

- 1) 8 neumáticos de alta presión muy próximos entre si, para compactación profunda.
- 2) Rodillo de acero para compactación superficial.

El resultado con una sola máquina donde normalmente se requieren varios tipos de compactadores, se traduce en un gran ahorro de tiempo, costo de operación e inversión de equipo.

Ventajas más importantes:

- 1) Se mejora la calidad de compactación: Al usarse como -- compactación de neumático, metálico o mixto proporciona mayor densidad, y estabilidad del material compactado. -- Con llantas compactadoras de pequeño diámetro y mínima -- área de contacto, se obtiene mayores presiones de com -- pactación.

Con mayor presión con unidad de superficie. El espesor compactado es mayor requiriendo menor peso bruto, esta importante -- característica del duo-pactor proporciona densidades mayores en -- materiales de bajo valor de soporte que se deformaría si se utilizan compactadores más pesados.

Cómo las llantas de pequeño diámetro muy próximos entre si forman zonas alternas de material compactado, dejando entre estas zonas, material con menor densidad, si se continuara compactando con llantas, estos lomos no desaparecerían ver fig. VII-13 sin embargo, al aplicar el rodillo de acero ver fig. VII-14, estos lomos son oprimidos hasta un nivel de las zonas ya compactadas sin desplazamiento de material, el resultado es una superficie lisa, bien terminada y de densidad uniforme.

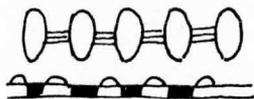


FIG. VII-13 LA PROXIMIDAD DE LAS LLANTAS PRODUCEN AREAS FUERTES COMPACTADAS

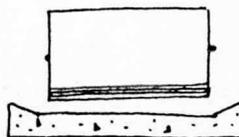


FIG. VII-14 EL RODILLO DE ACERO INCRUSTA LOS LOMOS QUE SE FORMAN ENTRE LAS MUELLAS DE LAS LLANTAS

- 2) Desplazamiento mínimo del material: El enemigo principal de la compactación uniforme y a bajo costo es el desplazamiento de material ya sea en espesores grandes o pequeños el desplazamiento ocurre cuando la carga por rueda excede el valor de soporte del material por compactarse.

Entre mayor sea el espacio entre llanta y llanta, mayor será el desplazamiento.

El rodillo neumático del duo-pactor consiste en 8 llantas -- de pequeño diámetro (7.50 X 15) montadas por pares muy próximos -- entre si, el espacio entre cada par de ruedas es solamente de -- (5 cm.), con lo que se consigue confinar la presión superficial por esta razón el desplazamiento lateral del material es mínimo.

- 3) Presión de contacto igual y constante: El rodillo tiene un sistema exclusivo de suspensión por medio de muelles de torsión ver. fig. VII-15 que asegura una presión de contacto uniforme. En caminos de sección convexa, se -- mantiene una presión más uniforme en el ancho de rodado de la máquina.

Cuando un par de ruedas cambia su posición debido a irregularidades del terreno ver, fig.VII-16, la muelle se tuerce, distribuyendo por igual la carga sobre ruedas, en cambio en -- compactador neumático con ruedas de ascilación libre ver fig.- VII-17, la mayoría de la carga se transfiere a la llanta inferior, lo que ocasiona compactación irregular.

SUSPENSIÓN DE LAS RUEDAS



FIG. VII-15 SE ADAPTA A LA SUPERFICIE IRREGULAR GRACIAS A SUS MUELLES



SUSPENSIÓN POR MUELLE DE TORSIÓN

FIG. VII-16 OSCILACIÓN DE TORSIÓN CONTROLADA



FIG. VII-17 OSCILACIÓN LIBRE INCONTROLABLE MAYOR CARGA SOBRE LA RUEDA INFERIOR

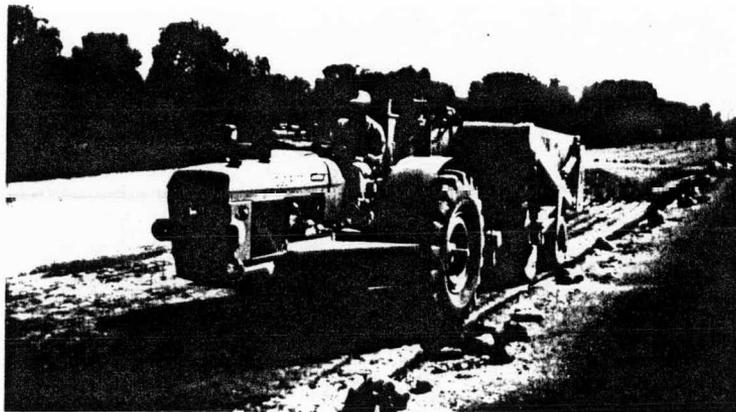


Fig. VII-18 Duo-Pactor compactando capa de base.

Vll-3 RODILLO PATA DE CABRA:

Consiste en cilindros dentados con diferentes diseños de pata ver fig. Vll-19, trabajan en forma eficiente en materiales cohesivos y se dice que compactan de abajo hacia arriba, ya que al comenzar a transitar sobre el material suelto depositado, se hundiendo aplicando todo el peso de los niveles inferiores de la capa. Así al aplicar varias pasadas van aflorando porque el incremento de compactación permite que el equipo sea soportado por la capa, para el compactador la última fracción de capa queda generalmente suelta y pasa a formar parte del espesor de la capa siguiente:

- A) Una compactación uniforme.
- B) Una integración entre las capas compactadas, evitando estratificación indeseable.

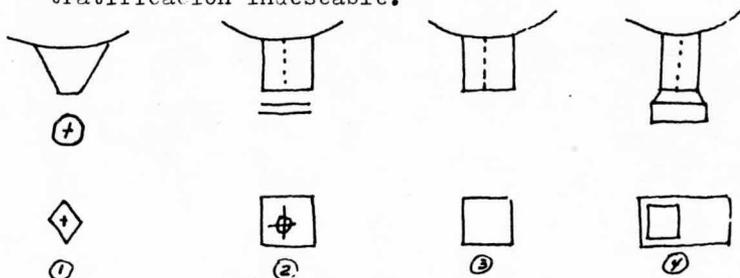


Fig. Vll-19, tipos usuales de patas de rodillos patas de cabra.

Debido a la pequeña área de contacto de una pata y al alto peso éstos equipos de bulbo de presión es intenso y poco profundo, la compactación se consigue por penetración y amasamiento más que por efecto de bulbo de presión ver fig. Vll-20

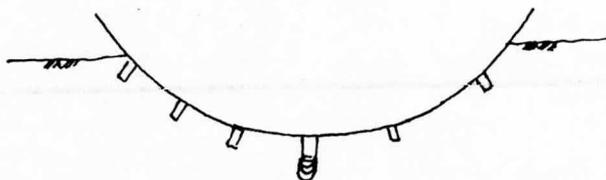
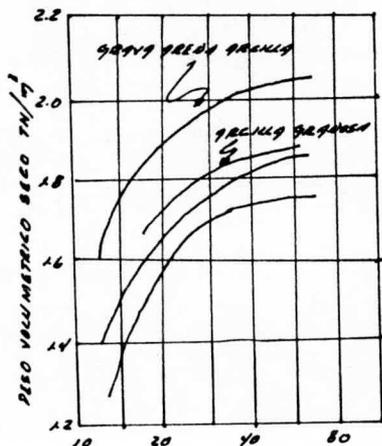


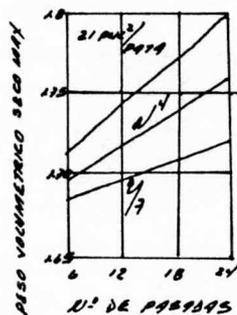
Fig. Vll-20 Bulbo de presión bajo una pata de cabra.

Los rodillos patas de cabra son lentos, tienen una gran resistencia al rodamiento, por lo que consume mucha potencia, este equipo es todavía pedido en especificaciones algunas veces, pero su uso está declinado debido a los altos costos que tienen, usualmente, por unidad de volumen compactado.

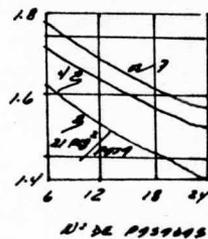
El número de pasadas, el tipo de material y el área de la pata, influyen en el peso volumétrico obteniendo así como en el contenido de humedad del material ver gráficas V11-1 y V11-2.



GRAFICA V11-1



GRAFICA V11-2



V11-4 RODILLO DE IMPACTO:

Es un rodillo metálico, en el que se han fijado unas salientes en forma aproximada de una pirámide rectangular truncada, ver fig. V11-21.

Estas piramides no son de la misma altura pues hay unas más altas que otras, siguiendo el modelo de puntos altos y bajos del rodillo de reja, ésto dá las mismas ventajas, pudiéndose limpiar fácilmente por medio de dientes sujetos a un marco.

Estas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de contacto se incremente con la penetración, ajustándose automáticamente la presión a la resistencia del suelo compactado ver fig. V11-22.

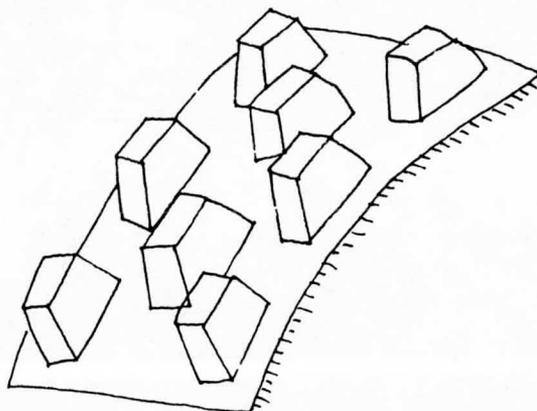


Fig. V11-21 sección de un rodillo de impacto, mostrando la distribución y forma de las piramides.

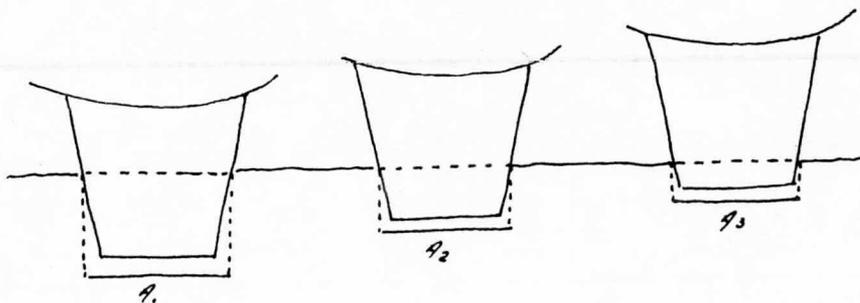


Fig. V11-22 Ajuste del área de apoyo.

El diseño contempla también una fácil entrada y salida a la capa, lo que disminuye la resistencia al rodamiento, estos rodillos han aprobado ser muy fuertes y eficientes y elimina estratificación en los terraplenes, ver. fig. VII-23.

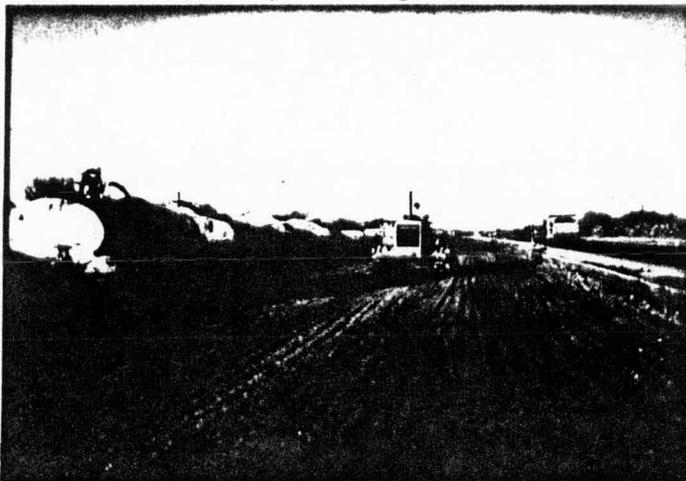


Fig. VII-23 COMPACTADOR DE IMPACTO REALIZANDO TRABAJOS DE COMPACTACION DE TERRAPLAN.

