



97  
29  
✓  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**EQUIPOS DE PAVIMENTACIÓN**

**SEMINARIO DE TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A N :**

**VICTORIANO JAVIER MARTINEZ AVILES**

**ALEJANDRO PEREZ ROMO**

**MEXICO, D. F.**

**1987.**



## **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 está 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.

# I N D I C E

## CAPITULO I

	Página
INTRODUCCION . . . . .	1

## CAPITULO II

### MOTOCONFORMADORA

2.1 Introducción . . . . .	3
2.2 Generalidades . . . . .	5

## CAPITULO III

### COMPACTADORA

3.1 Introducción . . . . .	27
3.2 Generalidades . . . . .	30
3.3 Métodos de Compactación . . . . .	33
3.4 Clasificación . . . . .	36
3.5 Tipos de Compactadores . . . . .	41

## CAPITULO IV

### PETROLIZADORA

4.1 Introducción . . . . .	63
4.2 Generalidades . . . . .	64
4.3 Utilización y Operación . . . . .	73
4.4 Recomendaciones. . . . .	73

## CAPITULO V

### PLANTAS DE ASFALTO

5.1 Introducción . . . . .	76
5.2 Plantas de Asfalto de Tipo Discontinuo . . . . .	77
5.3 Funcionamiento . . . . .	81
5.4 Plantas de Asfalto de Tipo Continuo . . . . .	82
5.5 Funcionamiento . . . . .	85
5.6 Generalidades . . . . .	87

5.7	Plantas Asfálticas Móviles . . . . .	102
5.8	Recomendaciones . . . . .	106
5.9	Ventajas de las Plantas Viajeras . . . . .	109
5.10	Ventajas de las Plantas Centrales . . . . .	109

CAPITULO VI  
PAVIMENTADORAS

6.1	Introducción . . . . .	110
6.2	Descripción . . . . .	111
6.3	Generalidades . . . . .	112
6.4	Funcionamiento . . . . .	115
6.5	Propulsión Controlada . . . . .	124
6.6	Distribución Controlada del Material . . . . .	126

CAPITULO VII  
RECICLADORA DE ASFALTO

7.1	Introducción . . . . .	133
7.2	Proceso . . . . .	135
7.3	Procedimientos . . . . .	136
7.4	Generalidades . . . . .	141
7.5	Recuperación de los Pavimentos Asfálticos en Frío . . . . .	145
7.6	Especificaciones . . . . .	148
7.7	Aplicaciones . . . . .	148
7.8	Ventajas . . . . .	149

CAPITULO VIII  
MANTENIMIENTO

8.1	Introducción . . . . .	151
8.2	Mantenimiento Preventivo . . . . .	152
8.3	Servicio de Mantenimiento Preventivo . . . . .	156
8.4	Mantenimiento Predictivo . . . . .	157
8.5	Mantenimiento Correctivo . . . . .	158
8.6	Mantenimiento por Conjuntos o Componentes . . . . .	159
8.7	Recursos Complementarios . . . . .	160

CAPITULO IX

Rendimientos . . . . . 163

CAPITULO X

Conclusiones . . . . . 167

Bibliografía . . . . . 169



# **INTRODUCCION**



## INTRODUCCION.

La mayoría de las informaciones que llegan al posible -- comprador del equipo de pavimentación, que le permite actualizar sus conocimientos, se hallan dispersas en folletos, catálogos publicitarios de las firmas industriales que fabrican, importan o venden tales máquinas, o bien han aparecido en forma de artículos publicados en revistas técnicas especializadas. Estas razones -- nos han motivado a intentar recopilar documentación existente de equipo de pavimentación, para planificarla y desarrollarla en un escrito de fácil consulta, que ponga al alcance del lector una guía breve, pero completa del mismo, que se utiliza en el campo de la construcción.

El presente trabajo está destinado a aquellas personas; -- estudiantes e ingenieros que como primer elemento auxiliar puedan dar una primera ojeada sobre las propiedades, características y formas de actuar de los equipos de pavimentación. Se ha concebido una especial consideración a las ilustraciones de manera -- que la riqueza gráfica alcanza un alto valor informativo por sí sola.

Este trabajo aborda en cada capítulo, primero una pequeña introducción, las generalidades de los equipos, a continuación -- viene la descripción de los mismos y cuando se quiere reforzar -- la explicación se complementa con datos y características principales. El presente trabajo no puede en modo alguno substituir --

las instrucciones para el servicio o para el funcionamiento de cada uno de ellos; sólo pretende dar información acerca de la estructura, forma de actuar y comportamiento dentro del extenso y complicado campo de la maquinaria para la construcción.

Además de que este tipo de maquinaria es una de las que tienen poca continuidad en el campo de trabajo y es por esto, -- que el tiempo de ociosidad es mayor para cada maquinaria y por -- consiguiente unos rendimientos más variables entre cada uno de -- los equipos de pavimentación.





**MOTOCONFORMADORA**

## 2.1.- INTRODUCCION.

Es la máquina especial en el tendido y nivelación de materiales. Junto con el equipo de Compactación (Vibrocompactado--- res, Planchas Neumáticas y Aplanadoras), se encarga de la construcción de Sub-bases, Bases y Pavimentos con materiales petreos y Asfálticos. Fig. ( 1 )

Consta de 2 6 4 llantas traseras propulsoras y 2 delanteras, en el caso de tener 2 llantas traseras las de adelante - también son motrices.

El chasis es un eje curvo que soporta el motor y la cabina de controles en la parte posterior.

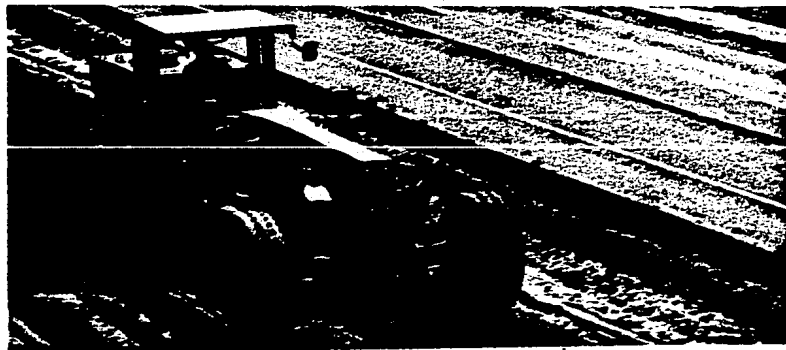
Entre los ejes de las ruedas vá colocado el equipo de - trabajo, que comprende una cuchilla alargada y esbelta, está - reforzado por sus extremos inferiores y laterales mediante placas cambiables.

Esta cuchilla tiene diversos movimientos; su acondicionamiento puede ser mecánico, cuando es a base de ruedas dentadas e hidráulico sí es por medio de émbolos hidráulicos.

Algunos modelos tienen entre la cuchilla y las llantas - delanteras un peine escarificador, que consiste en un armazón de dientes reforzados y por una punta de acero más resistente, su objetivo principal es aflojar donde se le dificulta a la cuchilla.

Las ruedas delanteras pueden inclinarse o semi-acostarse para equilibrar y compensar los empujes laterales debidos al efecto del material que vá empujando en forma asimétrica (debido a que la cuchilla casi siempre lleva una posición diagonal)

Fig. 1



Las motoconformadoras están diseñadas fundamentalmente para mover grandes cantidades de materiales en distancias cortas mediante un vertido lateral, pero no son aptas para efectuar grandes excavaciones, ni conviene utilizarlas para mover el material en la dirección de su desplazamiento en la forma que lo hacen los bulldozer.

Sin necesidad de equipo auxiliar, las motoconformadoras pueden mover materiales térreos ligeros y medianos que no tengan mucho contenido de raíces, troncos o piedras. Los materiales sin cohesividad como la arena y la grava, son los más ade-

cuados para este tipo de máquina de ahí su gran aplicación en los pavimentos, en tanto que los materiales compactos requieren de una previa escarificación. También sabemos que en terrenos muy húmedos las ruedas delanteras tienden a atascarse, dificultándose o imposibilitándose la marcha, en tanto que la arena se ca tiende a amontonarse y a desbordarse por encima de la hoja niveladora.

Por la precisión en el ajuste de la hoja niveladora, se emplea principalmente como máquina para afinación y acabado de terracerías, en escarificación extendido y nivelado de materiales en terraplenes. Es la máquina ideal para la conservación de las superficies de rodamiento en los caminos de construcción para los cuales es indispensable que estén equipadas con dientes escarificadores.

## 2.2.- GENERALIDADES SOBRE SUS COMPONENTES.

### a) BASTIDOR.

El bastidor se compone de una o dos vigas curvas de sección rectangular o circular, de construcción soldada, apoyadas sobre los ejes delanteros y traseros. El trabajo de excavación somete a este bastidor a esfuerzos muy considerables. Además, como que la cuchilla ocupa las posiciones más diversas, el bastidor debe presentar las mismas resistencias en las distintas direcciones. Ocurre a menudo que mientras trabaja, toda

la parte delantera de la máquina se levanta cuando encuentra un obstáculo. La construcción del bastidor debe permitir que resista estos esfuerzos.

El bastidor va provisto de todos los órganos necesarios para la unión o la fijación de los accesorios tales como el bulldozers, pala hidráulica, barredora rotativa, etc.

b) BASTIDOR ARTICULADO.

La maniobrabilidad es mejor con la dirección del Bastidor Articulado, por el motivo que las ruedas delanteras hacen virajes muy cerrados.

Bastidor Delantero.- Esta compuesto de un armazón de sección en caja, y de gran tamaño, que se extiende desde el extremo delantero hasta la articulación.

Las gruesas placas que hay en la parte inferior confieren la rigidez y resistencia necesaria en trabajos duros.

Bastidor Posterior.- Esta compuesto de dos vigas en "U" de sección en caja e integradas con la caja de los mandos finales.

El bastidor puede ocupar 3 métodos de dirección:

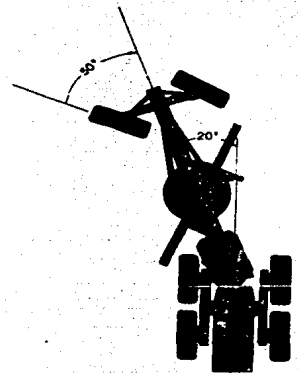
b.1.- Bastidor Recto.- Con el bastidor principal centrado, y utilizando tan sólo las ruedas delanteras para la dirección, es lo mejor cuando se emplea la hoja en pasadas largas. Fig. ( 2 )

b.2.- Bastidor y Ruedas en Pleno giro.- Se utilizan los 20°



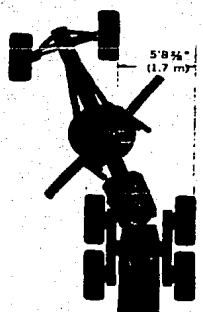
BASTIDOR  
RECTO

Fig. 2



BASTIDOR Y RUEDAS  
EN PLENO GIRO

Fig. 3



POSICION  
ACODILLADA

Fig. 4

de articulación del bastidor, el ángulo de la dirección de 50° de las ruedas delanteras y se entraba el diferencial del tren de propulsión en tándem, a fin de hacer giros de radio mínimo. Se consigue con esto óptima maniobrabilidad en poco espacio, y giros muy rápidos al fin de cada pasada, así como la capacidad para mover en una curva cargas plenas con la hoja. Fig. ( 3 ).

b.3.- POSICION ACODILLADA.- Que ayuda a compensar la desviación lateral al dar vuelta a un camellón, y, además, mantiene las ruedas posteriores en buen terreno al limpiar una cuneta en terreno mojado, o mejorar la estabilidad de la máquina en trabajo en laderas, o para resistir el empuje lateral al emplear un ala quita nieves. El bastidor se halla a su máximo giro, y las ruedas delanteras son paralelas a las dobles. Fig. ( 4 )

c) BARRA DE TRACCION DEL PORTACUCHILLA.

La barra de tracción del sistema portacuchilla consiste de una viga de acero soldada, en forma de "T", "A" o "X"; - que tiene un acoplamiento de articulación esférica que se acopla al chasis, y un sistema de soportes que giran en círculo, permitiendo que éste y la hoja se mantengan firmes y sin oscilación en la operación contribuyendo a un trabajo de acabado perfecto. Fig. ( 5 )

Se halla fijada en la parte delantera del bastidor por una rótula.