Cuando en rodillo de impacto empieza una nueva capa que no sea mayor de 30 cm. los bulbos de presión y las ondas de impacto proveen suficiente amasamiento con la capa inferior para eliminar la astratificación que ocurre con cualquier otro compactador-excepto la pata de cabra.

El rodillo de impacto ha probado ser uno de los más versátiles y económicos compactadores de terracerías, capaz de compactar eficientemente la mayor parte de los suelos, ver fig. ---- VII-24.

El rodillo de impacto que cuenta con una cuchilla empujadora en la parte delantera, es de gran utilidad ya que ella sola puede ir extendiendo y compactando el material, como se observa en la Fig. VII-24.



Fig. VII-24 COMPACTADOR DE IMPACTO REALIZANDO TRABAJO DE EXTENDIDO DE MATERIAL Y A LA VEZ COMPACTÁNDOLO.

Vll-5 RODILLO VIBRATORIO:

Estos rodillos funcionan disminuyendo temporalmente la fricción interna del suelo, como en los suelos granulares (gravas y arenas su resistencia depende principalmente de la fricción interna (en los suelos plásticos depende de la cohesión), la eficiencia de estos están casi limitadas a suelos f granulares.

La vibración provoca un reacomodo de las partículas del suelo que resulta en un incremento de peso volumétrico, pudiendo alcanzar espesores grandes de la capa (0.80 m.).

Estos rodillos pueden producir un gran trabajo de compactación en relación de su peso estático ya que la principal fuente de trabajo es la fuerza dinámica de compactación ver fig. Vll-25

Buscando extender ventajas a suelos cohesivos se han desarrollado rodillos pata de cabra vibratorios ver fig. Vll-26, en los que la fuerza y la amplitud de la vibración se han aumentado, y se ha disminuido la frecuencia.

Estos rodillos se clasifican por su tamaño, pequeños hasta 9,000 kg. de fuerza dinámica y grandes de más de 9,000 kg. pudiendo llegar hasta 20,000 kg. o más, los grandes pueden llegar a sobreesforzar suelos debiles por lo que hay que mejorarlos con cuidado.

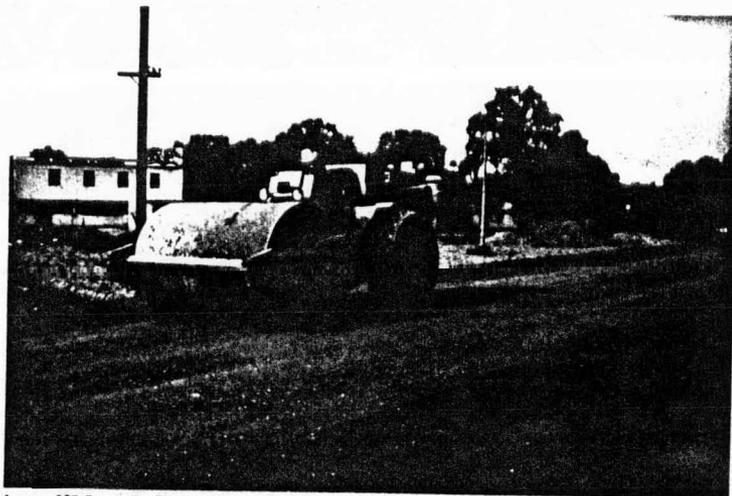


Fig. Vll-25 Rodillo liso vibratorio realizando trabajos de compactación de capa de base.

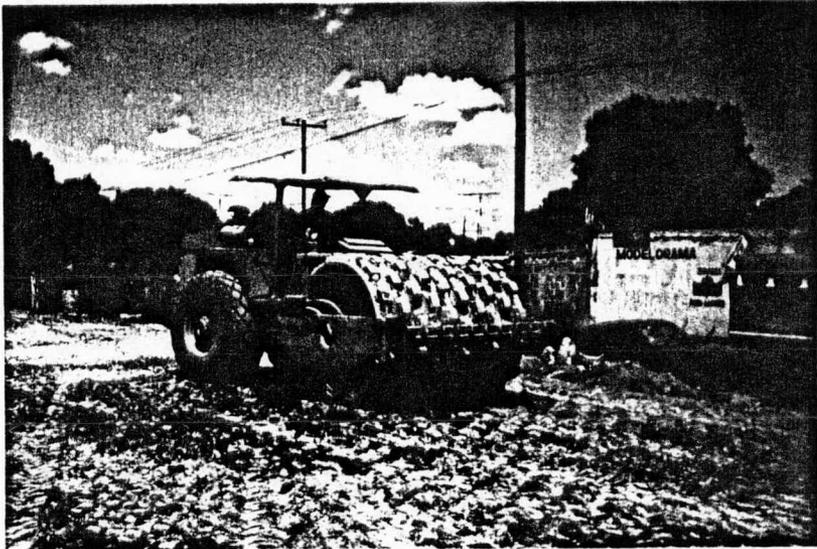


Fig. VII-26 Rodillo pata de cabra autopropulsado realizando trabajos de compactación en capa de terracerías.

Todos los vibradores deben de manejarse a velocidades - de 2.5 a 5 km. por hora velocidades mayores no incrementan la producción y con frecuencia no se obtiene la compactación.

Velocidades de operación.

De las velocidades de translación del compactador y del número de las pasadas dependerá, principalmente la producción, - la velocidad estará entre los siguientes valores:

a) Rodillos metálicos y patas de cabra: Son lentos por naturaleza, entre más rápido mejor, limitados sólo por la seguridad 5 km./hr. es un buen máximo.

b) Rodillos de impacto: Entre más rápido mejor, limitado solo por la seguridad, normalmente de 10 a 20 km./hr.

c) Rodillos neumáticos: Entre más rápido mejor, excepto - que haya rebotes, lo que puede ocasionar ondulaciones de la capa compactación dispareja y desgaste acelerado del equipo normalmente de 4 a 8 km./hr.

d) Rodillos vibratorios: La máxima eficiencia se obtiene entre 3 y 5 km./hr, velocidades mayores la eficiencia baja rápidamente y se puede llegar a no obtener la compactación.

Selección de compactadoras, en cuanto a su función.

La selección de compactadores más adecuados no siempre es sencilla, ya que depende de muchos factores: Tipo de suelo, tipo de trabajo, método de movimiento de tierras, compactibilidad de trabajo, etc., en la selección final deben hacerse intervenir, cuando menos, los factores mencionados. Es frecuente y muy eficiente el uso de varios equipos que combinen los diferentes efectos de compactación.

Los factores más importantes que deben tomarse en cuenta para esta selección son:

- 1) Tipo de material.
- 2) Tamaño de la obra.
- 3) Requerimientos especiales.

Tipo de material: En la figura VII-28 se muestra en los renglones 4 y 5 los diferentes materiales y su respectivo tamaño en mm. en el renglón 3 se clasifican en cohesivos, semecoehivos, y no cohesivos, (Los más finos son cohesivos y los granulares no cohesivos.

En los renglones 1 y 2 se indican sus usos más frecuentes:

- 1) Sub-base, base y carpetas: Siempre materiales cohesivos-- (arenas y gravas).
- 2) TERRACERIAS: Normalmente materiales cohesivos y semicohesivos a veces no cohesivos.
- 3)

En el renglón 6. La compactación por presión estática (rodillos metálicos y neumáticos), es aplicable a todos los suelos, -limitaciones. Bajo rendimiento excepto en los compactadores neumáticos grandes.

En el renglón 7. La compactación por amasamiento (rodillo - pata de cabra estática y pata de cabra vibratoria), es útil para suelos cohesivos y semicohesivos (arcillas, limos y algo en arenas limosas).

En el renglón 8. La compactación por impacto (rodillo de im pacto) aplicable a casi todos los suelos, pero el mal acabado - quedan a la capa solo permite aplicarlos en terracerías normalmente arcillas y limos, a veces arenas.

En el renglón 9. La compactación por vibración (rodillos li so vibratorio) es aplicable en suelos no cohesivos (arenas y - gravas y a veces algunos semicohesivos (arenas limosas).

Conclusiones de la figura Vll-28

- a) Para suelos cohesivos se debe preferir pata de cabra vibratoria o rodillo de impacto (línea "A").
- b) Para suelos no cohesivos se debe preferir rodillo liso - vibratorio (línea "B").
- c) Para todos los suelos: Rodillo neumático.
- d) Las mejores combinaciones son:

Para suelos cohesivos: Neumático grnade y pata de cabra o - neumático y rodillo de impacto (línea "A").

Para suelos no cohesivos: Neumáticos y rodillos vibratorio (línea "B").

SUB-BASES
BASES Y CARPETAS

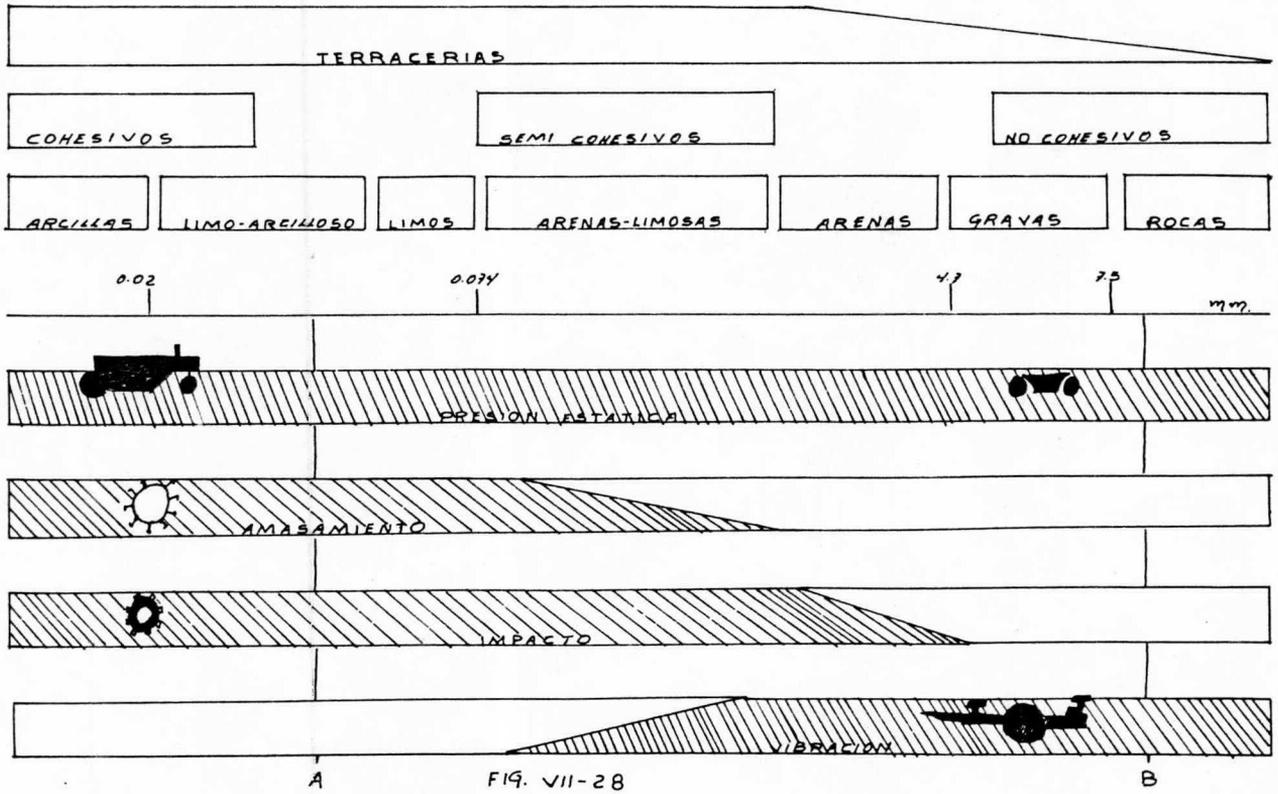


FIG. VII-28

RENDIMIENTO.

Para determinar la producción horaria de un equipo de compactación se debe 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 especificada = 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 área por el espesor compactado de capa se obtiene el volumen por hora.

La fórmula puede escribirse:

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

P = PRODUCCION HORARIA (m³/hr.)

A = ANCHO COMPACTADO DE LA MAQUINA.

V = VELOCIDAD KM./HR.

E = ESPESOR DE LA CAPA (cm.)

N = NUMERO DE PASADAS

10 = FACTOR DE CONVERSION.

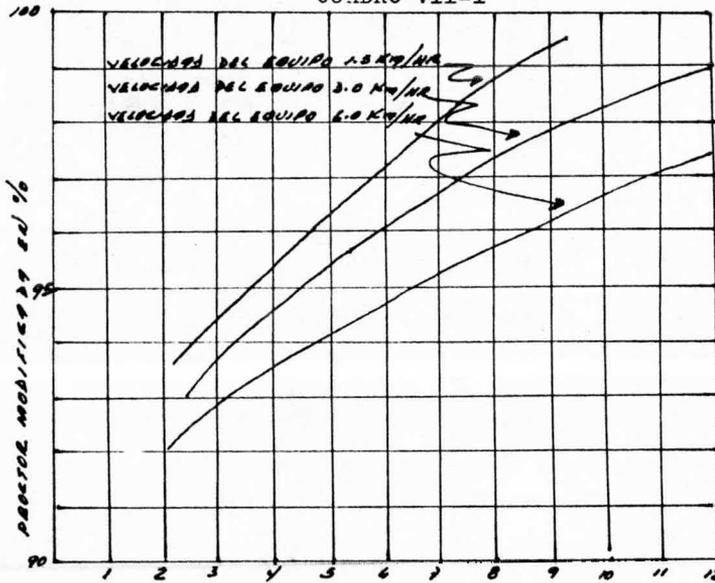
C = EFICIENCIA (0.6 a 0.8).

La eficiencia (C) afecta la capacidad teórica, reduciendola por traslapes de pasadas pasarelas, por tiempo perdido para dar -- vuelta y otros factores propios del equipo.

El número de pasadas depende de la energía que el equipo -- pueda proporcionar al suelo ver cuadro VII-1

Ejemplos típicos			
Equipo	Profundidad de la capa (cm.)	No. de pasadas.	
		para 90 %	para 95%
Rodillo metálico	10-20	7-9	10-12
Neumático ligero	15-20	5-6	8- 9
Neumático pesado	hasta-70	4-5	6- 8
Rodillo de impacto	20-30	5-6	6- 8
Pata de cabra vibratorio	20-30	3-5	6- 7
Liso vibratorio	20-30	Ver gra fica V11-3	

CUADRO V11-1



Gráfica V11-3 Relación entre el grado de compactación y el número de pasadas (equipo liso vibratorio).

Ejemplo:

Determinar la producción horaria:

1) Rodillo arrastrado por tractor agrícola.

Ancho = 1.5 m.

Velocidad = 4 km./hr.

Espesor = 20 cm. (sueltos)
 NO. de pasadas = 4 para 95%
 Coeficiente de reducción = 0.7
 Eficiencia = 0.75

$$P = \frac{1.5m. \times 4 \times 20 \times 0.7 \times 10 \times 0.75}{4} = 157 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

2) Rodillo autopropulsado.

Ancho = 2.14 m.
 Velocidad = 4.5 km./hr.
 Espesor = 20 cm. (sueltos)
 Número de pasadas = 4 para 95%
 Coeficiente de reducción = 0.7
 Eficiencia = 0.75

Es de mayor maniobrabilidad y de mayor energía dinámica.

$$P = \frac{2.14m. \times 4.5 \times 20 \times 10 \times 0.7 \times 0.75}{4} = 253 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

3) Rodillo vibratorio tandem autopropulsado.

Ancho = 1.50
 Velocidad = 4 km./hr.
 Espesor = 20 cm. (sueltos)
 No. de pasadas = 2 por ser dos rodillos
 Coeficiente de reducción = 0.7
 Eficiencia = 0.75

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.7 \times 0.75}{2} = 315 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

VIII.- EQUIPOS DE PRODUCCION.

En toda obra de construcción de caminos, aeropuertos, presas, etc., es de suma importancia los equipos de producción, ya que de ello se derivan los materiales así como las mezclas para el construcción de dichas obras arriba mencionadas.

La buena elección de estos equipos depende mucho de el éxito de la obra, ya que se podrán obtener mayores producciones a bajos costos, rapidez en la ejecución de la obra, así como calidad en los materiales.

Los equipos de producción los podemos clasificar en:

- VIII-1. Cribas.
- VIII-2. Trituradoras.
- VIII-3. Plantas de asfalto.

VIII-1.- 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 mallas de alambre o de placapera foradora en orificios cuadrados, rectangulares o redondos, montados en el interior de una caja o bastidor flotante, equilibrado apoyado sobre soportes o suspendido por medio de cables.

Las vibraciones son producidas por el efecto de una flecha excéntrica o provista de contrapesos que giran 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 comunes ver cuadro VIII-1, 2, y 3.

1 Estados unidos norma ASTM.

Designación de la malla (Mallas más usuales)	Claro entre alambres en (mm.)
3"	76
1-1 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

CUADRO VIII-1

2 Francia norma AFNOR NF-X11-501

Designación de la malla (mallas mas usuales)	Claro entre alambre en (mm.)
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

CUADRO VIII-2

3 Inglaterra norma BSA-410

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	5	3.35
"	10	1.67
"	22	6.699
"	44	0.353
"	85	0.178
"	100	0.152
"	200	0.076
"	300	0.053

CUADRO Vlll-3

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 con más económicas por su excéntrico simple, pero ocupan, para tamaños iguales un mayor espacio vertical de instalación, que sus homólogos horizontales.

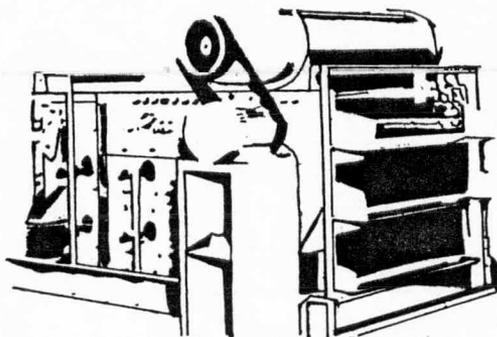


Fig. Vlll-1 Criba Vibratoria Horizontal de tres pisos.

Los tamaños más utilizados (ancho por longitud 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' ensus versiones de uno, dos y tres pisos.

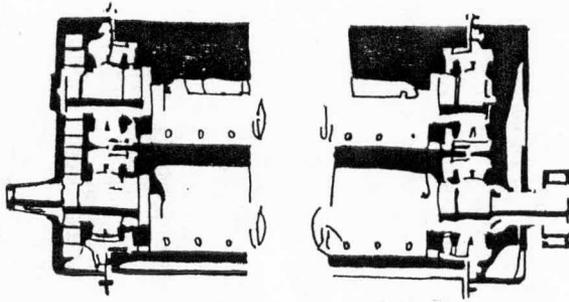


Fig. Vlll-2 Mécanismo excéntrico doble para cribas vibratorias horizontal.

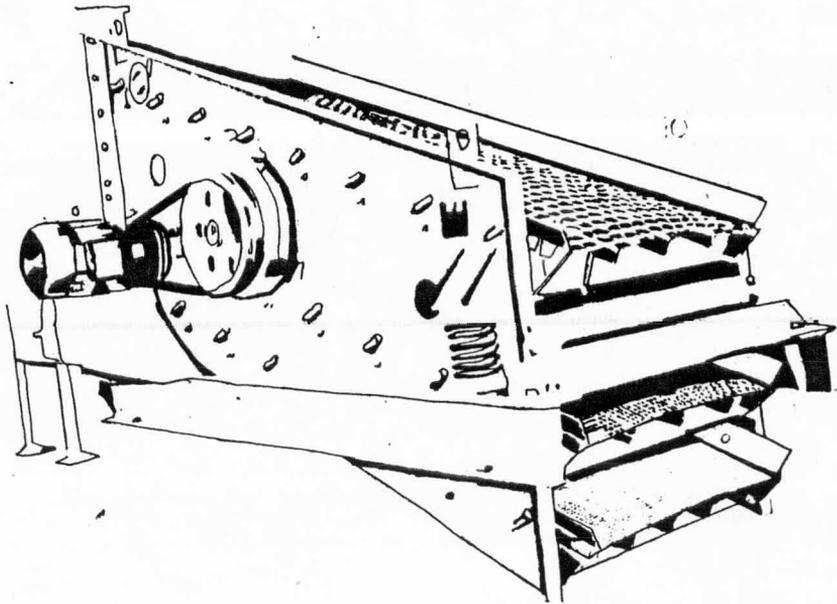


Fig. Vlll-3 Criba vibratoria inclinada en trespisos.

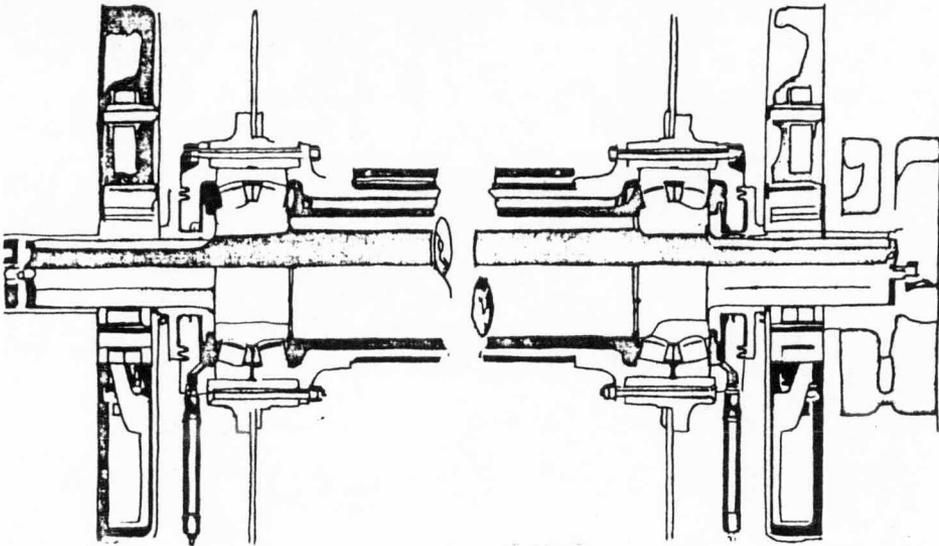


Fig. Vlll-3a Mécánico excéntrico simple cribas inclinadas.

El cribado de agregados para caminos se realiza por vía seca mientras que el cribado de agregados para concretos hidráulicos se realizan por vía húmeda, equipado para ello a las cribas con flautas de riego.

Cribas mezcladoras portátiles.

Tienen capacidad adicional y mayor flexibilidad que permite satisfacer las especificaciones requeridas. El gran impacto y agresividad en el cribado asegura una rápida separación para mayor producción y beneficios.

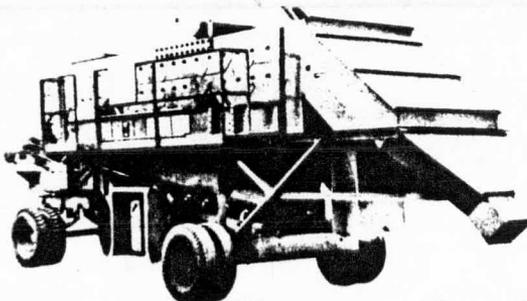


Fig. Vlll-4 Mezcladora portátil.