En la parte posterior, está colgada del bastidor por unas palancas articuladas, que dirigen los movimientos de la cuchilla y un anillo que soporta a la cuchilla que está fijada a este dispositivo.

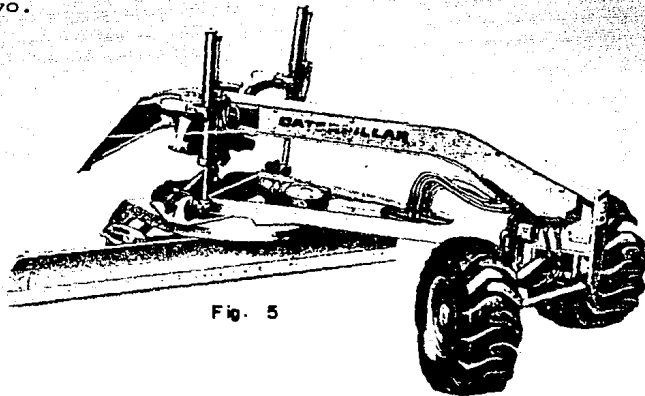


Fig. 5

d) SISTEMA PORTACUCHILLA.

Está constituido por un anillo móvil sostenido por una corona dentada. Este anillo móvil puede efectuar una rotación completa, y las distancias entre las ruedas delanteras y traseras es suficiente para que la cuchilla pueda efectuar esta rotación completa sin chocar con las ruedas. La cuchilla está fijada al anillo móvil mediante consolas. Este dispositivo de fijación permite regular rápidamente el ángulo de corte y hacer deslizar



un poco la cuchilla longitudinalmente a ambos lados en una posición media. Fig. ( 6 )

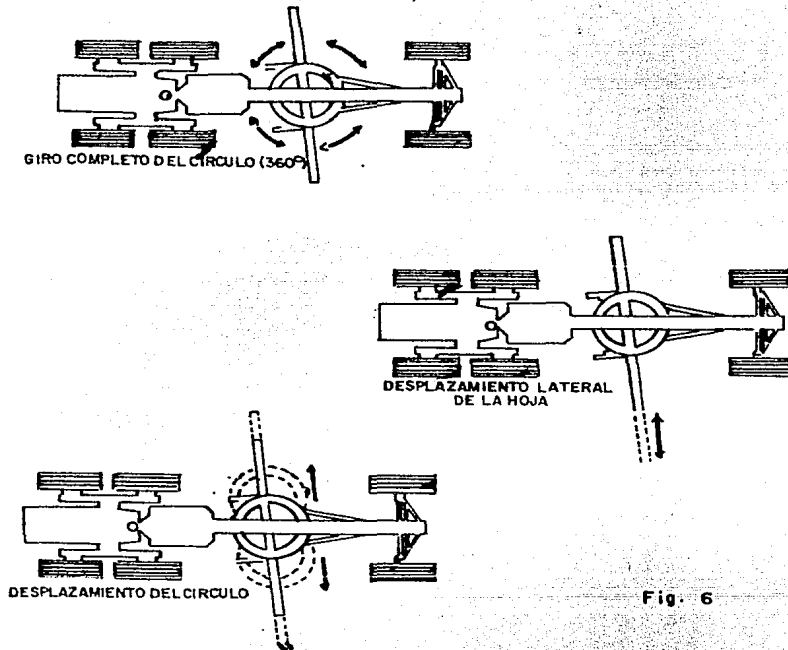


Fig. 6

e) LA CUCHILLA.

La cuchilla, es de acero especial. Su grado de conicidad está cuidadosamente escogido para asegurar un buen desprendimiento de los materiales excavados. La parte inferior de la cuchilla y los bordes laterales están provistos de partes sobrepuestas

intercambiables de acero duro y fijadas por remaches. Fig. ( 7 )

Funcionamiento generalizado de la cuchilla. Para una mayor eficiencia en el uso de este equipo en las operaciones antes mencionadas, es indispensable aprovechar al máximo la potencia de la máquina. La cantidad y calidad del trabajo están en función del correcto ajuste de la cuchilla y a las necesidades de la operación. La inclinación frontal de la cuchilla debe permitir cortar, mezclar y rastrear como se desee. Siendo la forma de la cuchilla concava, la posición más efectiva para cortar o revolver, y esto se logra cuando el filo de la cuchilla queda vertical al lado superior. Este ajuste vertical se usa para emparejar superficies y dar formas definitivas.

Para trabajos de conservación de caminos, la parte superior se inclina hacia adelante, hasta obtener una inclinación frontal conveniente, para dar rastreo o raspamientos.

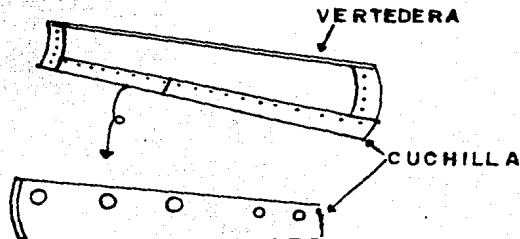


FIG. 7

Para que el material pueda correr libremente hacia el extremo de la cuchilla, la posición de la cuchilla con respecto al eje longitudinal de la máquina debe de ser apropiado, por lo tanto para el rastreo, el ángulo de la cuchilla con respecto al eje longitudinal de la máquina debe ser de  $60^{\circ}$  a  $70^{\circ}$ .

f) ANGULO DE LA CUCHILLA CON RESPECTO AL EJE LONGITUDINAL.  
Posición de la cuchilla durante el trabajo con respecto a su eje longitudinal. Fig. ( 8 )

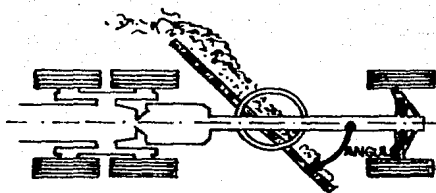


Fig. 8

La inclinación de las ruedas delanteras es básica, ya que en casi todas sus aplicaciones actúa una fuerza lateral que tiende a desviar la parte delantera de la máquina hacia un lado, para equilibrar esta fuerza de ruedas, delanteras se inclinan ha--

cia la dirección que lleva la tierra al correr sobre la cuchilla.

Fig. (9)

Desplazamiento lateral  
con las ruedas derechas  
cuando no se da la  
inclinación.

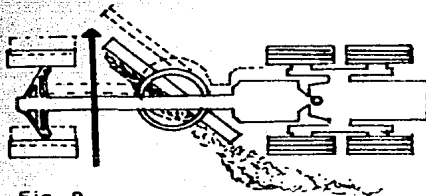


Fig. 9

Las cuchillas de la motoniveladora son las encargadas de realizar el emparejado, y acabado de las superficies de caminos pero también a veces tienen que darle acabado a taludes. Por lo tanto estas máquinas tienen un diseño especial en sus cuchillas que le permiten colocar la cuchilla en una posición tal que pueden dar acabados casi hasta  $90^\circ$ . Fig. (10).

**$90^\circ$  PARA AMBOS LADOS.** - La cuchilla puede ser desplazada desde  $90^\circ$  de un lado de la máquina (para cortar talud), hacia  $90^\circ$  del otro lado, en menos de 60 segundos, gracias a los mandos hidráulicos. La cuchilla es colocada en cualquier posición sin necesidad de ajustes manuales. Todas las maniobras son hechas directamente de la cabina.

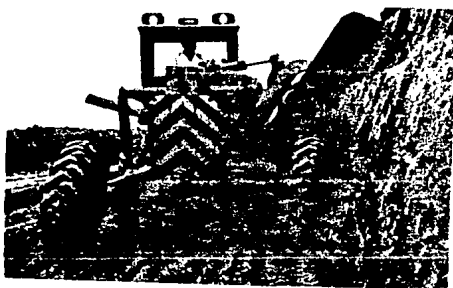


Fig. 10

En la motoconformadora interesa colocar el eje de rotación de la cuchilla tan cerca de las ruedas traseras motrices como - lo permite la necesidad de giro completo de la cuchilla. Por tanto se comprende la importancia de un reparto correcto de los pesos, y sobre todo, la influencia del peso del sistema de barra de tracción del porta cuchilla en el trabajo de corte.

f.1.- CUCHILLAS RECIAS**PARA NIVELACION DE ACABADO**

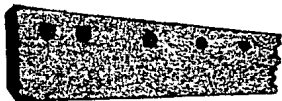
Las cuchillas curvas de -  
(12,7 mm) conservan más -  
tiempo su filo, no se embo-  
tan, y tienen buena pene-  
tración. Como se utilizan  
más tiempo, los costos son  
mínimos (como 15% menos que  
en las cuchillas compara-  
bles de 15,9 mm). Fig. (11)

**PARA LA MAYORIA DE TRABAJOS**

Las cuchillas para endureci-  
miento completo, de (15,9 ó  
19 mm) de espesor, resisten  
trabajos en que se desgastan  
o rompen las cuchillas co-  
rrientes.  
Fig. (12)

**PARA TRABAJOS MUY SEVEROS**

Las cuchillas planas de -  
(25,4 x 254 mm) tienen cua-  
tro veces más material pa-  
ra desgaste que las de -  
(12,7 x 152 mm).  
Fig. (13)

**FACILITAN LA PENETRACION**

Con menos superficie de con-  
tacto sobre el suelo, una -  
cuchilla cerrada de (19 x -  
203 mm) ejerce mayor pre-  
sión por  $cm^2$ , a fin de pene-  
trar en suelos muy compac-  
tos. Puede empernarse a cu-  
chillas estándar de (152 -  
mm) en trabajos excesivamen-  
te duros. Fig. (14)



f.2.- PUNTA DE EXTREMO

**GAVILANES O PUNTAS REVERSIBLES Y DE SUPERPOSICION.**

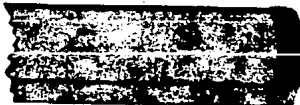
Fortalecen las esquinas de la vertedera, y disminuyen el desgaste de las esquinas. Cuando se desgastan voltéelas y reins tálelas en el otro extremo de de la vertedera, de modo que - obtendrá una segunda vida útil de servicios. Fig. (15)



**PUNTAS DE EXTREMO DE LA VERTEDERA.**

Protegen la vertedera contra desgaste o daños. Se endurecen completamente. Para mayor duración.

Fig. (16)



g) **MANDO DE LOS MOVIMIENTOS.**

En los modelos grandes, el mando de los movimientos - que son los siguientes: orientación, elevación y desplazamiento lateral de la cuchilla, inclinación de las ruedas, etc. Es mecánico o hidráulico. La energía necesaria viene proporcionada - por el motor principal y por un motor auxiliar en el caso de -- ser remolcado. En ambos casos, el motor acciona, ya sea uno o - varios servomotores mecánicos, y una bomba hidráulica.

Fig. (17).



SISTEMA DE ACUMULADOR PARA LEVANTAR LA HOJA. Suministra acción amortiguadora para los circuitos hidráulicos de levantamiento. Se recomienda en trabajos de conservación de caminos duros y rocosos. Incluye control de conexión y desconexión. Fig. 17

#### h) CONTROL AUTOMÁTICO DE LA HOJA.

Ayuda a que el operador obtenga más exactitud con la hoja. Como el operador lo preajusta a fin de mantener las especificaciones de acabado de la pendiente o el desnivel transversal, aumenta - en alto grado su adaptabilidad, ya que el operador puede elegir el uso de controles manuales, o únicamente el control automático del desnivel o simultáneamente.

Puede fijarse a cualquier extremo de la vertedera un seguidor - de pendiente (vara, rueda o zapata de patín). El sistema estabilizador adapta la respuesta de la vertedera a la velocidad del viraje de la máquina.

Fig. (18).



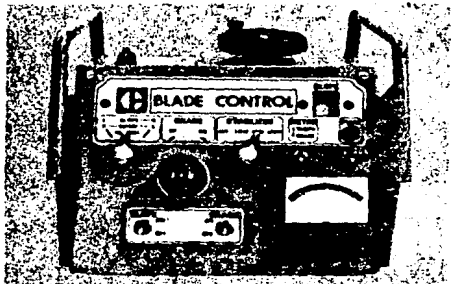


Fig. 18

#### h.1.- CONTROLES DE LA HOJA.

Los controles son totalmente hidráulicos. Son de respuesta rápida constante y confiable, según sea el número de RPM del motor, o el número de controles que se utilicen simultáneamente.