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

factor "A" capacidad específica en tn. cortas/hr. que pasan a través de un pie cuadrado de malla basada en una eficiencia del 95% con un sobretamaño en el material aumentada del 25%

	.016"	.0164"	.0232"	.0238"	.046"	.065"	.093"	1/8"	.131"	.185"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"
	48	25	28	20	14	10	8	-	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	154 R	2040	54	1050	
	.144	.183	.226	.282	.36	.43	.57	.69	.78	.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	.120	.157	.188	.235	.30	.375	.475	.56	.595	.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	.091	.115	.142	.178	.226	.284	.36	.48	.45	.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.188	.140	.168	.194	.216	.236	.256	.290	.320	.370	.405	.430	.465	.490	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.88	1.10	1.40	1.60	1.80	1.96	2.12	2.40	2.68	3.10	3.38	3.60	3.86	4.07	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.68	.88	1.04	1.21	1.36	1.48	1.60	1.83	2.00	2.31	2.53	2.69	2.91	3.00	

factor "B" es función del porcentaje de sobretamaños contenidos en la alimentación a la criba

porcentaje de sobretamaños	factor "B"
10%	1.05
20%	1.01
30%	0.98
40%	0.95
50%	0.90
60%	0.86
70%	0.80
80%	0.70
85%	0.64
90%	0.55
92%	0.50
94%	0.44
96%	0.35
98%	0.20
100%	0.00

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

EFICIENCIA DESEADA	60%	70%	75%	80%	85%	90%	92%	94%	96%	98%	FACTOR "C" UNA SEPARACION PERFECTA O EFICIENTE DEL 100% NO ES ECONOMICA EN LA PRACTICA DEL CRIBADO DE AGREGADOS, SE ACEPTA UNA EFICIENCIA DEL 94%
FACTOR "C"	2.10	1.70	1.55	1.40	1.25	1.10	1.05	1.00	0.95	0.90	

CANTIDAD DE ALIMENTACION MENOR DE LA MITAD DE LA MALLA DE CRIBADO	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	ESTE FACTOR ES NECESARIO CONSIDERARLO CUIDADOSAMENTE CUANDO SE ESTE CRIBANDO UN MATERIAL CON ALTO CONTENIDO DE ARENA O ROCA FINA, POR EJEMPLO, SI SE ESTA CRIBANDO A 1/2" CONSIDERAR EL PORCENTAJE MENOR A 1/4" EN LA ALIMENTACION.
FACTOR "D"	0.55	0.70	0.80	1.00	1.20	1.40	1.80	2.20	3.00	--	

CRIBAS POR VIA HUMEDA

TAMAÑO DE LA ABERTURA DE LA MALLA (PULGADA O NÚMERO DE LA MALLA)	20	14	10	8	1/8"	6	4	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	3/4"	1" O MÁS
FACTOR "E"	1.40	1.50	2.00	2.25	2.50	2.50	2.50	2.25	2.00	1.50	1.30	1.20	1.10

EL CRIBADO POR VIA HUMEDA ABAJO DE LA MALLA NRO. NO SE RECOMIENDA, SI SE CRIBA POR VIA SECA SE UTILIZARA UN FACTOR "E" IGUAL A 1 UN CRIBADO POR VIA HUMEDA SIGNIFICA EL UTILIZAR DE 5 A 10 GALONES POR MINUTO DE AGUA POR CADA YARDA CUBICA DE MATERIAL PRODUCIDO POR HORA O SEA QUE POR CADA 50 YD³ POR HORA DE MATERIAL, SE NECESITARAN DE 250 A 500 GALONES POR MINUTO DE AGUA.

PISO	SUPERIOR	SEGUNDO	TERCERO	PARA UNA CRIBA DE UN PISO SE USARA UN FACTOR "F" IGUAL A 1 PARA UNA CRIBA DE DOS O TRES PISOS, PARA EL CALCULO DE CADA PISO, SE UTILIZARA EL FACTOR "F" INDICADO CORRESPONDIENTE.
FACTOR "F"	1.00	0.90	0.75	

VIII-2.- Trituradoras.

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

Es por lo tanto muy importante poder contar con toda la información necesaria para poder plantear correctamente al problema de selección del equipo de trituración y complementario respectivo, y así elegir las máquinas que a partir de un material natural o - engreña, 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.

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 en dicha transformación se deberá realizar en varios pasos o etapas de acuerdo con el material - natural disponible y con las especificaciones que deben cumplirse

Se describirán someramente los siguientes tipos de equipo:

Equipos de trituración:

- 1) Trituradoras primarias (Quijadas y giratorias)
- 2) Trituradoras secundarias (De cono, rodillos, martillo e - impacto)
- 3) Trituradoras terciarias (De cono, rodillo, martillos e - impacto)
- 4) Molinos (Barras y de bolas)

Equipos complementarios:

- 1) Cribas vibratorias (Horizontales e inclinadas)
- 2) Alimentadores
- 3) Gusanos lavadores
- 4) Bandas transportadoras.

Las máquinas de trituración más utilizadas en las obras civiles, emplean los métodos mecánicos de reducción ver cuadro. ---
VIII-4

Quebradora	Métodos de reducción			
	Impacto	DESGASTE	Corte	Compresión
Impacto	0			
Pulverizador	0			
Martillos	0	0	0	
Rodillos	0		0	0
Giratorias	0			0
Quijadas	0			0
Cono	0			0

CUADRO VIII-4

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

1) Trituradora de quijada:

Definitivamente es la quebradora de quijadas de simple toggle co excéntrico superior fig. VIII-5, la que se utiliza para realizar - la primera etapa de reducción de los materiales pétreos, en la planta móvil caminera, en prácticamente todos los casos, así como en la mayoría de todos los casos de las instalaciones fijas de producción de agregados para la industria de la construcción.

Equipo de mecánica simple, se utilizan en las plantas portátiles, en tamaños que van desde 12" X 36" hasta 50" X 60" con peso de 5,300 kg. hasta 48,000 kg. y produciendo desde 18 tn./hr., de acuerdo con el tamaño de la máquina, su abertura de salida y la naturaleza geológica del material, alcanzan índices de reducción promedio de 8:1

En algún tiempo se utilizarón quebradoras de quijadas gemelas móviles, pero hoy prácticamente han quedado de en desuso debido a su alto costo de adquisición y de operación.

Las quebradoras de quijadas tipo "BLAKE" de doble biela y - las giratorias, prácticamente no se utilizan en los grupos móviles - primarios de trituración, por ser máquinas muy pesadas y de grandes-dimenciones, lo cual hace poco práctico instalarlas en el chasis remolque, empleandose fundamentalmente en instalaciones mineras.

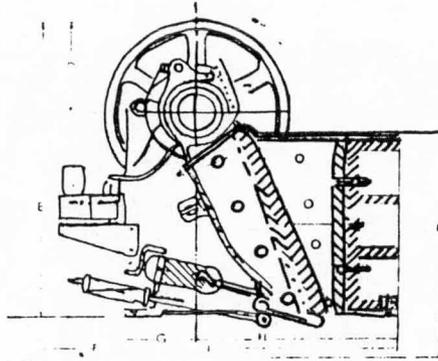


Fig. Vlll-5 quebradora de quijadas de simple toggle.

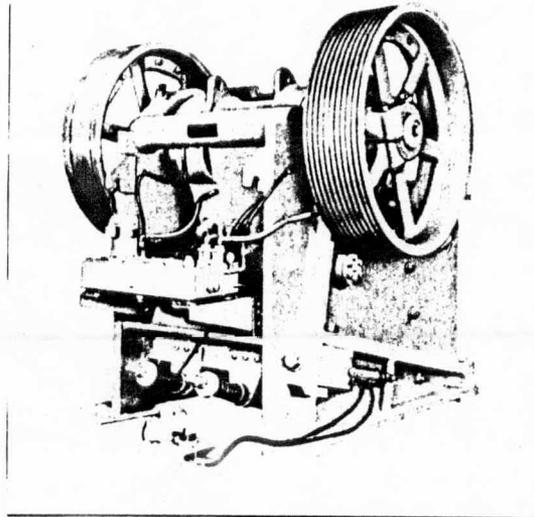


Fig. Vlll-6 quebradora de quijadas doble biela modelo 30" X 42" con una producción hasta de 480 tn/hr.

NOTA: 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.)

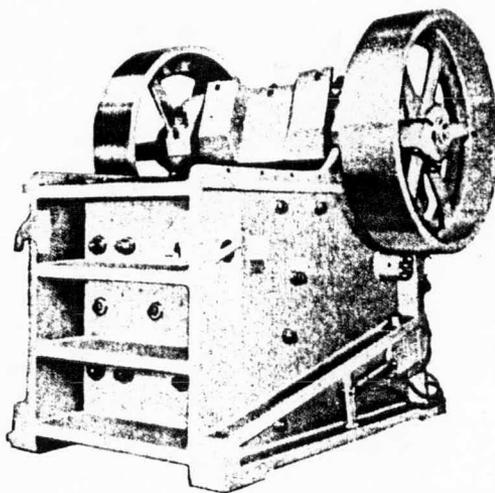


Fig. Vlll-7 Qurbradora de quijadas doble biela modelo 25" X 40" con una producción hasta de 430 tn/hr.

Las quebradoras de quijadas tipo "BLAKE" o de doble toggle o doble biela, utilizada fundamentalmente para la trituración - primaria de minerales extramadamente duros y abrasivos.

Capacidades de las quebradoras de quijadas:

Tamaño	10x16	10x21	10x30	12x36	15x24	15x38	20x36	25x40	30x42	36x46	44x48	50x80
Capacidad en ton/s una abertura de salida de:												
1/2"	4-6	5-7										
3/4"	6-8	7-10	13-20	18-27								
1"	8-11	9-13	17-25	22-33	17-25							
1 1/2"	10-15	15-20	23-34	29-43	25-35	38-57						
2"	14-20	19-26	29-43	36-54	30-45	48-72	45-85					
2 1/2"	17-25	22-33	35-52	43-65	37-55	57-88	58-105					
3"				50-75	43-65	67-100	70-125	110-180				
3 1/2"						76-114	80-145	125-210	140-220			
4"							90-165	140-225	160-240	200-300		
5"							115-200	170-270	190-285	240-380	300-450	420-625
6"							140-240*	200-320	220-330	280-420	333-500	460-700
7"							185-280*	225-375*	260-380*	320-480	366-550	505-780
8"								280-430*	300-480*	350-525	406-610	
8 1/2"										385-585	467-670	590-810
9"										400-610	480-720	600-900
10"										430-650	520-780	650-980
11"											560-840	710-1050
12"												780-1360
13"												900-1470
14"												950-1600
15"												1020-1840
18"												
Palabra Clave:	Jabol	Jacal	Jade	Jaggy	Jalop	Jari	Jove	Jounce	Jotunn	Jocund	Jowie	Joel

* Capacidad con toggle corto

Cuadro Vlll-5 capacidad de las quebradoras.

2) Trituradoras de rodillos:

Este tipo de trituradoras de mecánica simple, utilizan 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 camineras, hoy en día su utilización a quedado reducida al tratamiento de materiales suaves poco abrasivos, el desgaste que se — presenta en forma de surcos profundos, hace que se tengan costos de mantenimiento muy elevados.

El diámetro de los rodillos debe ser de 20 a 30 veces superior al tamaño de los fragmentos en la alimentación para que pueda apri — cionarlos y triturarlos. Ver. fig. Vlll-8

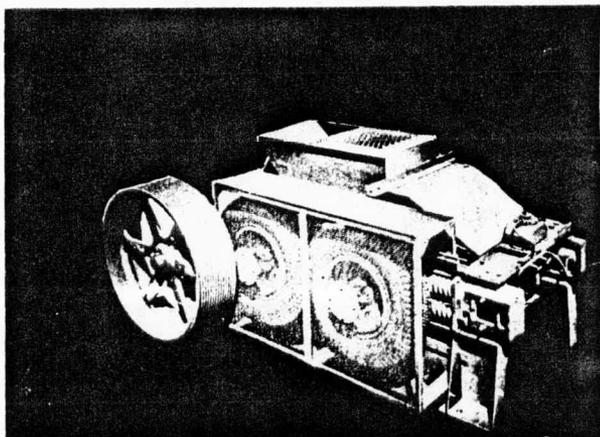


Fig. Vlll-8 Trituradora de rodillos.

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

El índice de reducción que se logra con estas máquinas es relativamente bajo 3:1 como máximo, debido fundamentalmente a las limitaciones que se tienen en los tamaños de alimentación.

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 roca.

3) Trituradoras de impacto o de martillo:

Tanto las trituradoras de impacto ver fig. Vlll-9 como las de martillo ver fig. V-lll-10, utilizan básicamente el efecto de fuertes impactos de la roca contra las placas del bastidor, impulsadas por uno odos rotores que están girando a elevadas revoluciones por minuto. En las trituradoras de martillo con rejilla inferior existen también los efectos secundarios de corte y desgaste de las rocas entre el martillo y la rajilla.

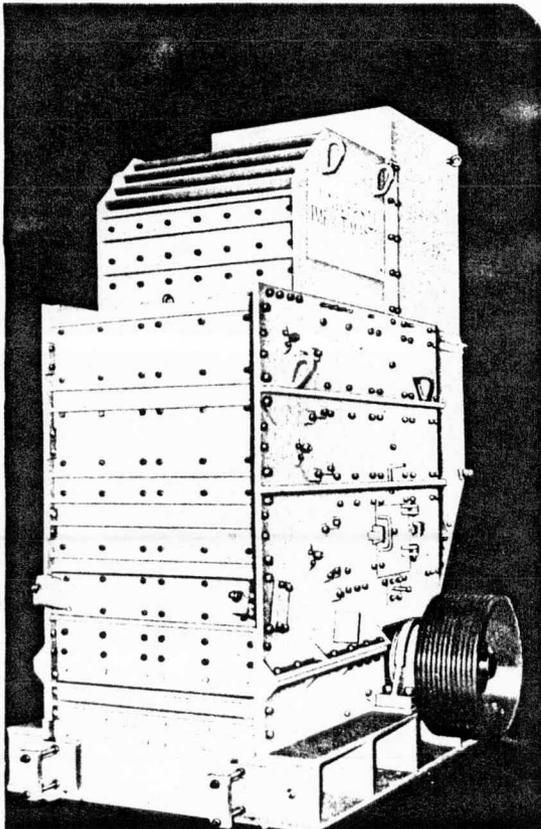


Fig. Vlll-9 Trituradora de impacto.

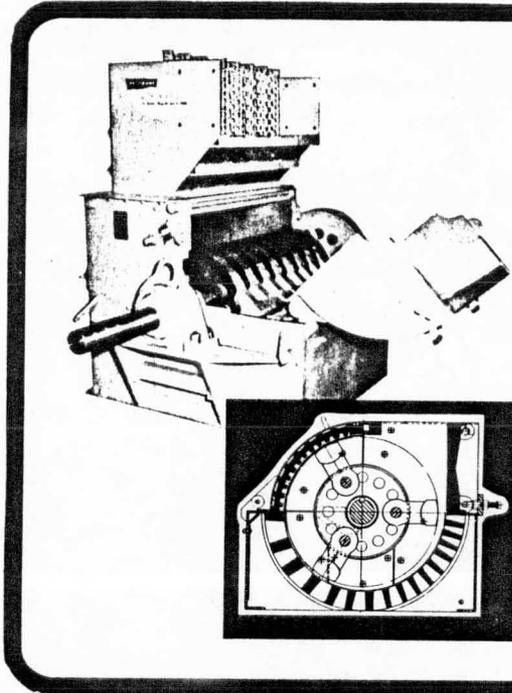


Fig. Vlll-10 Trituradora de martillo

Con este tipo de máquinas se obtiene un material cúbico de elevado coeficiente de forma, como índice de reducción de 20:1 y en ocasiones de 30:1, desgraciadamente estas máquinas no son adecuadas para procesar rocas con más de 6% de contenido de sílice, 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 eleva muy fuertes sus costos de operación.

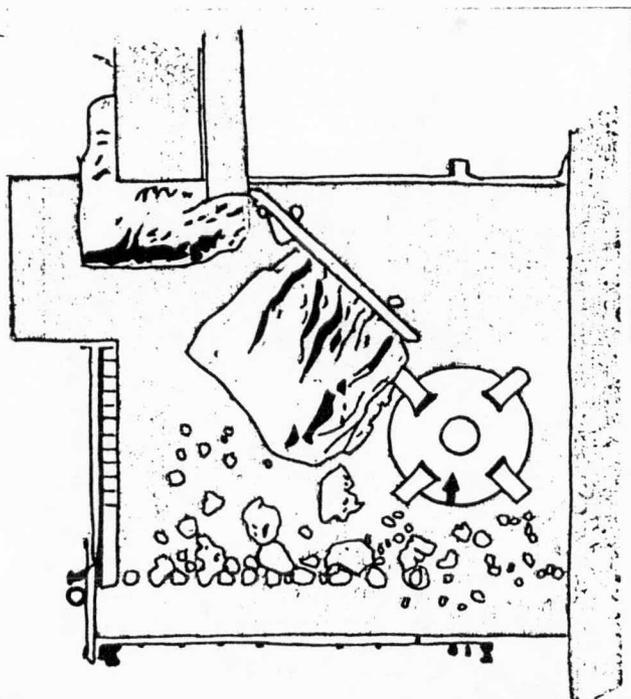


Fig. Vlll-11 Trituradora de impacto. Corte longitudinal esquemático, mostrando su principio de funcionamiento.

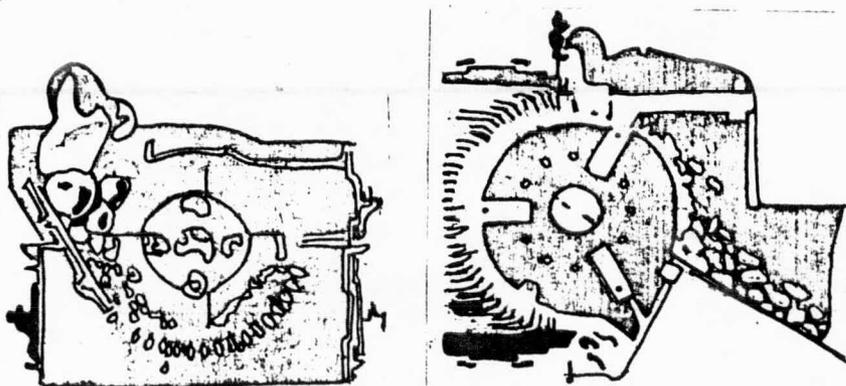


Fig. Vlll-12 Trituradoras de martillo, con rotores de cuatro y seis cabezas de percusión.

4).- Trituradoras de cono:

Este tipo de trituradoras se han 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) Producción relativa elevada con alto índice de reducción que puede llegar a 10 :1
- b) Utilización completa y regular de sus elementos de desgaste en la cámara de trituración, utilizando los efectos combinados de compresión e impacto, dando como resultado poco desgaste por abrasión y un producto con muy buena coeficiente de forma.
- c) Protección contra fragmentos metálicos (dientes de cucharón de cargador, cabezas de marro, etc.) no triturables, por un dispositivo a base de recortes en el perímetro de su bastidor.
- 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.

Dos constructores de camiones empezaron en unidades portátiles los tamaños de 36" (diámetro inferior del cono), que es una máquina de aproximadamente 11,000 kg. de peso, con una producción de 60 tn./hr. a una abertura de salida de 1" (para producir material de 1 1/2").

posteriormente los grandes volúmenes de materiales requeridos - en los nuevos proyectos de autopistas, obligaron a utilizar los tamaños de 48" máquinas de 22,000 kg. de peso y producción del orden de 170 tn./hr. de materiales de 1 1/2" y hoy en día ya -- los tamaños de 66" máquinas con peso de 42,000 kg. y producción de 275 tn./hr. de material de base, tiene bastante demanda entre los grandes contratistas de caminos.

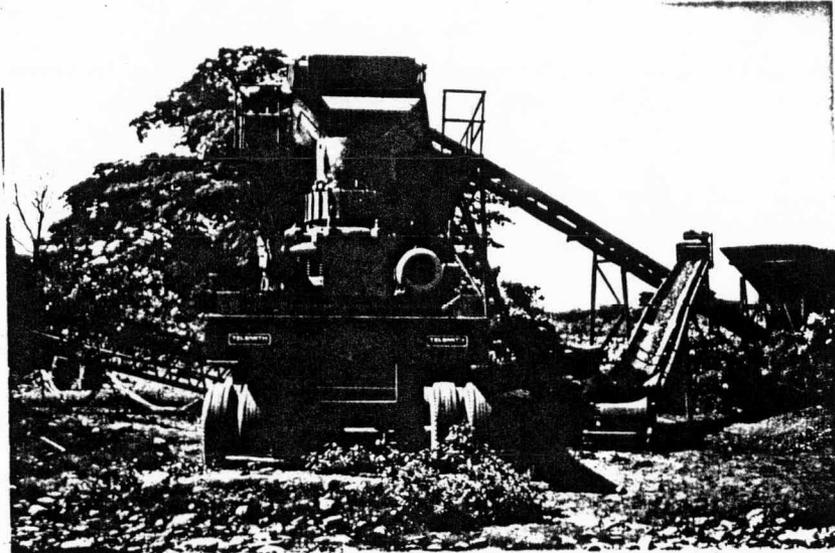


Fig. VIII-13 Trituradora de cono producción de material para -- base y carpeta.

Las trituradoras de cono se fabrican en modelos especiales para cumplir las etapas secundarias, terciarias de reducción, modelos que si bien desde el exterior presenta prácticamente el mismo aspecto geométrica de sus cámaras de trituración tienen grandes diferencias según se trate de una trituración secundaria-- terciaria o cuaternaria, siendo lógicamente las másquinas que-- se pueden cerrar a menor dimensión para producir material más -- pequeño, las que admiten menor tamaño de piedras a la entrada -

5) Molinos de barras:

En algunos casos de producción de arenas calibradas, tanto para la elaboración de concreto hidráulico, como para corregir las curvas granulométricas de los materiales producto de las trituraciones secundarias terciarias que ausan déficits de partículas de 0 a 2 mm. para cumplir con las especificaciones de los materiales de base y carpeta asfáltica para la construcción de caminos, es necesario efectuar una cuarta etapa de la reducción de los materiales pétreos, para lo cual se utilizan básicamente.

Dichas máquinas están constituidamente por un tambor cilíndrico de placa de acero estructural, horizontal, y revestido con -- placas de acero al manganeso para su protección interior, estando accionado a través de una corona dentada y un piñon, obien a través d de un tren neumático 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 de tubo, ruedan las unas sobre las otras, y sus movimientos relativos generan 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 los cuales se ilustran en las figs. Vlll-14.

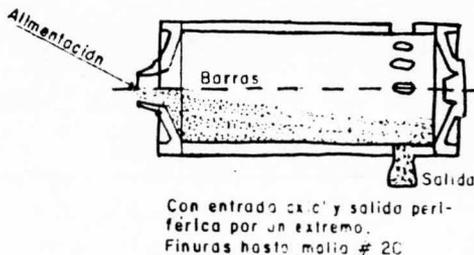
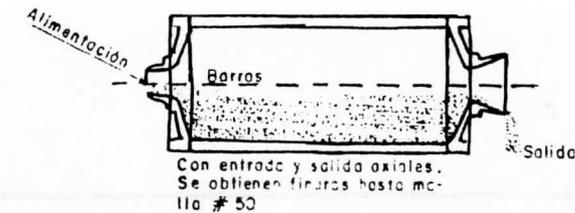


Fig. Vlll-14 Molinos de Barras.