Hay válvulas de bloqueo en todos los circuitos que eliminan las desviaciones de las hojas, y se consigue un trabajo perfecto

Fig. ( 19 )



Fig. 19

Los controles hidráulicos responden de inmediato y sitúan la hoja a una velocidad constante, sean cuales sean las RPM del motor.

#### 4) LA CABINA.

La cabina es una caja de lámina metálica y vidrio, proyectada para proteger los controles y al operador de la interperie.

Las ventanas del compartimiento del operador pueden quitarse, deslizándolas o separándolas por completo. Numerosas aberturas dejan espacio libre para la operación de los cables, permiten el acceso a la maquinaria y permite al operador una visión parcial a través de la cabina. Fig. (20) y (21)

La cabina de visión perimetral, permite al operador mayor visibilidad en todas las direcciones.

Fig. 20

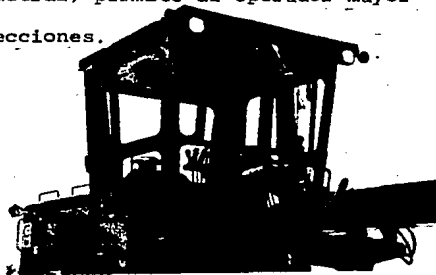


Fig. 21

#### j) EJES.

Los ejes interiores se localizan a la mitad de la distan

cia entre las ruedas de impulsión del tandem. Cada eje lleva dos ruedas dentadas que impulsan los ejes de las ruedas mediante cadenas separadas de rodillos. Los rines de las ruedas están acuñados a los ejes exteriores.

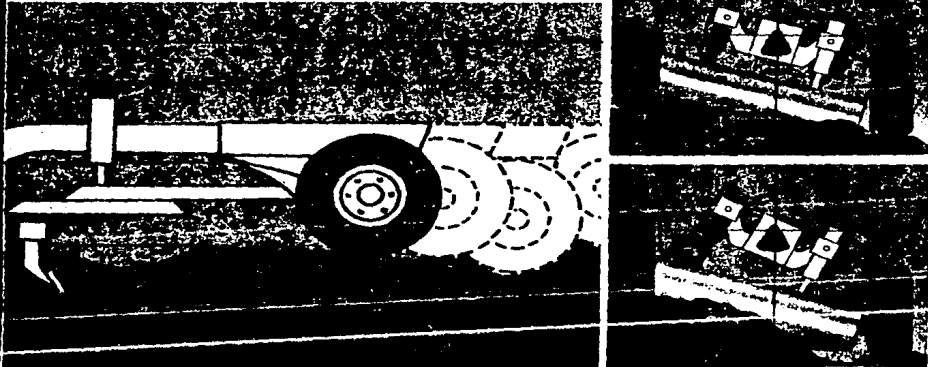
La caja de impulsión de tandem, que lleva los ejes exteriores, están articuladas en el eje interior de manera que las ruedas impulsoras pueden seguir las irregularidades del terreno sin perder contacto. Los ejes exteriores dan vuelta apoyadas un poco fuera de los centros de placas circulares apernadas a la caja. La cadena puede ajustarse quitando el par de placas dándoles vuelta de modo que el eje se mueva, ya sea hacia adelante, o separándose del eje y volviendo a atornillarlas.

El eje delantero está a menudo arqueado para que así se aymente la altura disponible bajo el eje. Esta disposición permite evitar las pérdidas de potencia debidas a las crestas de los taludes y a las dificultades de la dirección. En ciertos modelos el eje puede deslizarse lateralmente, de modo que las ruedas delanteras tengan un camino distinto con relación a las ruedas traseras. Fig. (22) y (23)



Fig. 22

Fig. 23



## k) RUEDAS.

Las ruedas delanteras van generalmente montadas sobre un dispositivo de mando mecánico o hidráulico, que permite una inclinación necesaria, esto es para que las ruedas opongan más resistencia al esfuerzo de deslizamiento lateral provocado por la orientación oblicua de la cuchilla.

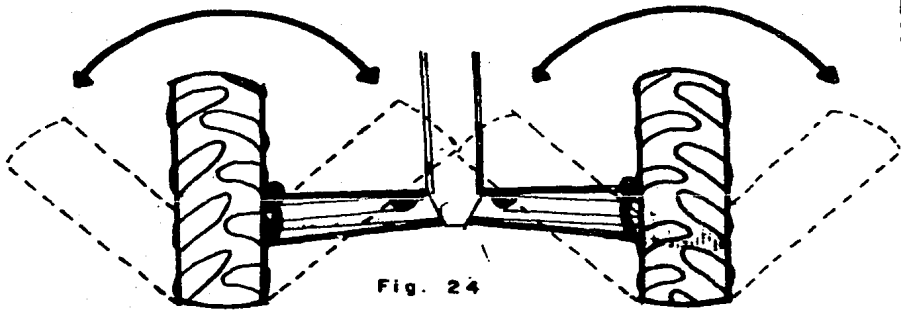
Las ruedas de las motoconformadoras siempre van equipadas con neumáticos.

Fig. (24),(25)y(26)

La inclinación de las ruedas delanteras es básica ya que en casi todas sus aplicaciones las motoniveladoras soportan una fuerza lateral que tiende a desviar la parte delantera de la máquina hacia un lado y para remediar esta desviación y oponerse a la fuerza lateral, las ruedas deben inclinarse hacia la direc-

ción que lleve la tierra al correr sobre la hoja. Esta inclinación se logra por medio de un sistema mecánico que actúa directamente sobre las ruedas o también por medio de un sistema hidráulico. Es común que se logren inclinaciones de  $22^\circ$ , hacia ambos lados.

SISTEMA DE INCLINACION DE LAS RUEDAS





INCLINACION DE LAS RUEDAS

Fig. 25

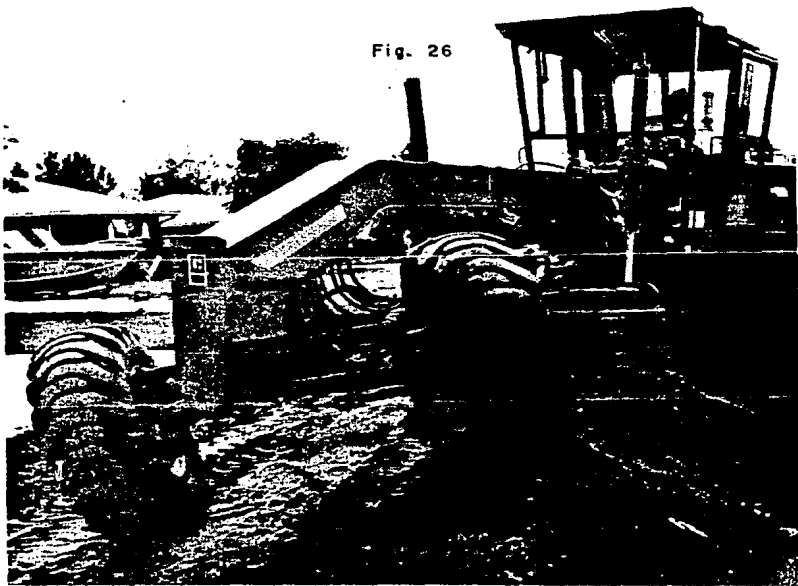


Fig. 26

## 1) DIRECCION.

La dirección viene dada, en las motoconformadoras, por la orientación del plano de las ruedas delanteras. Para mantener el aparato en el camino trazado ya que ejerce un esfuerzo - a menudo muy importante, particularmente para la motoconformadora, cuyas ruedas motrices están desprovistas de diferencial. En modelos pesados se solucionan los problemas con el empleo de dispositivos servo-motores, que facilitan considerablemente la conducción del aparato.

SISTEMA DE LA DIRECCION

RUEDAS DELANTERAS.- Con potencia totalmente hidráulica.

ANGULO DE LA DIRECCION- - - - - 50° a la izq. o la derecha

BASTIDOR, DIRECCION DE- - - - - 20° a la izq. o la derecha  
ACCION HIDRAULICA

RADIO MIN.DE VIRAJE  
(DEL NEUMATICO DELANTERO  
EXTERIOR) - - - - - 0.61 m.

Esto se logra utilizando el viraje de las ruedas delanteras la articulación del bastidor y el diferencial sin traba.

## m) FRENOS.

Los frenos de servicio son hidráulicos y actúan sobre las ruedas impulsoras traseras, y se controlan con un pedal.

El freno de estacionamiento se controla fuera de la caja - por una palanca de aire.

Estos frenos son adecuados para trabajar en baja velocidad, pero, debido al peso de la máquina y a la carencia de un reforzador de potencia, hay que tener cuidado en colinas inclinadas empleando bajas velocidades y así lograremos un frenado adecuado, - para una mayor seguridad.

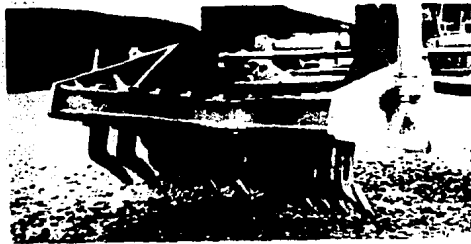
Si no funcionan los frenos de servicio, pueden utilizarse el de estacionamiento, que opera mediante un muelle, y con esto se conseguirá que la máquina se pare, aunque se haya interrumpido el suministro de aire. (No se recomienda este método en operaciones repetidas).

#### n) ESCARIFICADOR.

Hay un dispositivo esscarificador, montado en la parte - delantera de la máquina, de la cual constituye una parte integrante. Esta se levanta o se baja con un servomotor mecánico o de cilindros hidráulicos. El esscarificador tiene dientes intercambiables separados para permitir que la materia disgregada se vierta fácilmente. El esscarificador facilita el trabajo de corte de la cuchilla en terrenos muy duros. Cuando se pone en funcionamiento en un terreno particularmente difícil se levanta la cuchilla y - el esscarificador trabaja solo. En terreno no rocosos la cuchilla



y el escarificador pueden trabajar simultáneamente. Fig. (27)



ESCARIFICADOR DE TIPO "V" montado hacia adelante de la vertedera. Se utiliza para mezclar, fragmentar embaños de asfalto, lejas y materiales congelados. El modelo estándar incluye 11 vertederos de escarificador.

Fig.27

- o) - UTILIZACION DEL MOTOCONFORMADOR PARA DIVERSOS TRABAJOS.
  - a) - Excavación.
  - b) - Nivelación.
  - c) - Desplazamiento de Tierra.
  - d) - Roturación.
  - e) - Escarificación de Carreteras apisonadas.



**COMPACTADORA**

### 3.1.- INTRODUCCION.

Desde el comienzo de la historia los rebaños de ganado vacuno y bovino constituían un método de compactación de suelos. Aproximadamente en el s. XVIII empezaron a construir rodillos tirados por caballos o bueyes para la construcción de carreteras. Luego la apisonadora de vapor que se fabricaron en Francia a mediados del s. XIX, dicha apisonadora a vapor con rodillo liso de acero no dio resultado práctico.

Poco después, como consecuencia de la introducción del motor de combustión interna, hicieron su aparición las unidades motrices más pequeñas las cuales tuvieron más aceptación.

Estados Unidos fué el país pionero en el desarrollo de la Ingeniería de compactación de suelos.

Los primeros rodillos de pata de cabra, diseñados para uso en la construcción de represas de tierra, se fabricaron en California en los años 1904-1906.

En ese entonces, el movimiento de grandes volúmenes de tierra se realizaban habitualmente con carros o vehículos tirados por caballos o mulas.

En el campo de la construcción de carreteras, los pavimentos sobre terraplenes no compactados se deterioraban en seguida. Por esta razón, la construcción de carreteras, es el campo más importante de aplicación de la ingeniería de compactación de suelos.

La compactación vibratoria de suelos se comenzó a utilizar en Alemania a principios de la década de los treinta, los primeros compactadores vibratorios, eran de tipo plancha autopropulsada de 1.5 toneladas, así como los apisonadores de orugas de 25 toneladas.