Equipos complementarios:

1) Cribas vibratorias: Consultar capitulo VIII inciso "a"

2) 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, obien por medio de un equipo de especial mecánico o "ALIMENTADOR", con o sin dispositivo de pre-cribado.

Los tipos más populares de alimentadores son:

- a) Alimentador para trabajo normal, Tienen fuertes zapatas de acero entrelazadas, montadas en cadenas accionadas -- por rodillos que se desplazan sobre rieles centrales de acero, forma un plato hermético que evita escape de fino o cascajo, evita el derrame del producto fig. VIII-15.

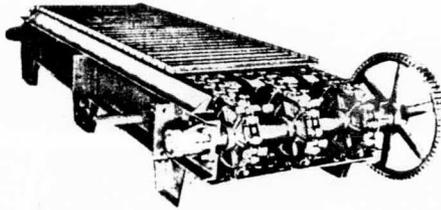


Fig. VIII-15 Alimentador para trabajo normal.

- b) Alimentador por ondulación. Considerando como alimentador más perfecto del mundo, hace la combinación -- perfecta de separador y alimentador, libre de obstrucciones atascamientos, que funciona con igual eficiencia con materiales secos, húmedos, o pegajosos; necesitan poco espacio no trepida ni vibra, reduce al mínimo su mantenimiento y aumenta la capacidad de la trituradora, requiere poca fuerza motriz para trabajar anchos más utilizados: 36", 42", 48" y 60" ver fig. VIII-16, se recomienda para instalaciones de depósito de río o de aluvi6n.

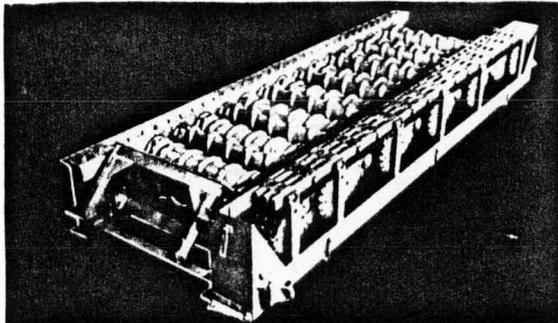


Fig. Vlll-16 Alimentadora por ondulación.

- c) Alimentadores a cribas vibratorias. Diseñadas con barras vibratorias fundidas en aleación de acero y ajustables - con largos de 3' lo que permite una área de cribado hasta de 6', su continua y poderosa acción vibratoria adelanta el material uniformemente sin sobre cargas esporádicas anchos desde 32" y en lo largo hasta de 20" fig. - Vlll-17 se utiliza en instalaciones de mediana y elevada producción para eleborar agregados pétreos.

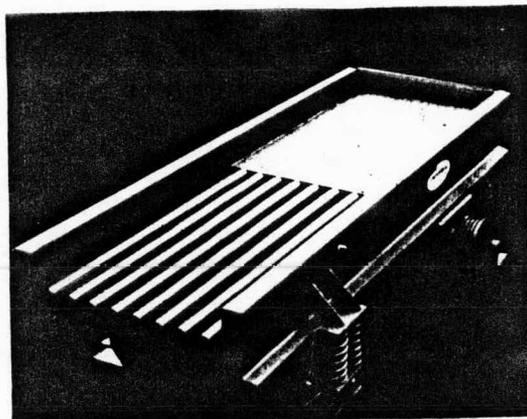


Fig. Vlll-17 Alimentador a cribas vibratorias.

- d) Alimentadores de plato reciprocante. Su uniforme acción-reciprocante resulta una alimentación pareja con capacidad ajustable al variarse la carrera del excéntrico, con cojines anti-friccionantes y rodillos de acero, es ideal para operaciones en arena y cascajo se construyen en varios tamaños: para trabajos medianos en anchos de 19" -- 30" para trabajos pesados en tamaños hasta 48" gig. ---- Vlll-18.

3) Gusanos lavadores:

En la producción de agregados pétreos por vía húmeda, son indispensables los gusanos lavadores o clasificadores de tornillo de arquides, se componen 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 ellas. En el interior del cuerpo o recipiente, gira lentamente un espiral longitudinal accionada en su extremidad superior por un motor eléctrico con reductor de velocidad. El gusano lava de impurezas (limos, arcilla materias orgánicas), las arenas trituradas y naturales, escurriéndolas del agua excedente y evacuándolas por su parte enterosuperior para su almacenamiento en tolvas o pilas ver fig. Vlll-19.

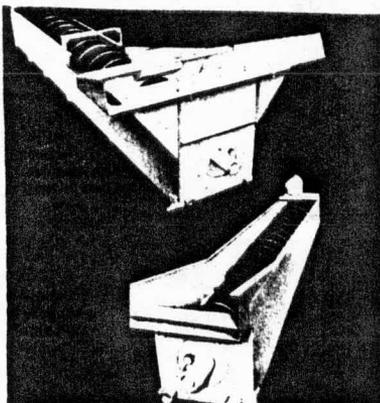


Fig. Vlll-19 Diámetros más usuales 20", 24", 30", 36", 42", 48".

Para el lavado enérgico de minerales y de gravas naturales fuertemente contaminadas con arcilla, se emplean los tambores de senlodadores, que constan de un cilindro de paca de acero en cuyo interior. Existe así mismo, un dispositivo de tiego de agua a presión para realizar en el interior del tambor, el lavado de los agregados. A la salida, del agua sucia se escurre por los orificios del cilindro de evacuación fig. Vlll-20.

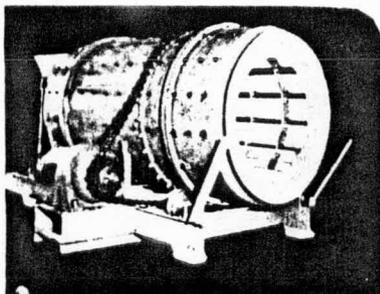


Fig. Vlll-20 Lavador Rotatorio Universal Diámetros más utilizados 60", 72", 84", 96", y 114".

4) Bandas Transportadoras:

Son utilizadas básicamente para el manejo de los materiales granulares en las plantas de producción de agregados pétreos.

Equipos 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 naylon, de anchos de 18", 24", 30", 36", 42", 48", 54", 60", etc., montadas sobre trenes de tres rodillos uniformemente espaciados y accionados por una polea de cabeza motriz que a su vez es accionada por un motor reductor eléctrico, que le imprime a la banda una velocidad lineal 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 Fig. Vlll-21.

Existen sistemas de transporte por medio de bandas, de varios kilómetros de longitud, sobre todo en las industrias mineras. Por ser un medio económico y eficaz.

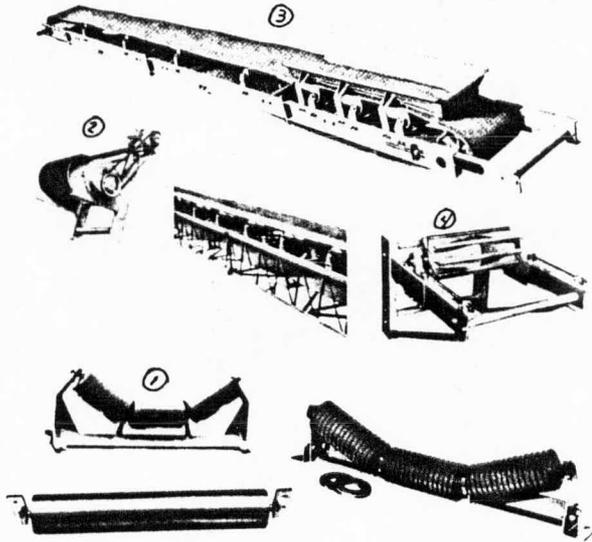


Fig. VIII-21

- 1 Tren de tres rodillos de carga lubricables.
- 2 Cabeza motriz de un transportador de banda con su polea de cabeza, motor eléctrico.
- 3 Banda transportadora.
- 4 Reductor y transmisión a base de bandas "V".

Plantas portatieleles en unidad integral.

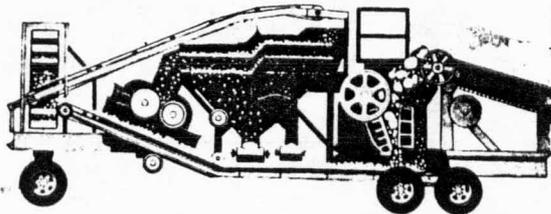


Fig. VIII-22 Esquema de flujo del Material.

VIII-3 Planta de asfalto:

El proceso para hacer mezclas asfálticas u otros materiales bituminosos mezclados en caliente, requieren de una planta controlada en alto grado. Una planta de esta naturaleza tiene más de media docena de componentes f clave para realizar las funciones específicas del proceso. Simplemente enunciadas, estas funciones sirven para manejar los agregados graduados calientes para dosificarlos con material bituminoso calentado y mezclar esta combinación para producir el material para pavimentación de mezcla caliente.

Con el fin de dar una idea de una planta de producción de asfalto fig. VIII-23, se ilustra un esquema lineal del flujo con la proporción relativa de las cantidades de material.

El diagrama de una planta de asfalto muestra tres procesos generales:

- 1) Alimentación en frío y transporte.
- 2) Secado y recolección de polvo.
- 3) Dosificación y mezclado de los agregados y materiales bituminosos.

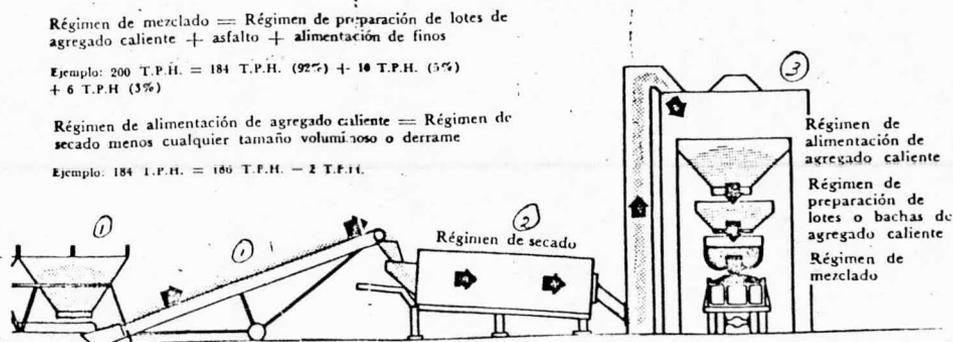


Fig. VIII-23 Esquema lineal del flujo de una planta de Asfalto.

Los dos tipos comunes de plantas de asfalto que se consideran son las de procesado por lotes y las de producción continua.

Plantas de asfalto de producción por lotes:

Los componentes básicos de una planta productora de asfalto de mezcla caliente son:

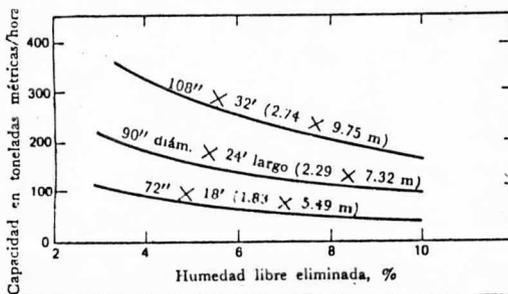
- 1) Alimentación en frío.
- 2) Secador de agregados.
- 3) Colector de polvos.
- 4) Elevador y cribas para los agregados calientes.
- 5) Calentador y las bombas para el asfalto.
- 6) Dispositivo de dosificación.

Los agregados para la alimentación en frío. Se toman generalmente de un conjunto de tolvas relativamente pequeñas, cargadas por cargador frontal o por un algún otro medio económico estas tolvas son como las de un dosificador de trole para concreto las compuertas y el mecanismo de transporte para la alimentación en frío se ajustan para sacar de las tolvas las cantidades especificadas de cada tamaño de agregado para satisfacer la mezcla final requerida, es importante alimentar la cantidad correcta de cada tamaño de agregado por dos razones. Para la planta es costoso tener atrasos por falta de material en las tolvas de material caliente situadas sobre el equipo dosificador y el molino-mezclador. Y el derame de agregado calentado y secado significa desperdicio. La alimentación en frío debe pasar exacta de agregado que admita una criba # 8 debido a que el tamaño del agregado fino es muy importante para el éxito de la mezcla final, y en especial el contenido óptimo de asfalto.

Secador de agregados. En un cilindro largo y hueco, con el eje casi horizontal y abierto en ambos extremos. Se alimenta el secador el agregado húmedo a la temperatura ambiente; es decir en frío por el extremo superior, la flama de secado, con inyección de aire y gas, se introduce por el extremo inferior del cilindro, puede succionarse algo de polvo del agregado frío antes de entrar al secador. Esto se hace por medio de un colector de polvo de tipo ciclónico. Los chorros de aire y gas soplan hacia afuera del secador algo más de polvo. En vez de permitir que ese polvo salga por la chimenea de descarga y contamine el aire.

El colector primario para polvo seco, de tipo ciclónico debe trabajar con una eficiencia de 70% a 90% esto significa que el colector seco retendrá ese porcentaje de las partículas secas sus perdidas en el aire de escape y gases procedentes del secador de agregados. Generalmente, el colector de polvo separa las partículas

La humedad extra que contienen los agregados fríos se secan a medida que va pasando a través del cilindro y en torno de sus partes interiores, mientras el cilindro gira lentamente sobre su eje el secador debe tener capacidad para reducir el contenido de humedad -- del agregado hasta uno o dos por ciento, en las curvas de la gráfica VIII-1 se ilustra la productividad de un secadro con relación a su tamaño y al contenido inicial de humedad del agregado para un contenido inicial de humedad de 8 a 10%, es necesario pasar el agregado -- varias veces por el secadro dado o usar secadores en tandem, de mane -- ra de poder reducir el contenido de humedad a un nivel aceptable, ob -- viamente, al necesitarse ese tratamiento la producción de la planta -- se reducirá. De hecho, el contenido de humedad del agregado frío de alimentación, es una variable importante para la capacidad, en tn/hr de la planta, el paso de combustible para la flama de calentamiento, del secador puede ajustarse para diferentes temperaturas, sin embar -- go, hay un límite especificado de temperatura para una mezcla y un -- mateiral bituminoso dado.



Gráfica VIII-1 Variación de la capacidad de los secadores de agregados.

El volumen de aire que se usa, se ajusta al gasto de com -- bustible para asegurar una combustión completa. Una posibilidad para -- mejorar el régimen de secado de los agregados, consiste en aumentar -- la velocidad del gas en su paso por el secador, con lo que se reduce -- la humedad y se logra una producción mayor de la planta, pero debe -- limitarse dicho aumento, porque al tener velocidades del gas mayores -- de 700 pies/minuto, se separará una cantidad indeseable de polvo.

Los agregados y finos que se han secado, y que se colectan -- para usarse como material de relleno, se elevan mediante un elevador -- de cangliones completamente cerrado. Esta unidad de la planta dosifi -- cadora se denomina "ELEVADOR CALIENTE", se diseña para mantener el ca -- lor en el agregado, compartir parte de él con el material fino

que es le agrega y extráe, a través de ductos de succión, el material del colector de polvo que causaría problemas en las cribas, -tolvas, etc., los agregados se elevan mediante este elevador hasta un punto desde el que se inicia su alimentación vertical por gravedad, pasando por las operaciones de cribado, dosificado y mesclado de la planta dosificadora.

Cribado y almacenaje de agregados calientes. Los agregados calientes se separán por medio de un sistema de cribas en dos o más tamaños que se almacenan en tolvas que tienen estar aislados, esta etapa del proceso, permite la recombinación controlada de los materiales para su dosificación. La recombinación efectuada en este forma, asegura mas uniformidad en la graduación de los agregados, de lote a lote, que la que sería posible lograr si se tomará el material directamente del secador, la separación y el almacenaje temporal que se logran en estas tolvas ayudan también a desvanecer las fluctuaciones de la alimentación fría de los agregados.

Las cribas de una planta dosificadora son planes, del tipo vibratorio y deberias cubiertas, las cubiertas de las cribas se instalan con una ligera inclinación, y las de abertura más fina van abajo de las aberturas más gruesas, en algunos casos, pueden estar divididas en una o más cubiertas para ahorrar espacio. Los tamaños de las cribas se eligen de manera de obtener separaciones que puedan recombinarse para lograr la fórmula de mezclado de los lotes y para obtener regímenes de producción posibles. La criba más fina y pequeña debe ser tan gruesa como pueda tolerarse y satisfacer aún la fórmula especificada de la mezcla para el trabajo. Las cribas más grandes se diseñan para dividir es esto del agrado de manera para obtener un buen equilibrio en el uso de las tolvas de almacenaje caliente y el equipo de dosificación.

Las tolvas calientes se sitúan bajo las cubiertas de las cribas y sobre los mecánicos de dosificación de los lotes. Generalmente, hay de dos a cuatro compartimientos separados, los fabricantes dan un régimen nominal de producción basada en el nivel, o volumen bruto de las tolvas llenas, por cada tolva. Sin embargo, está información puede desorientar, y es preferible hablar en términos de su capacidad de "ALMACENAJE VIVO", la capacidad nominal de almacenaje vivo considera el ángulo de reposo del agregado como cae de las cribas, sólo se considera el volumen neto despues de deducir el espacio ocupado por los chutes de derrame de la tolva.

Deben calcularse otros dos factores de capacidad para las tolvas calientes, la capacidad de una tolva agotada está relacionada con su tonelaje de almacenamiento vivo. Es particularmente importante en el caso de la demanda intermitente de agregados, en la que se usa el almacenaje en tolvas para reducir los arranques para el secador y su alimentación fría. La capacidad de las tolvas calientes de dosificación compensadora es muy similar. Debe considerarse para las plantas dosificadoras cuando se anticipan períodos cortos de demanda máxima al tener necesidades de producciones superiores a las normales.

Estos períodos pueden ocurrir temprano por la mañana o más tarde al subir la producción, y cuando el suministro de agregados calientes del secador y las crivas en inadecuados.

Dosificación de los materiales del lote. Se controlan por medio de las pruebas de graduación a que se somete el material extráido de las tolvas calientes. La graduación deseada puede encontrarse por fórmulas, pero son de uso más comun los métodos de tanteo.

Para una planta dosificadora de asfalto, los agregados se dosifican normalmente por peso. Se instala una tolva pesadora sobre basculas y se sitúa bajo las aberturas de descarga, de las tolvas calientes, es muy importante el control de las basculas y, por tanto deben verificarse constantemente. Muchas plantas modernas pesan los agregados automáticamente, y verifican los pesos por medio electrónicos. Si el peso esta dentro de los límites de variación tolerable de la cantidad de mezcla decaada para el trabajo, el equipo automático procede con la extracción del peso necesario de la siguiente tolva, si el peso no esta dentro de los límites de tolerancia se detiene automáticamente el ciclo de dosificación hasta que las basculas se ajustan.

Los fabricantes de plantas de asfalto proporcionan gráficas de calibración para los mecanismos de dosificación o de alimentación, pero estos deben verificarse con los agregados específicos que se esten usando. Estos agregados salen de los depósitos por gravedad, por lo que su régimen de paso es mas rápido cuando la altura del material es mayor, como sucede cuando la tolva esta mas llena. La dosificación satisfactoria requiere de un nivel adecuado de agregado relativamente constante en las tolvas calientes. Algunas plantas se diseñan con enlaces eléctricos que detienen la producción cuando este nivel desciende mas alla de un punto determinado.

La cantidad necesaria de material bituminoso para un lote es aún más crítica, generalmente, el asfalto se almacena en el lugar de trabajo en tanques que contienen solo el material necesario para uno o dos días. Para las plantas de producción por lotes se dosifica por peso o por volumen si se pesa el vetúm, se saca a un bote colocado sobre basculas, cuando se proporciona por volumen, se dosifica el vetúm en un recipiente de volumen conocido, o se bombea a la mezcladora mediante una bomba calibrada que mide el gasto, con cualquiera de los dos sistemas, debe efectuarse verificaciones durante todo la producción, para asegurarse de las cantidades de material bituminoso que se pone en cada lote o batch están de acuerdo con la mezcla que requiere trabajo y dentro de los límites de tolerancia especificados. Una planta de producción por lotes, con controles automáticos, tendrán los dispositivos necesarios de medición instalados en una consola.

El betún se calienta por medio de serpentinas de vapor o por electricidad, y no hay flamas que hagan contacto co el material de - se debe comprender que el volumen de un betím varía con la temperatura, por lo que debe hacerse las correcciones necesarias al cambiar - la temperatura para la dosificación volumétrica. a fin de obtener el el peso específico en cada lote, las cantidades especificadas para - un tanque antes de calentarse, se dan ordinariamente en términos de - volumen a 60 grados F de temperatura.

Mezclado en una mezcladora de paletas. La mezcla de dos ma - teriales de un lote dosificado con exactitud, cuando éstos se han ca - lentado, se hace en una unidad semejante a una tina, denominada molí - no-mezclador o mezcladora de paletas. Esta equipo de gran tamaño y - en forma de caja abierta en su parte superior, utiliza mezcladoras - de paleta interconstruidas en eles gemelos. Estos ejes son paralelos a sus ejes de simetría situados en el mismo horizontal, las paletas - están montadas sobre brazos que salen en forma radical hacia afuera - los cuales giran en direcciones opuestas impulsados por una unidad - de potencial, los materiales se mezclan mediante estas partes con la s paletas ajustadas a ciertos ángulos para mover las cargas de la mē - zcladora de aspás hacia adelante y hacia adelante y hacia atrás, has - ta se descargan por la abertura que se encuentra ce el fondo de la - torre vertical de la planta de procesamiento por lotes.

Durante el ciclo de mezclado, el asfalto caliente se expone - al aire, quedando por tanto sujetos a oxidación, lo cual reduce la - vida del pavimento, en consecuencia, el mezclado debe hacerse en me - nor tiempo posible, la oxidación del betún aumenta también al au - mentar la temperatura. Por esta razón, el mezclado debe hacerse a la temperatura más baja que permita lograr el recubrimiento suficiente - y la densidad adecuada del material de pavimentación. Generalmente, - se requieren temperaturas de 250° F a 325° F para el asfalto, cuando - la temperatura del betún se ha ajustado, también se ajusta la de a - gregados en donde las especificaciones establezcan que no pueden más de 25° F más calientes.

La habilidad de la mezcladora de paletas para producir una - mezcla homogénea de material con recubrimiento completo en unos cuan - tos segundos, depende de varios factores de diseño, incluyendo la -- forma de mezcladora y sus porciones; el número, las dimensiones y la disposición de las paletas; el tamaño y la acción de la compuerta de descarga y la potencia entregada a dicha mezcladora. La capacidad de mezclado de una mezcladora de paletas, se tige obviamente por la - capacidad volumétrica de la caja o tina, así como las característi - cas de diseño mencionadas. El material de cada lote que se va a mez - clar puede llenar la mezcladora de paletas hasta que sólo se vean -- las puntas de las paletas, esa cantidad de material define la capaci - dad nominal de la mezcladora.