Los primeros rodillos autopropulsados y remolcados por tractores se construyeron en el año 1940.

Sin embargo, los apisonadores de placa remolcados por un tractor no han dado resultados aceptables, siendo rápidamente sustituidos por equipos manuales, o autopropulsados.

La compactación de los suelos debe ejecutarse 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 funcionales de cualquier obra civil, como pueden ser terraplenes, sub-bases, bases y superficies de rodamiento.

Se desprende de la anterior, que la vida útil de una obra, en la que interviene la compactación, dependerá en gran parte del grado de compactación especificado, el cual deberá ser estrictamente controlado. Se han introducido mejoras como: poderosos sistemas hidráulicos, sensores electrónicos confiables, diseños más funcionales, mayor versatilidad en su uso, transmisiones rápidas, potentes motores, etc., las cuales se han traducido en una mayor producción de los equipos.

Los grandes equipos de carga, acarreo y tiro de material, han obligado a los fabricantes de equipo de compactación a diseñar máquinas compactadoras capaces de balancear al tiro con la compactación, para evitar interferencia de actividades y pérdida de tiempo, lo que da por resultado un proyecto antieconómico. Fig. ( 28 ).

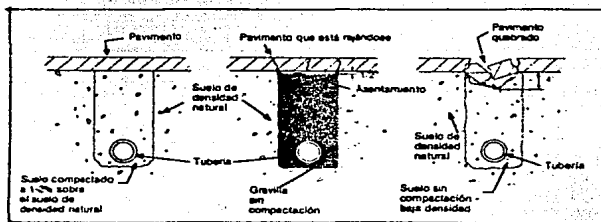


Fig. 2 8

#### a) Tipos de suelos.

Las rocas se formaron de tres maneras distintas; - las rocas ígneas se formaron por la consolidación de masas fundidas; las sedimentarias se formaron en capas mediante la sedimentación de soluciones acuosas, y las metamórficas como el resultado de la transformación del material de los primeros tipos mediante calor y presión. El tiempo, la química y la interperie han atacado estas rocas, desgastándolas y convirtiendo una gran parte de sus superficies en "mares" blandos de partículas minúsculas. El material del suelo ha sido bien mezclado por glaciares, viento, agua, gravedad y por el hombre. Esa mezcla rocosa

primitiva adquiere materia animal y vegetal, lo que proporciona materiales orgánicos del suelo. Para poder clasificar, los suelos usaremos el "Sistema Unificado de Clasificación de suelos" (S.U.C.S.).

Este sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y finos si más de la mitad de sus partículas, en peso son finas.

Cada uno de estos tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido, en dos grupos. Si este es menor del 50% es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade el símbolo genérico la letra L (low compressibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL, y OL. Los suelos finos son límite líquido mayor del 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (high compressibility) teniéndose así los grupos MH, CH, y OH,

### 3.2.- GENERALIDADES.

Definición.- Es el procedimiento de aplicar por medios mecánicos energía al suelo suelto, para la construcción de terraplenes, sub-base, bases y carpetas asfálticas, con objeto de consolidarlo, eliminando espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, tenemos capacidad para soportar car---

gas, como su impermeabilidad de acuerdo al grado de compactación especificado.

Por medio de la compactación aumenta el peso volumétrico del material seco, los suelos retienen el mínimo de humedad, presentan menor permeabilidad y sus asentamientos son reducidos; es decir que la compactación se traduce en una mayor validez de soporte, mayor resistencia al corte y mínima variación volumétrica por cambios de humedad.



Fig. 29

El éxito de toda compactación depende de los métodos usados, del equipo seleccionado, del tamaño del área cargada, de la presión ejercida sobre ella y del espesor de la capa del suelo. Este espesor es importante cuando es mayor al que puede compactar el equipo, sobreviene el fracaso; este espesor depende del tipo de suelo y de la máquina de compactación que se utilice. Fig. (29).

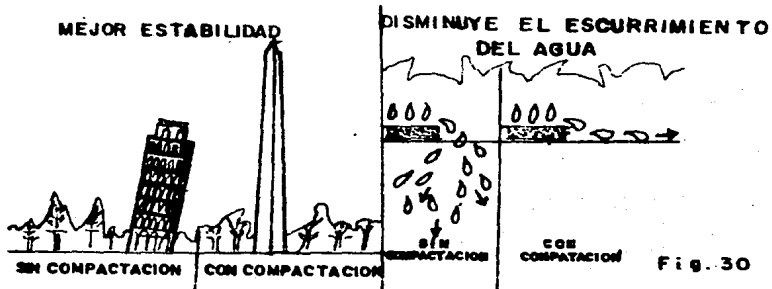


Fig. 30

Es importante considerar también la granulometría del material, el contenido de humedad y el esfuerzo de compactación; - ya que con una correcta granulometría las partículas pequeñas llenan los espacios vacíos que dejan las partículas grandes y se aumenta por compactación la densidad del material; con el - justo contenido de humedad se reduce la fricción entre las partículas, se facilita el deslizamiento de ellas, se aumenta la densidad y se mejora la ligazón de las partículas de arcilla, que son las que proporcionan la característica pegajosa a los materiales cohesivos. Para obtener una máxima compactación, - hay que dar al suelo el grado óptimo de humedad que le corresponde, pues el agua en exceso dificulta y a veces hace imposible la compactación. Fig. (30).



### 3.3.- METODOS DE COMPACTACION.

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

- a) Peso estático o presión.
- b) Amasado o manipuleo.
- c) Impacto o golpes violentos.
- d) Vibración o sacudimiento.
- e) Con ayuda de enzimas.

a) **Peso estático o presión:** La aplicación de una fuerza por unidad de área.

Este principio se basa en la aplicación de pesos medianos o 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 tiene dos inconvenientes:

a.1.- 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.

a.2.- Fomenta 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, se puede juzgar este segundo inconveniente.

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

b) Amasado o manipuleo: Acción de amasado, reorientación de partículas próximas, causando una reducción de vacíos. 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 salir por la superficie.

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

c) Impacto o golpes violentos: Golpeo con una carga de corta duración, alta amplitud y baja frecuencia. La compactación por medio de impacto se logra haciendo caer repetidamente un peso desde una cierta altura.

Cuando una unidad compactadora tiene una frecuencia ba

ja y una amplitud grande, la unidad cae dentro de este tipo de compactación. Generalmente se estima que las fuerzas que se aplican por impacto, están en frecuencias de 50 a 600 golpes por minuto.

d) Vibración o sacudimiento: Golpeo con una carga de corta duración, alta frecuencia y baja amplitud.

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, produciendo el acomodo de las partículas. Usualmente este tipo de compactadores operan a frecuencias que pueden ir de 900 a 2400 vibraciones por minuto.

Las ventajas de la compactación por vibración son:

- d.1.- 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.
- d.2.- Permite el uso de compactadores más pequeños.
- d.3.- Se puede trabajar sobre capas de material de mayor espesor.
- d.4.- Permite hacer trabajos más rápidos por menor número de pasadas.
- d.5.- Por las razones anteriores los costos de compacta

ción resultan más económicos.

- e) Con la ayuda de enzimas: Mediante la adición de productos enzimáticos en el agua de compactación, se ha pretendido obtener, en combinación con algún otro esfuerzo compactador mecánico, la densificación más rápida de los materiales.

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

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

#### 3.4.- CLASIFICACION.

El equipo se clasifica en:

- a) Estáticos.

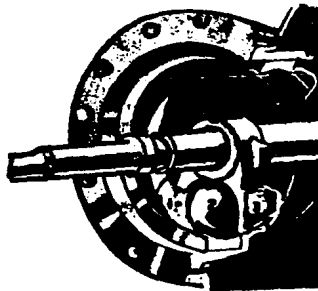
Los rodillos estáticos dependen de su propio peso para lograr compactación del suelo. Su empleo para la compacta

ción ha disminuído constantemente desde la introducción de -- los rodillos vibratorios, en vista de que los rodillos estáti cos deben tener alto peso propio a fin de poder compactar capas aún de penetración moderada. El alto peso estático signi ca mayor costo de los componentes y mayor tamaño que dificul ta su manipulación y transporte.

Sin embargo, todavía se usan rodillos estáticos para aple nar asfalto porque dejan una superficie lisa.

#### b) Vibratorios.

La vibración provoca un reacomodo de las partícu las del suelo que resulta en un incremento de peso volumétri co pudiéndose alcanzar espesores grandes (0.80 m.) de la capa. Estos rodillos pueden producir un gran trabajo de compactación en relación a su peso estático ya que la principal fuente de - trabajo es la fuerza dinámica de compactación basada en el sis tema vibrador según el principio de "bola y pista". Fig. ( 31 )



1. Pista de bola 2. Bola de acero  
3. Conductor

Fig. 31

Buscando extender ventajas a suelos cohesivos se han desarrollado rodillos pata de cabra vibratorios, en los que la fuerza y la amplitud de la vibración se han aumentado, y se ha disminuido la frecuencia. Con el mismo objeto se han acoplado dos rodillos vibratorios "fuerza de fase" a un marco rígido para obtener efecto de amasamiento.

Todos los vibradores deben de manejarse a velocidades de 2.5 a 5 km/hr. Velocidades mayores no incrementan la producción, y con frecuencia no se obtiene la compactación. Estos equipos requieren únicamente un máximo de 4 a 5 pasadas para alcanzar el peso máximo del campo.

En tracción normal, las máquinas pueden superar con facilidad pendientes de hasta 30%; en muchos modelos se incorpora un dispositivo en el tambor, que proporciona a la unidad un mayor poder tractor, capaz de alcanzar los 45% y muy apto para terrenos arenosos de granulometría uniforme y otros terrenos difíciles.

Este tipo de rodillos se dividen en:

b.1.- Zapatas o placas vibratorias.

El tipo de zapata vibratoria puede tener desde una sola zapata para bacheos, zanjas, y pequeñas superficies, a 6 ó más, para trabajo normal en compactación de carreteras. Pueden disponerse en serie o en tándem. Fig. (32).

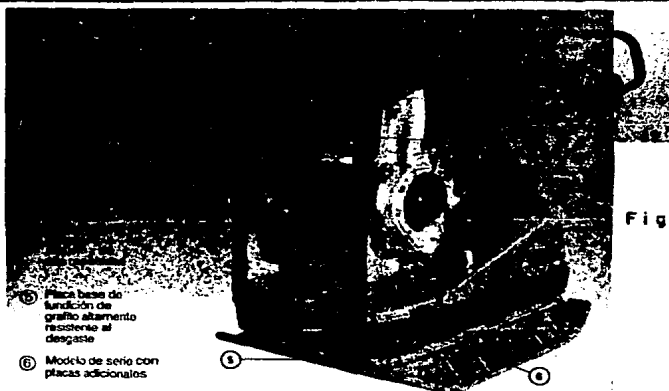


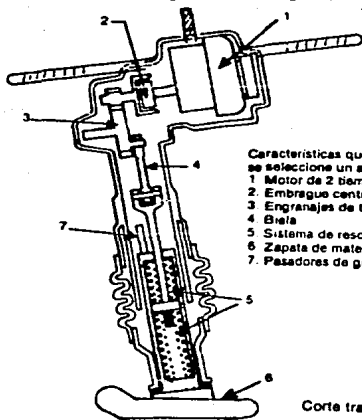
Fig. 32

(a) Placa base de función de grafo alarmento resistente al desgaste

(b) Modelo de serie con placas adicionales

Se pueden suministrar también planchas vibratorias de otras clases de capacidad y formas de accionamiento.

Los compactadores vibratorios de zapatas se emplean -- fundamentalmente para compactación de macadam y otras capas de base granulares. Las unidades pequeñas se emplean mucho para compactación de las mezclas asfálticas empleadas en bacheos de pequeñas superficies inaccesibles a grandes apisonadoras. Fig. (33).