El tiempo de mezclado de cada carga de material bituminoso - ha estado regido por la tradición y se toma como norma un tiempo - de 10 a 15 segundos en un ciclo de mezclado seco para la mezcla de agregados calientes en la mezcladora de paletas, cuando se agrega el betún caliente, se requieren otros 30 a 60 seg. para el ciclo - de mezclado húmedo. Este ciclo total de mezclado de 40 a 75 seg., - constituye la norma desde que se fijaron criterios acerca del mismo en los años 1920 y 1930.

A medida que se acorta el tiempo de mezclado y se vuelve más crítico el control con la mayor producción, es más necesario un -- sistema automático de control.

La producción de una carga comienza cuando el operador oprime el botón. El equipo automático extrae agregados de cada depósito sucesivamente, la descarga en la mezcladora de paletas para un ciclo de mezclado en seco; si se requiere, extraer el asfalto, lo retiene hasta que termina el ciclo de mezclado en seco, lo descarga continúa el mezclado hasta completar el tipo especificado, y -- luego vacía la carga del mezclador el camión. El equipo automático tiene un ajuste de repetición, a fin de que pueda repetirse el ciclo por el número de cargas necesarias para cargar el camión, después de lograr el número de cargas necesarias se detiene el ciclo automático y se vuelve a arrancar para la carga del siguiente camión.

Planta de asfalto de producción continúa se distingue por varios diseños y características de operación de una planta del tipo de carga o de producción por lotes. En esta sección, sólo se estudiarán las características especiales de una planta de producción continúa.

La características de diseño que son comunes en ambas plantas ya se estudiaron anteriormente.

Básicamente, la planta de producción continúa trabaja, como su nombre lo indica, sin intervalos cíclicos entre cargas, es decir, entrega todo el material en forma de corriente continúa, el - betún se mide siempre por volumen, el material líquido, calentado, se mide mediante una bomba calibrada, impulsada por un mecanismo - de enlace con los alimentadores de agregados, los agregados se alimentan a la mezcladora de paletas, dosificados por un mecanismo - alimentador calibrado para cada tolva caliente. Estos mecanismos - trabajan bajo enlace al mismo eje impulsor. Todos los enlaces deben mostrar que se están dosificando correctamente los diferentes materiales con las tolerancias permitidas para el trabajo del mezclado especificado. Si no está correcto algún ingrediente un tamaño separado del agregado o del betún los enlaces detienen la planta hasta que se corrija la deficiencia.

Otra característica que distingue a una planta de producción continua es la mezcladora de paletas. el material se alimenta a la mezcladora por un extremo y se descarga por el otro, asimismo, - el elevador caliente es inclinado en vez de ser vertical como en la torre de la planta del tipo de cargas. Estas características de la planta de mezclado continuo la hacen más manejable.

Producción de las plantas de asfalto:

La producción por hora de material dosificado y mezclado en caliente de una planta, puede expresarse en peso (TPH) o en volumen (yardas cúbicas por hora) con la suposición usual de que la mezcla caliente pesa 100 lb/pie cúbico, puede hacerse conversión fácil de una base de productividad a otra. Un régimen de 200 TPH es equivalente a 148 yardas cúbicas por hora, esto se obtiene multiplicando el régimen en TPH por 0.74 para obtener el régimen en yardas cúbicas por hora para pasar, de volumen a peso, multiplique la cantidad de yardas cúbicas por hora por 1.35 para hallar el tonelaje por hora. Por supuesto, estas conversiones se basan en el peso unitario -- supuesto.

Las plantas móviles clave de una planta de asfalto tiene - sus respectivas capacidades de diseño o de especificación de proceso - dicha capacidad son las máximas para la alimentación fría, el secador, el elevador caliente y la mezcladora de paletas, y, para lograr un proceso ideal, debe de estar balanceadas razonablemente, sólo la capacidad del elevador caliente es prácticamente fija. Esta se especifica para una productividad de alrededor del doble de la capacidad media de la unidad que rige el proceso. El diseño del elevador bajo esas bases, hará que pueda trabajar a la capacidad optimizada con relación a la de las demás unidades y no provocará problemas de paro o de atrasos. La unidad que rige la capacidad de una planta -- bien diseñada es la mezcladora de paletas o el secador.

El régimen de entrega del secador de agregados suficientemente seco, necesario para satisfacer las especificaciones, depende principalmente del contenido de humedad del material de alimentación en frío, puede ser un 100% mayor para la alimentación de más de 3% de humedad, en comparación con el material de alimentación en -- frío con un 8% de humedad por eliminar.

La productividad del sacador para la alimentación de 3% - de humedad casi iguala la capacidad del elevador caliente. en el extremo de alto contenido de humedad en la alimentación en frío y corto tiempo de mezclado, el secadro puede regir la productividad total de la planta por supuesto que el ritmo de alimentación debe ajustarse para que satisfaga la demanda de agregados frescos del secadro la capacidad de mezclado de la mezcladora de paletas y por lo tanto, la productividad, es lo más variable de una planta. Esta es la unidad que debe regir la capacidad total de producción de la planta, las variaciones importantes se deben al tiempo especificado de mezclado y al tamaño de las cargas, en comparación con el volumen neto disponible de la mezcladora de paletas, anteriormente se anotó que el mezclado puede tomar, como, máximo 75 seg. y como mínimo 20 seg. en un ciclo total de dosificación, mezcla y descarga de 60 seg., la mezcladora de paletas puede mezclar 60 cargas por hora, específicamente si tiene controles automáticos, su capacidad de producción podría ser más del doble usando el concepto moderno de mezclado rápido.

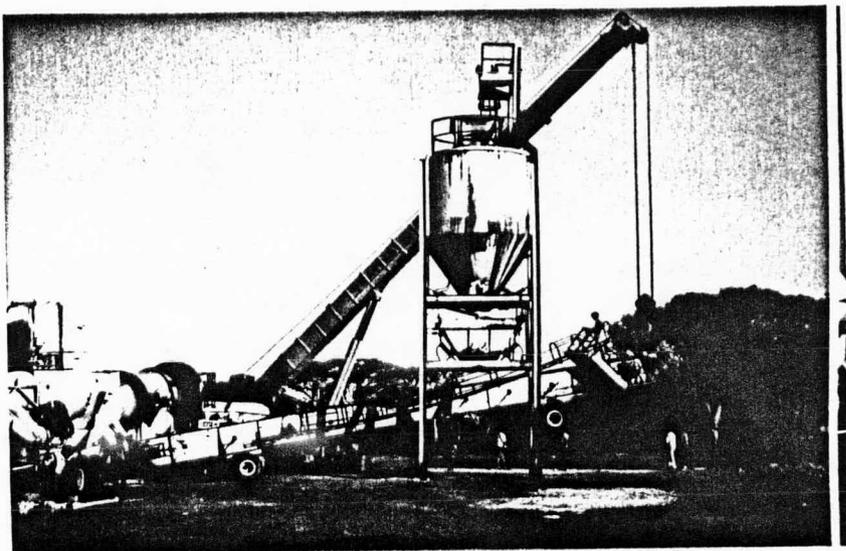


Fig. VIII-24 Instalación de planta de asfalto de producción continua.

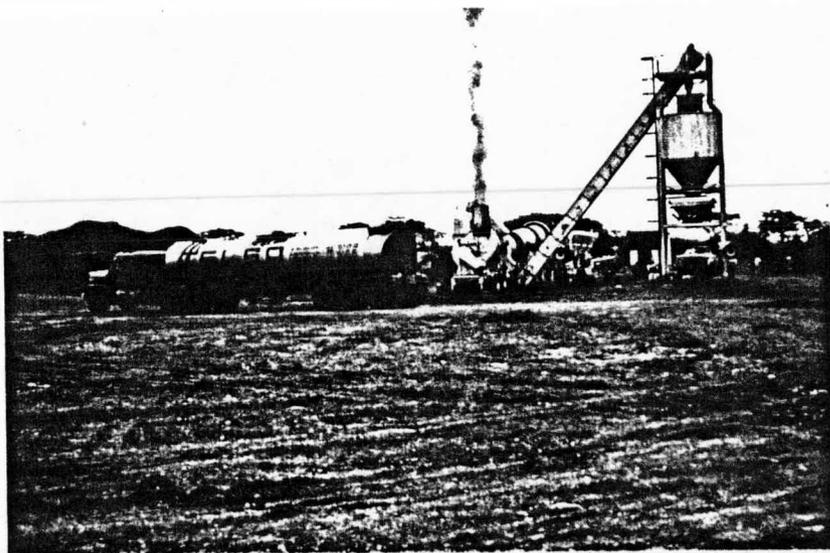


Fig. VIII-25 Planta de asfalto de producción continua realizando procesamiento de mezcla asfáltica para carpeta.

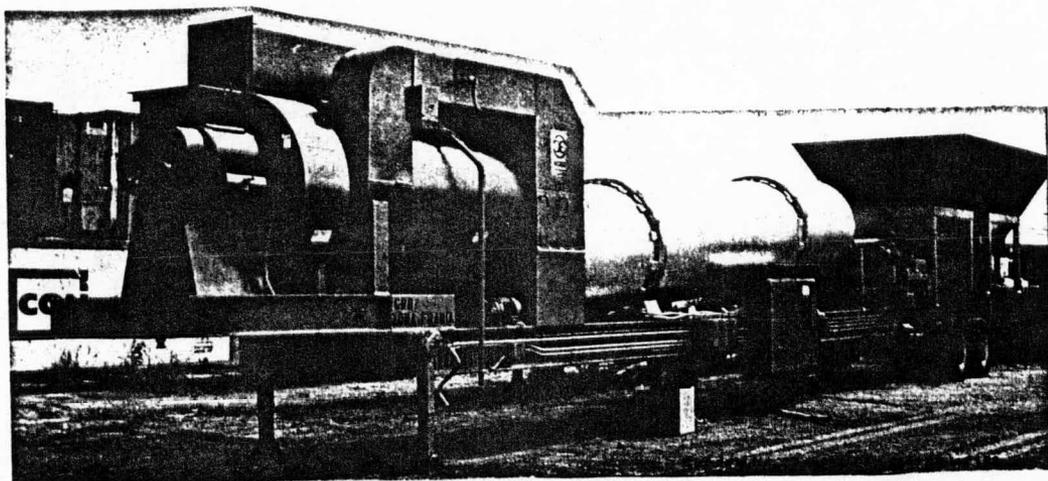


Fig. VIII-26 Planta portatil con tolvas en frío el tambor secador-mezclador y el colector de polvo en una sola unidad portatil

BIBLIOGRAFIA

- | | |
|--|--------------------------------|
| MECANICA DE SUELOS TOMO
I, II
EDITORIAL LIMUSA 1979. | JUAREZ BADILLO, RICO RODRIGUEZ |
| ESTRUCTURACION DE VIAS
TERRESTRES.
COMPANIA EDITORIAL
CONTINENTAL, EDICION
NOVIEMBRE 1986. | FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTES |
| TECNOLOGIA PARA EL PROYECTO
DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.
ESC. NAL. DE ESTUDIOS
PROFESIONALES. | FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTES |
| MOVIMIENTO DE TIERRAS
DIVISION DE EDUCACION
CONTINUA 1985. | FACULTAD DE INGENIERIA |
| MANUAL DE MAQUINARIA
CURSO DE ACTUALIZACION
1986. | CATERPILLAR |
| PROYECTO GEOMETRICO
EDICION 1983. | S.C.T. PARTE TERCERA |
| GUIA MUNDIAL DEL COMPRADOR
EDICION 1986. | CONSTRUCCION PAN-AMERICANA |
| CONSTRUNOTICIAS
EDICION MEXICO 1987. | PUBLI-NEWS LATINOAMERICANA |
| MANUAL DEL ING. CIVIL | FREDERICK S. MERRITT |
| MANUAL DEL ASFALTO | PROAS |
| INGENIERIA DE CARRETERAS | HEWES & OGLESBY |