Características que se deben observar cuando se seleccione un apisonador:

- 1 Motor de 2 tiempos con silenciador/parachispas
- 2 Embrague centrífugo
- 3 Engranajes de transmisión de fuerza
- 4 Eje
- 5 Sistema de resortes lubricados con aceite
- 6 Zapata de material plástico o madera dura
- 7 Pasadores de guía

Fig. 33

Corte transversal del apisonador

b.2.- Rodillos remolcados, autopropulsados y en tándem.  
Tienen uno o dos rodillos de llanta lisa de 1.20 mts. a 1.80mts., y pueden ser del tipo remolcable o tándem. Fig. ( 34 ).

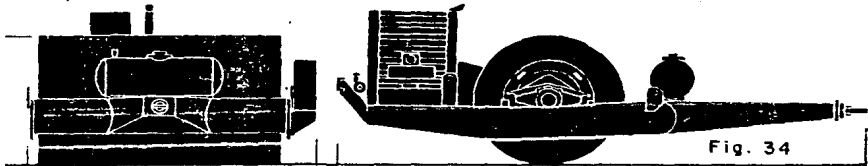


Fig. 34

El peso estático es usualmente de 3 a 5 toneladas  
Sin embargo, pueden encontrarse unidades con peso  
estático hasta 10 a 11 toneladas,.

También están empezando a usarse rodillos vibrato  
rios autopropulsados con un peso estático de 4 a  
6 toneladas. Fig. ( 35 ).

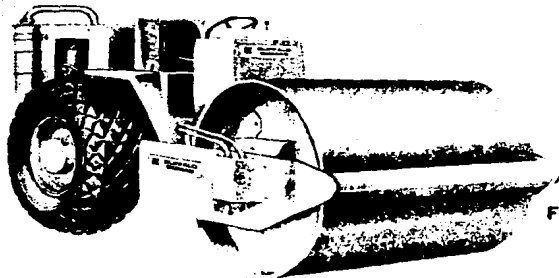


Fig. 35



Como ya se indico en algunas apisonadoras tándem de gran tamaño de tres ejes, es posible la vibración del rodillo central.

Fig. ( 36 ).

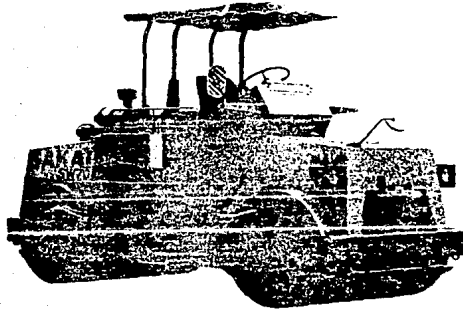


Fig. 36

Los rodillos vibratorios pueden emplearse para compactar casi todos los tipos de suelos granulares y mezclas asfálticas. Sin embargo, en algunos es necesario regular la frecuencias de la vibración según el tipo de materiales compactados.

### 3.5.- TIPOS DE COMPACTADORES.

- a) Pata de cabra.
- b) Rejilla o malla.
- c) Tambor de acero liso.
- d) De neumáticos.
- e) De impacto.
- f) Combinados.

a) Pata de cabra.

Esta constituido por un cilindro o rodillo giratorio montado en el interior de un bastidor o chasis, en su superficie periférica, cilindro está provisto de salientes radiales llamadas "patas de cabra", destinadas a penetrar en el suelo, durante el proceso de trabajo. Son útiles para compactar suelos que contengan suficientes cantidades de finos, como arcillas y limos. Fig. ( 37 ).

Cuando la ocasión lo exige o lo permite, en vez de un solo rodillo puede utilizarse una unidad más compleja, compuesta de dos, tres o de cuatro cilindros montados en un bastidor común, con sus correspondientes ejes de rodadura. Este dispositivo unitario o compuesto es arrastrado por un tractor de orugas.

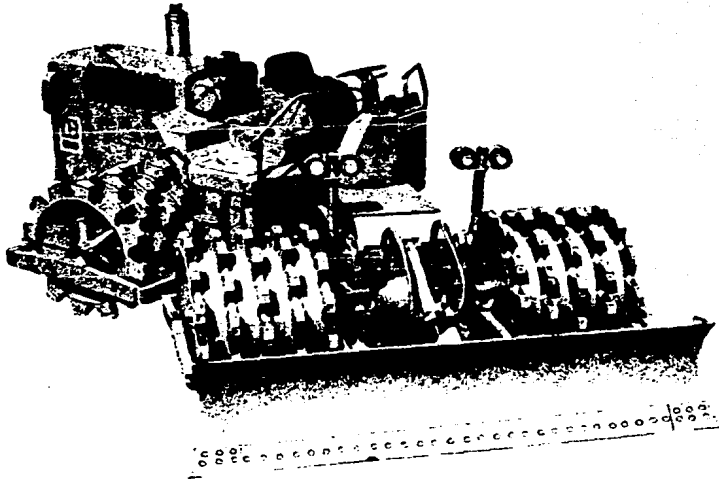
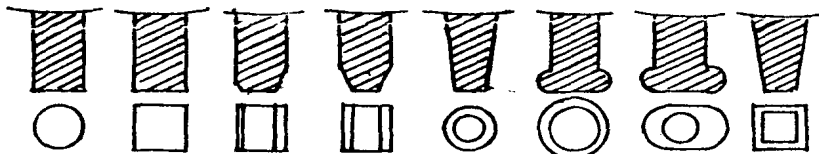


Fig. 37

La longitud y la forma de los salientes apisonadores, varían -- según el tipo de rodillo. La longitud fluctúa entre 18 y 23 -- cms., el número máximo de patas, por metro cuadrado de área de tambor, es de 12, y su forma puede ser de tronco, de tronco de pirámide, de cono o pata de cabra. Se busca así que los salientes radiales o apisonadores, al salir del terreno no lo aflo-- jen fig. (38).

FORMAS USUALES DE LAS PATAS Fig. 38



Para un buen resultado, el espesor de las capas por compactar nunca deben exceder en 20% de la longitud de la pata; aunque -- lo recomendable es que sea sensiblemente igual a la medida o -- longitud de la pata. El ángulo de giro es generalmente de  $44^\circ$ . Fig. (39).

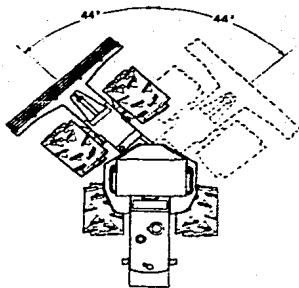


Fig. 39

Para evitar que las patas del eje posterior coincidan con las huellas de las delanteras, el sentido de las hileras en flecha es inverso en los rodillos traseros. El cilindro de la pata de cabra esta hueco y puede llenarse con agua, arena o ambas para aumentar su peso. Lo más moderno de este tipo de compactadores es el compactador pata de cabra para halar. Fig. (40), con dos tambores oscilantes montados en marcos rígidos y reforzados para terrenos irregulares y con un gran ángulo de giro. Fig. (41). 42

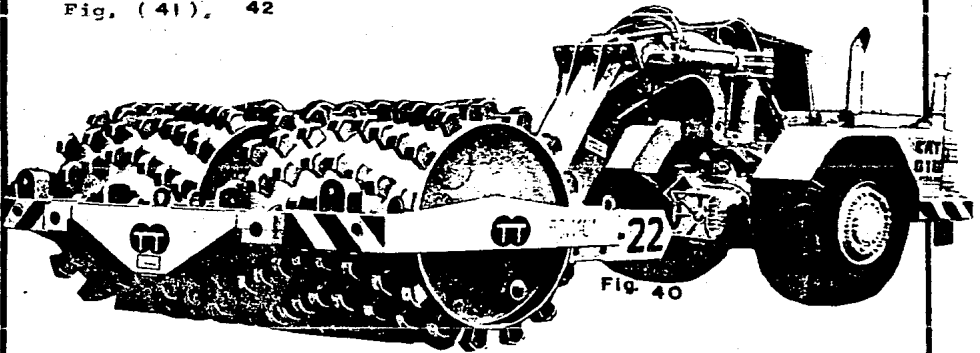


Fig. 40

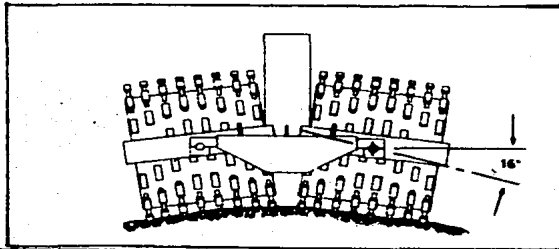


Fig. 41

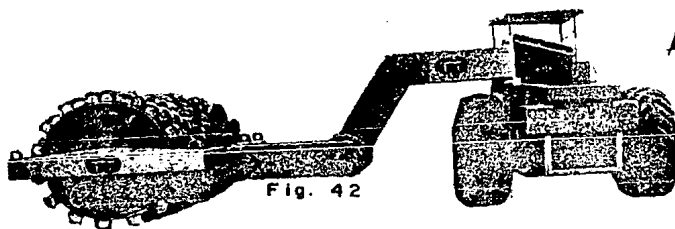


Fig. 42

Las puntas de los pisones o patas de cabra se instalan con pasadores a las bases de las patas, y se fijan con tapones de extremos de acero.

Pueden cambiarse las patas gastadas, extrayendo los pasadores con martillo o botador. Fig. (43).

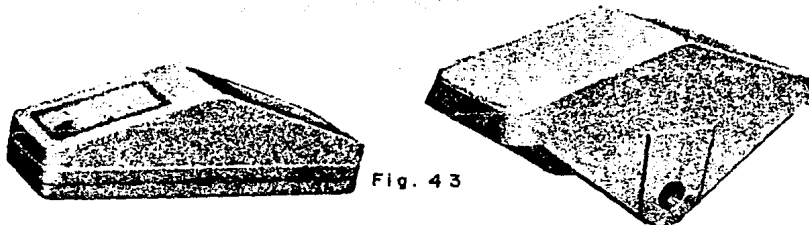


Fig. 43

Además, la máquina dispone de dos juegos de puntas limpiadoras ajustables, en cada rodillo, encargados de evitar que se acumule la tierra en las hileras de las patas. Esta labor de limpieza se produce tanto en avance como en retroceso de la unidad.

En las figuras (44) y (45) se encuentran dibujadas las trayectorias de una pata de cabra con radio mínimo y con radio máximo de rodamiento. Es conveniente fijarse en el movimiento que sigue:

la pata, tanto al penetrar como al abandonar el suelo, si el rodillo pasara por una superficie de concreto, el radio de giro sería la distancia entre el eje del rodillo y el extremo de la pata.

Si el rodillo pasa sobre una capa floja la pata penetra en el suelo, siendo el radio en este caso menor que en el caso anterior. En la práctica el radio de rodamiento es mayor generalmente que el radio del tambor y tiende a disminuir con el número de pasadas; esto se debe a que el rodillo se desliza ligeramente hacia adelante, trasladándose debido a la resistencia de los dientes limpiadores y la que ofrece el suelo cuando la pata se retira.

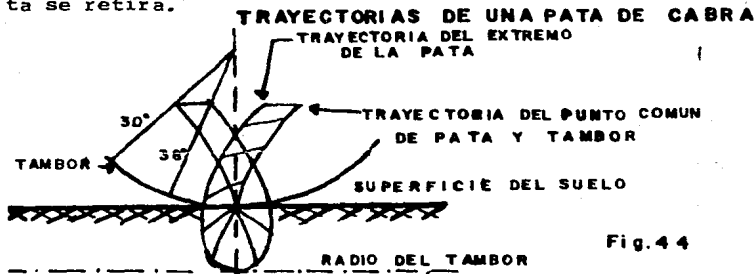


Fig.44

Cuando el rodillo pata de cabra da su primera pasada sobre una capa de suelo recientemente tendida, la capacidad de soporte del suelo es muy baja y la pata penetra en el casi totalmente. A medida que el número de pasadas del rodillo aumenta crece la capacidad de soporte del suelo y la penetración de las patas disminuye; el rodillo deja de rodar sobre su superficie cilin-

drica y se apoya únicamente en las patas.

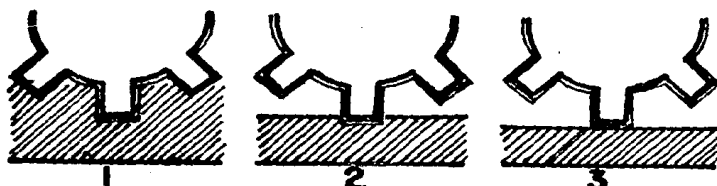


Fig. 46

De lo anterior se deduce que cuando un suelo se compacta con rodillos pata de cabra, la compactación se lleva a cabo de abajo hacia arriba. Como al terminar de compactar una capa de suelo queda un espesor flojo, que el que recibe a la siguiente capa, la separación de estas no está bien definida.

Para mayor garantía en la compactación, al usar los rodillos de pata de cabra, se deben aplicar las siguientes reglas. Fig. (46).

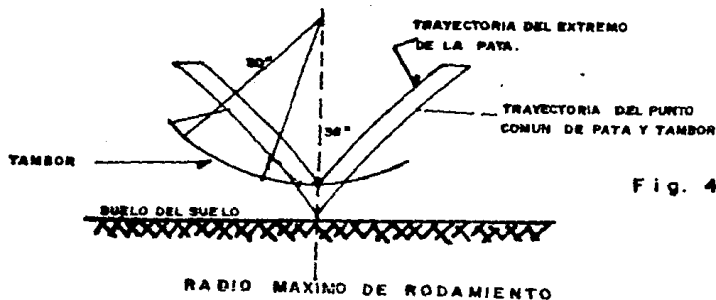


Fig. 45

- a.1.- El material se extiende en capas especificadas.  
En el primer paso la pata penetra, totalmente.--  
Fig. (46-1).
- a.2.- Cada paso sucesivo sobre el material compacta la  
sub-base. Fig. (46-2).
- a.3.- Las patas del rodillo quedan sin penetrar indi-  
cando la solidificación. El pisonado posterior -  
no aumenta la compactación, Fig. (46-3).
- Es necesario durante la compactación, traslapar  
30cms. a cada lado del área para mejorar los re-  
sultados. Fig. ( 47 ).

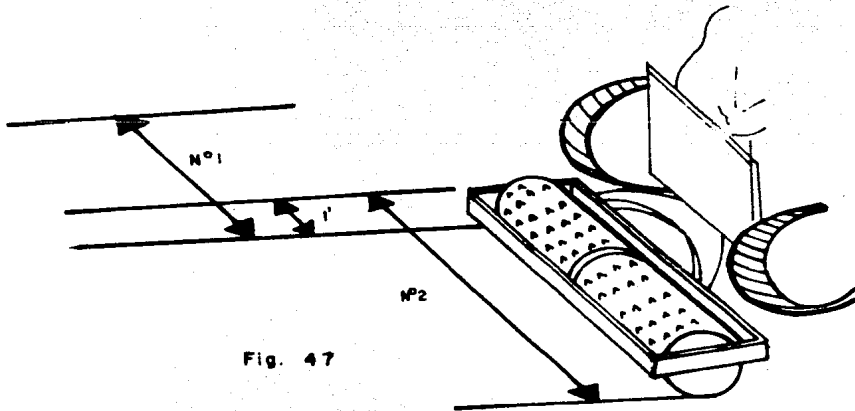
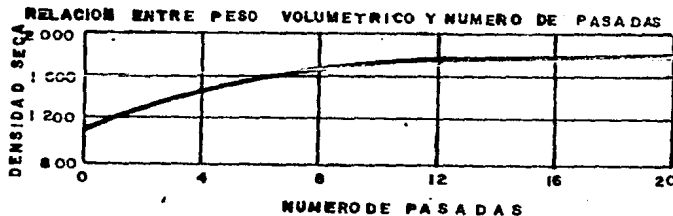


Fig. 47



Los rodillos pata de cabra son lentos, tienen una gran resistencia al rodamiento, por lo que consumen mucha potencia, es por esto por lo que su uso esta declinando debido a los altos costos que tienen, usualmente por unidad de volumen compactado.



NUMERO DE PASADAS.

EQUIPO	PARA 90% DE COMPACTACION.	PARA 95% DE COMPACTACION.
6 a 7 TONS.	10 a 12	14 a 16
13 a 15 TONS.	5 a 7	8 a 10

Son ahora raramente usados, excepto para amasamiento y compactación de arcilla donde la estratificación debe ser eliminada como en el corazón impermeable de un presa y si la obra lo requiere se tendría que afinar la superficie para borrar las huellas de las patas y se le da una compactada superficial con plancha de rodillo metalico, liso.

b) Rejilla o malla.

Este rodillo funciona como un rodillo pata de cabra remolcado, excepto que las patas se sustituyen con una rejilla cuadrada.

Pueden lastrarse y producir presiones de más de  $21.09 \text{ Kg./cm}^2$ , de la línea generadora del rodillo. Su peso lastrado es del orden de 14 toneladas. Su uso en terracerías se limita al acomodo de capas constituidas por fragmentos de roca, o al disgregado de materiales, para reducir sus tamaños.

Al ser usado este equipo se encontró que era capaz de compactar a alta velocidad una gran variedad de suelos. Los puntos altos de la reja producen efecto de impacto, y cuando es remolcado a alta velocidad, produce efecto de vibración, y es efectivo en materiales granulares. El perfil alternado alto y bajo de la rejilla produce efecto de amasamiento por lo que este rodillo también es eficiente en materiales plásticos. Desafortunadamente como los materiales plásticos suelen ser pegajosos; se atascan de material los huecos de la reja y se reduce la eficiencia.

Fig. ( 48 ).

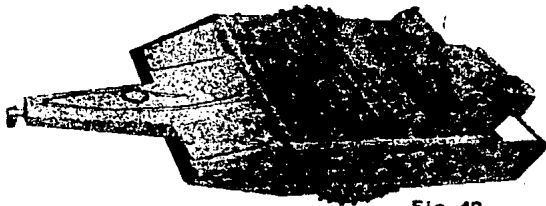


Fig. 48

Estos rodillos, debido a su misma configuración no pueden dejar una superficie tersa como puede ser una base de una carretera.

c) Tambor de acero liso o aplanadoras.

Son máquinas o aplanadoras de cilindros lisos que se emplean en la compactación de sub-base, bases, subrasantes y particularmente en carpetas. Dentro de esta gama existen aplanadoras cuyos cilindros pueden lastrarse por medio de un orificio que tienen en el extremo del rodillo para aumentar su eficiencia.

Los mismos principios que regulan la relación entre la presión de contacto y la compactación se emplean tanto para los rodillos pata de cabra como para las aplanadoras.

Con las unidades de 10 a 12 toneladas se compactan capas hasta 25 cms. de espesor; especialmente en suelos granulados de grano fino. La compactación, además de cubrir toda el área relativa, debe iniciarse a baja velocidad. En cada pasada deben trasla-

parse las rodadas de los rodillos traseros, de modo que:

Primera pasada.- A rueda entera.

Segunda pasada.- A media rueda.

Tercera pasada.- A cuarto de rueda.

Desarrollan una velocidad muy lenta, entre 1.5, y 6.5 km./h. y en cuanto, al tamaño de los cilindros, oscila entre los 1100 cms. y los 2100 cms. de ancho, por diámetros comprendidos entre los 850 y los 1450 cms. además el rodillo cuenta con un sistema por el cual limpia el material acumulado en cada pasada.

Esta aplanadora da buenos resultados en cualquier tipo de suelos, excepto en arenas limpias y no plásticas; sobre todo, son efectivas y seguras en gravas y suelos arcillosos. Cuando el material o suelo es arcilloso, debe cuidarse mucho el espesor de las capas para evitar que solo se endurezca la costra superficial, tal como sucede a veces.

En bases y por el bombeo, las pasadas de las aplanadoras deben iniciarse en el extremo o zona de nivel más bajo hasta llegar - al punto más alto; así se evitan los desplazamientos del material. Esta operación debe repetirse en la misma forma, hasta al canzarse la compactación final.

Pueden ser de los tipos siguientes:

c.1.- Aplanadora triciclo.

Tiene dos ruedas motoras normalmente de 1.50 ó 1.75 m. de diámetro por 0.50 a 0.60 m. de anchura y una -

rueda de dirección de menor diámetro, pero más ancha  
Los pesos varían de 5 a 20 Toneladas, Algunas tienen  
unidos a la parte trasera compactadores de tipo pla-  
ca vibratoria que pueden elevarse cuando no se em-  
plean. Las apisonadoras de llanta metálica de tipo -  
triciclo se emplean principalmente para apisonado --  
inicial de mezclas asfálticas y capas de base.  
Fig. (49).

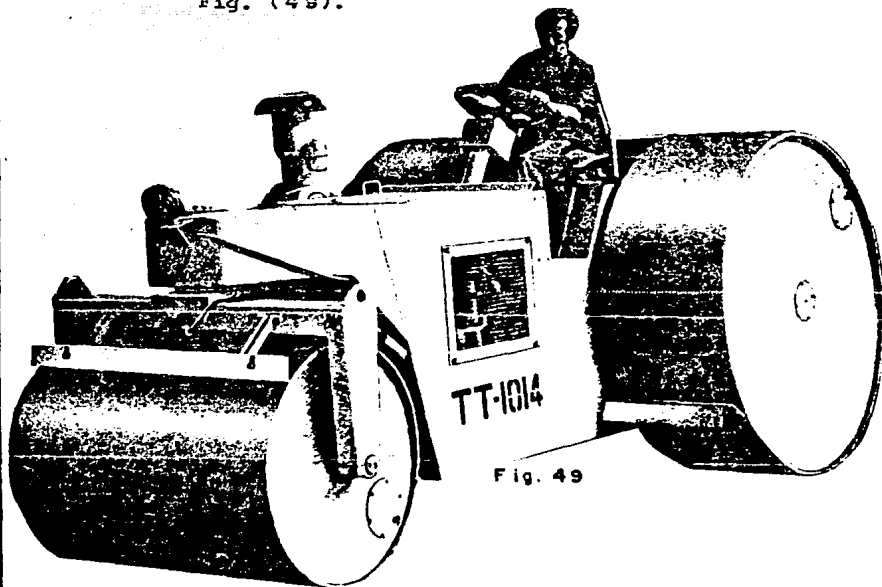


Fig. 49

c.2.- Apisonadoras en tándem.

c.2.1.- De dos ejes.

Tienen pesos que varían de 3 a 20 toneladas o más, algunos de los tipos más pequeños tienen neumáticos auxiliares para aumentar la facilidad de desplazamiento entre obras pequeñas, y otras tienen solamente un rodillo ancho con neumáticas auxiliares para transporte.

Fig. ( 50 ).

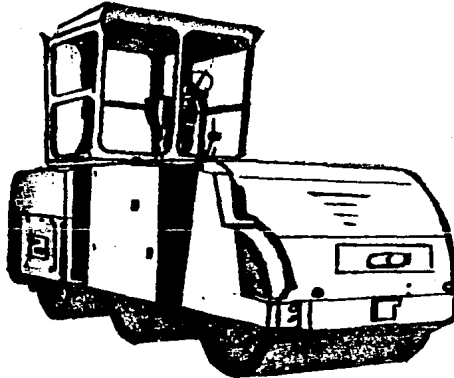


Fig. 51

c.2.2.- De tres ejes.

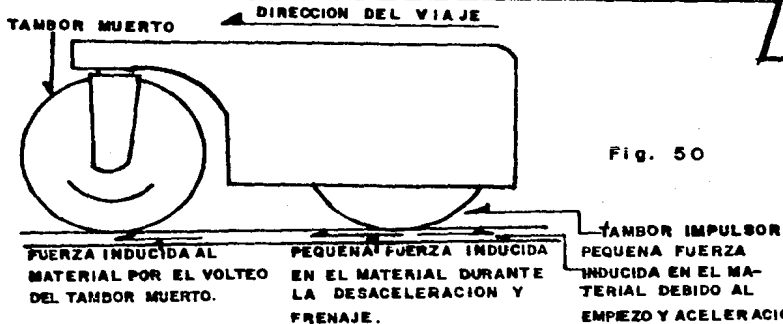


Fig. 50

El eje central se ha dispuesto de tal forma que gran parte del peso total de la apisonadora pueda aplicarse sobre el, si se desea, en los puntos altos. Estas apisonadoras tienen pesos que varían de 10 a 12 ó 20 toneladas o más. Algunas apisonadoras --tándem de tres ejes están provistas de una unidad motora separada para hacer vibrar el rodillo central, funcionando, por lo --tanto, como combinación de compactador vibratorio y apisonadora tándem. Fig. 51

La apisonadora tipo tándem se usan para la compactación de su--brasante bases y carpetas.

d) Compactadores de neumáticos.

Son muy eficientes y a menudo esenciales para la com--pactación de sub-bases, bases y carpetas.

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

d.1.- De llantas pequeñas.

Generalmente tienen dos ejes en tándem y el núme--ro de llantas pueden variar entre 7 y 13.

El arreglo de las llantas es tal que las traseras traslapan con las delanteras.

Fig. ( 52 ).

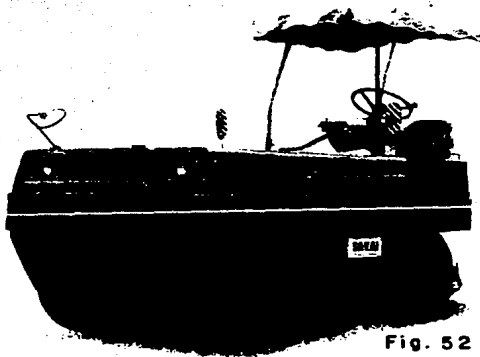
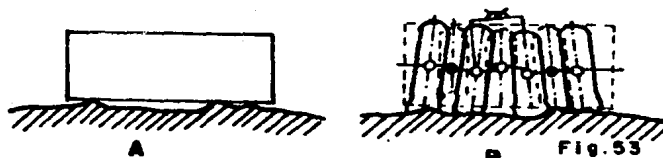


Fig. 52

Algunos de estos compactadores tienen montadas sus ruedas en forma tal que oscilan o "bailan" al rodar, lo que aumenta su efecto de amasamiento, sobre todo en terrenos accidentados. Fig. ( 53 ).



COMPARACION ENTRE LA ACCION  
SOBRE EL TERRENO DE UN RODILLO LISO  
Y DE UN EQUIPO DE RUEDAS NEUMATICAS

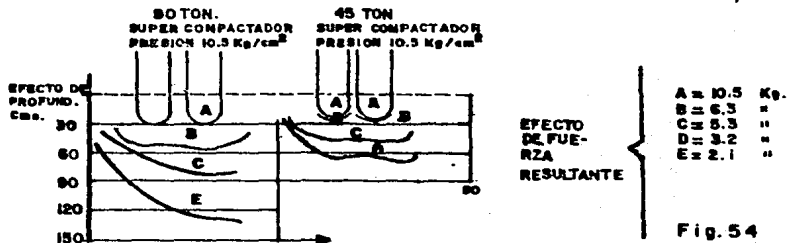


d.2.- De llantas grandes.

Son generalmente arrastrados por tractor y pesan de 15 a 50 tons., tienen de 4 ó 6 llantas en un mismo eje. Su costo horario es generalmente caro por el tipo de tractor que se utiliza para arrastrarlos.

Este tipo de compactador tienen una forma de cajón que permite que sea cargado para aumentar su peso.

La eficiencia de este compactador depende del área y de la presión de contacto esta última igual a la presión de inflado más la presión debida a la rigidez de las paredes laterales del neumático, fig. (54), del número de pasadas y del espesor de la capa de suelo. Esta no debe ser mayor de 20 cms., si el peso del equipo varía entre los 10 y 20 toneladas, pero puede incrementar a 50 cms., si el equipo es de 50 tons.



Para una buena compactación, juega también importante papel el, tiempo de aplicación de la carga, así como la velocidad de desplazamiento, pues esta debe disminuir al aumento de la carga.

El campo principal de aplicación de estas máquinas, es el firme con capas asfálticas, en donde su efecto resulta superior al de cualquier otro tipo de compactadores, ya que puede lograr un impecable cierre de poros, al mismo tiempo que reduce la penetración del agua y elimina el peligro de las heladas.

e) Compactadores de impacto.

A causa de los problemas de limpieza del rodillo de reja, se diseñó un nuevo rodillo usando los mismos principios: - el rodillo de impacto, este es un rodillo metálico, en el que se han fijado unas salientes en forma aproximado de una pirámide de rectangular truncada.

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, esto le dá las mismas ventajas, pudiendose lim

piar facilmente por medio de dientes sujetos al marco. Fig. --  
( 55 ).

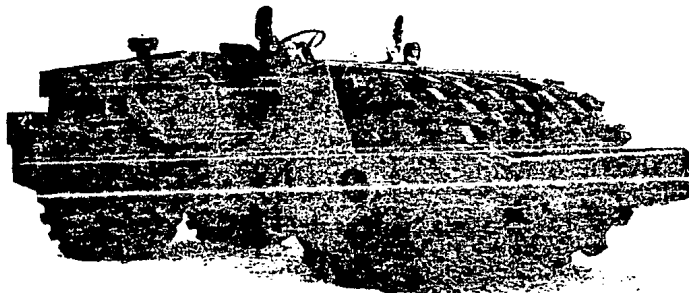


Fig. 55

Estas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de contacto se incrementa con la penetración, ajustándose automáticamente la presión a la resistencia del suelo compactado. El diseño contempla también una fácil entrada y salida a la capa, lo que disminuye la resistencia al rodamiento.

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

f) Compactadores combinados.

Otros equipos de compactación por combinación son los Duo-Factor y los tri-Factor. El duo-factor esta compuesto de una unidad de lastrado para proveer un peso total de 19 tons., metricas y dos ejes, uno delantero con 8 ruedas neumáticas y un rodillo liso de acero con eje posterior que aplana las huellas dejadas por la rodada multiple. Fig. (56).

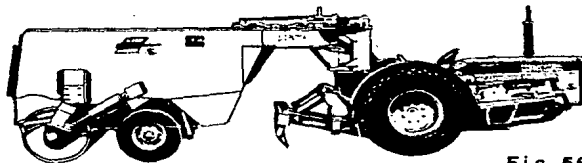


Fig. 56

El duo-factor es la única máquina de fatiga variable hidráulica mente accionada, capaz de efectuar todas las combinaciones, desde terreno natural hasta sellado de carpeta asfáltica, ya que - el duo-factor proporciona:

f.1.- El resultado obtenido con una sola máquina, donde se requiere varios tipos de compactadores, se traduce en un gran ahorro de tiempo, costos de operación e inversión en equipo.

f.2.- Ofrece compactaciones combinadas que producen den

sidad uniforme, mayor que la obtenida con compactadores convencionales, ya sean de neumáticos o rodillo de acero vibratorio.

f.3.- Por medio de un control hidráulico, desde su asiento, el operador puede seleccionar el método de compactación, desde rodillo de acero exclusivamente hasta sólo compactaciones con neumáticos pasando por una gama infinita de combinaciones adaptándose a las distintas etapas de compactación.

f.4.- La dirección hidráulica permite un giro de 180°-- lo que representa un radio de giro de solo 5.49 mts., su transmisión hidráulica permite la marcha en reversa. La velocidad de 32 KPH permite el tránsito de un trabajo a otro evitando el gasto en transportes.

El tri-pactor agrega a la combinación antes descrita un compactador vibratorio de acción hidráulica mediante el cual el rodillo liso presiona fuertemente sobre el terreno.

## SELECCION DE COMPACTADORES

### TIPO DE MATERIAL

TIPO DE MATERIAL		RODILLO DE REJA	RODILLO DE IMPACTO	PATA DE CABRA	RODILLO VIBRATORIO	PATA DE CABRA VIBRADOR	RODILLO METALICO	RODILLO NEUMATICO	
ACABADOS DE CAMINOS Y BASES Y SUB BASES	ACABADO DE SUPERFICIES ASFALTICAS								
	BASES ASFALTICAS								
	BASES GRANULARES								
	SUB-BASES GRANULARES								
ROCAS		ROCA CON FINOS							
GRAVAS LIMPIAS	<b>GW</b>	GRAVAS BIEN GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS						●	●
	<b>GP</b>	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS						●	●
GRAVAS CON FINOS	<b>GM</b>	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO						●	●
	<b>GC</b>	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA						○	○
ARENAS LIMPIAS	<b>SW</b>	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENA CON GRAVA CON POCO O NADA DE FINOS						●	●
	<b>SP</b>	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA CON POCO O NADA DE FINOS						○	○
ARENAS CON FINOS	<b>SM</b>	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMOS						○	○
	<b>SC</b>	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA						x	x
ARCILLAS Y LIMOS	<b>ML</b>	LIMOS INORGANICOS, POLVO DE ROCA, LIMOS ARENOSOS O ARCILLOSOS LIGERAMENTE PLASTICOS						x	○
	<b>CL</b>	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA O MEDIA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS POBRES						x	●
	<b>OL</b>	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD						x	○
	<b>MH</b>	LIMOS INORGANICOS, LIMOS NICACEOS O DIAFOMACEOS, LIMOS ELASTICOS						●	○
	<b>CH</b>	ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCAS						●	○
	<b>OH</b>	ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA O ALTA PLASTICIDAD. LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD						●	○
	<b>PT</b>	TURBAS Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS							
PRIMERA SELECCION		SEGUNDA SELECCION O COMBINACION		○	POSIBLE REQUIEREN ESTRICTO CONTROL			x	



PETROLIZADORA

#### 4.1.- INTRODUCCION.

La petrolizadora de presión es la máquina más importante de un equipo para la construcción de carpetas asfálticas formadas por tratamientos superficiales y mezcla en el lugar. Esta máquina debe regar el producto asfáltico sobre el camino en cantidades exactas y durante todo el tiempo que dure la carga de la petrolizadora debe conservar la misma cantidad de riego sin que varía ésta por cambios de pendiente o de dirección del camino.

Fig. ( 57 )

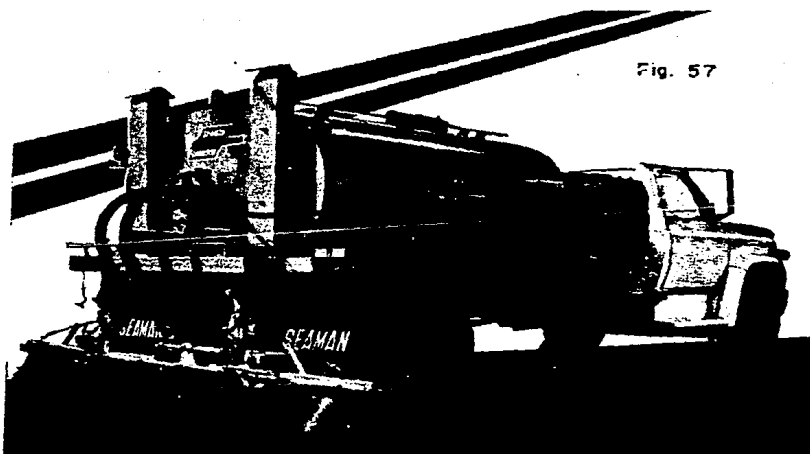


Fig. 57



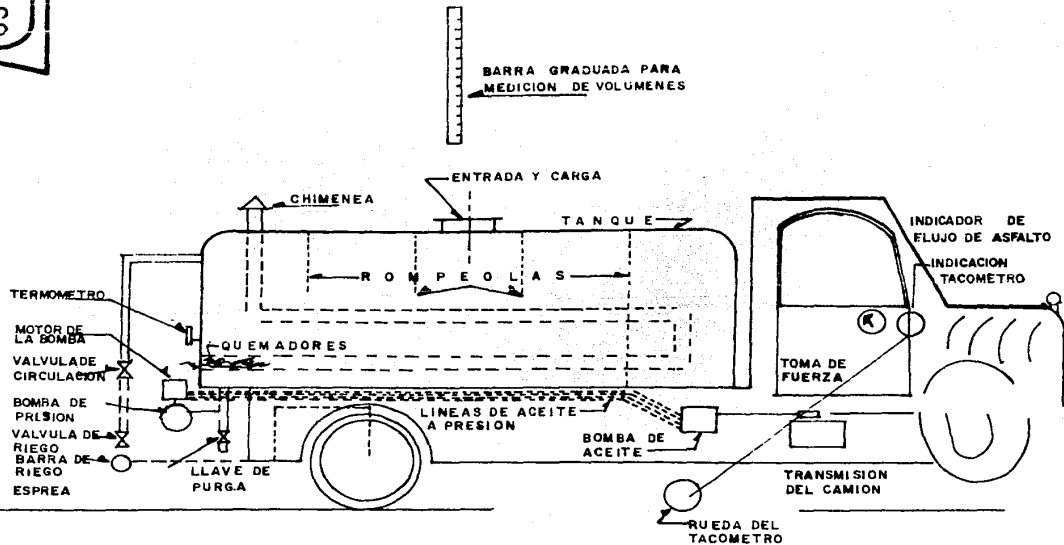
#### 4.2.- GENERALIDADES, SOBRE SUS COMPONENTES.

Constan básicamente de un chasis de camión común y corriente con su motor y su caseta, sobre el cuál va montado un tanque termo con rompeolas y con un motor que acciona una bomba para líquidos pesados. De la parte posterior del tanque sale un sistema de tubos articulados unos con otros que terminan en una tubería horizontal perforada. En las perforaciones de la tubería van atornilladas unas pequeñas espreas a válvulas atomizadoras. A este sistema de tubos se les llama barras de riego. Están articuladas con objeto de poderse subir y bajar o deslizarse hacia los costados del camión, estos movimientos se les dan por medio de pequeños malacates y cadenas o con gatos hidráulicos.

El tanque termo está equipado con quemadores de gas o de petróleo que calientan a una serpentín que a su vez calienta el asfalto. Los quemadores generalmente son 2 y van en la parte posterior del tanque también viene equipado con un termómetro blindado que se inserta en uno de sus laterales, y por un flotador que acciona un indicador del contenido. Fig. (58).

a) La bomba para líquidos pesados tiene una doble función.

a.1.- Cargar el tanque por medio de una manguera especial de hule con alma metálica o de anillos metálicos y su segunda función es meter el asfal-



CROQUIS DE UNA PETROLIZADORA

Fig. 58

to de la tubería al tanque después del riego.

a.2.- Un elemento importante en las petrolizadoras es una pequeñas ruedita que se atornilla por medio de un brazo articulado a la parte inferior del chasis directamente abajo de la cabina del operador y que se puede bajar hasta el suelo de modo que vaya rodando durante el riego o se puede subir hasta el chasis y atornarlo durante los tránsitos. Esta rueda acciona por medio de un chicote a un tacómetro que va dentro de la cabina del operador. A este sistema se le llama sistema de rueda y tiene por objeto, el que el operador, conociendo los litros por segundo que, riega su máquina y el ancho de la franja que va regando, puede calcular la cantidad de asfalto que riega por metro cuadrado basado en la distancia exacta que recorre en un determinado tiempo, dato que obtendrá ayudado por el tacómetro y un reloj.

La bomba de las petrolizadoras, es del tipo de engranes y la cantidad de asfalto bombeado por minuto varía en proporción directa a las revoluciones por minuto de la flecha de la bomba.

b) El corazón de una petrolizadora, es la bomba.

El sencillo diseño de "engrane dentro de otro engrane" consta de solamente dos partes movibles. Es el secreto de la operación eficiente y confiable de las bombas.

El desplazamiento positivo del asfalto se logra llenando completamente los espacios entre los dientes del rotor y del engrane loco. Fig. (59)

En cada revolución de la flecha de la bomba, una cantidad definida de asfalto es admitida a través de la toma de la bomba. Fig. (59-1).

Este asfalto llena los espacios entre los dientes del rotor y del engrane loco. Fig. (59-2).

El divisor de flujo que se localiza dentro del cuerpo de la bomba separa el asfalto en dos distintas corrientes al tiempo que lo conduce suavemente hacia la descarga de la bomba. El engrane loco, que transporta el asfalto entre sus dientes y el lado interior del divisor de flujo, gira sobre un perno fijo en el cuerpo de la bomba. Fig. (59-3).

El rotor, que transporta el asfalto entre sus dientes se mueve entre el cuerpo de la bomba y el lado exterior del divisor de flujo y está impulsado por la flecha de la bomba.

Fig. (59-4).

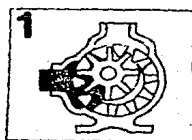
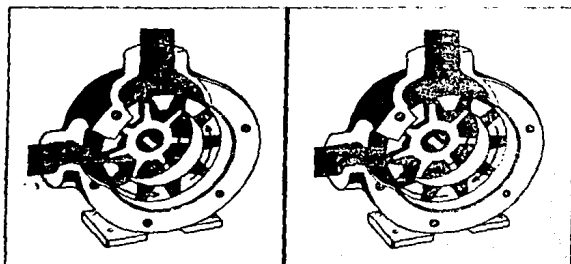


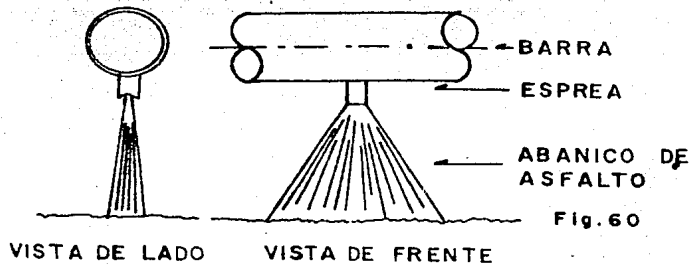
Fig. (59).

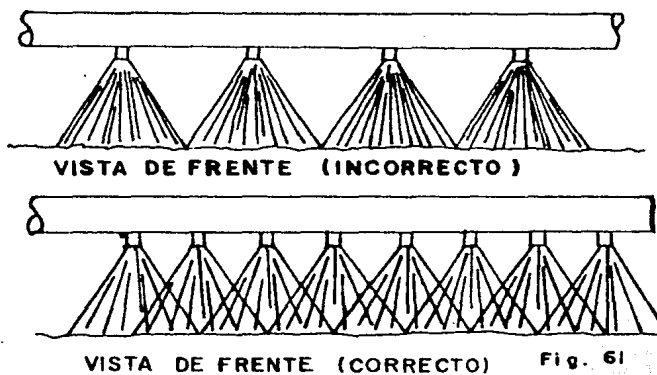
c) Barras distribuidoras.

En el extremo final del tanque existe un sistema de barras de riego y boquillas a través del cuál se riega el asfalto sobre la superficie del camino: La barra debe ser de

tal tipo que el asfalto circule a través de ella cuando - no se esté regando. La longitud mínima de esta barra debe ser de 3m, y en los modelos más grandes puede cubrir hasta 8m, de una sola pasada si la capacidad de la bomba es suficiente. En el tanque debe existir un termómetro adecuado para determinar la temperatura del contenido, también debe existir una conexión para una manguera con barra de riego con boquilla sencilla o doble para regar zonas del camino que no puedan alcanzarse con la barra regadora, así como para hacer llegar una corriente de asfalto a cualquier punto que se desee en el sellado inferior de losas de pavimentos rígidos.

Figs. (60) y (61)





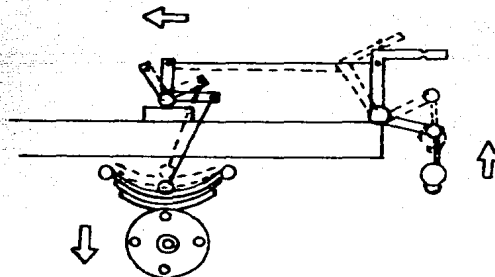
VISTA DE FRENTE (CORRECTO) Fig. 61

FORMAS COMO LAS ESPREAS DISTRIBUYEN EL ASFALTO

d) Misión del Distribuidor:

La misión del distribuidor es aplicar asfalto sobre una superficie en cantidades exactas y mantener uniformemente la dosificación especificada en toda la anchura y longitud de la aplicación de la totalidad de su carga, independientemente de los cambios en pendiente o dirección y de la carga del tanque.

Fig. (62).



MECANISMO PARA MANTENER UNIFORME LA ALTURA DE LA BARRA DE RIEGO.

Fig. 62

Para asegurar una dosificación uniforme de asfalto sobre la superficie es necesario:

- d.1.- Que la viscosidad del asfalto sea la adecuada, -- normalmente comprendida entre 25 y 100 S.S.F.
- d.2.- Que se mantenga continua y uniformemente la presión correcta en la totalidad de la longitud de la barra regadora.
- d.3.- Que se caliente a la temperatura de riego la barra regadora y las boquillas antes de comenzar a regar.
- d.4.- Que la forma de las boquillas sea tal que la anchura del abanico de todas ellas sea idéntica.
- d.5.- Que las boquillas estén fijadas sobre la barra regadora de forma que el plano de su abanico forme con ella el ángulo adecuado usualmente 15 a 30°, para evitar que los abanicos se mezclen o interfieran unos con otros.



d.6.- Que el ángulo de llegada a la superficie del camión sea tal que se rieguen ambos lados de los árboles. Normalmente se logra con un ángulo de  $90^{\circ}$ . ;

d.7.- Que las boquillas se fijen y mantengan sobre la superficie del camino a una altura conveniente para asegurar el adecuado solape de los abanicos, de distribución, algunos equipos están provistos de soportes regulables que mantienen la barra a una altura uniforme independientemente de la carga del camión.

d.8.- Que la velocidad del distribuidor sea constante.

e) Tacómetros.

La velocidad del distribuidor y, en algunos equipos, la bomba de asfalto, se controla por tacómetros conociendo la anchura de la barra regadora, los litros, impulsados por revolución de la bomba y la velocidad de ésta, un simple cálculo indica la velocidad que debe marcar el tacómetro, o sea, la velocidad a que debe conducirse el camión para aplicar la dosificación fijada.

#### 4.3.- UTILIZACION Y OPERACION

Por medio de la bomba para líquidos pesados, se llena el tanque termo del asfalto que se tenga especificado; una vez - lleno el tanque, y lejos de las fosas de almacenamiento se prenden los quemadores hasta elevar la temperatura del petróleo a la temperatura especificada que generalmente será necesaria, - se apagan los quemadores y se coloca el camión sobre la superficie que se va a asfaltar, unos metros antes de la línea de - iniciación, se bajan las barras de riego hasta quedar a unos - 10 cms. del piso. Esta distancia la fija el operador de acuerdo con su experiencia, se pone a funcionar el motor de la bomba, se baja la rueda del tacómetro y se arranca el camión hasta adquirir la velocidad necesaria que ha sido previamente determinada. En ese momento, el chofer hace una señal a su ayu-- dante que va en una plataforma directamente arriba de las barras de riego para que abra la válvula y embrague la bomba al motor, y empezará a salir asfalto a presión por las espreas.

#### 4.4.- RECOMENDACIONES.

Tanto en las petrolizadoras como en los tanques para asfalto, debe tenerse sumo cuidado en el calentamiento. Para - controlar la temperatura se requieren termómetros, bien graduados y no debe permitirse que la elevación del calor, haga llegar al asfalto al punto de ENROJECIMIENTO.

La circulación continua de un extremo a otro del tanque - es el método más eficiente para calentar asfalto. El material se bombea de la parte trasera hacia la parte delantera circulando alrededor de los tubos de calentamiento. Todo el contenido del tanque mantiene una temperatura uniforme. Se evita sobre calentamiento y quemado del material, se eliminan zonas calientes.

Los tubos de calentamiento están colocados en la parte inferior del tanque para poder calentar cargas parciales sin peligro. Cada tubo de calentamiento tiene chimenea colocada en la parte exterior.

Una válvula hidráulica, accionada desde la plataforma - del operador permite plena circulación del asfalto a través de la barra de riego. Estando cerradas las espreas, el asfalto caliente recorre toda la barra y regresa al tanque. Resultado: - La barra de riego y las espreas se conservan a la misma temperatura del tanque y están listas para usarse al instante cuando se inicia la operación del riego.

Area cubierta y con trampa en la admisión de la bomba, - asegura bombeo sin aire hasta los últimos litros. Al estar la bomba a un nivel superior al fondo del tanque, se evita tener que drenar el tanque para poder conservar limpia la bomba.

Es sumamente importante que las petrolizadoras siempre es

tén equipadas con un extinguidor de fuego, ya que el asfalto - líquido es sumamente inflamable y durante el calentamiento del mismo siempre se están en peligro del incendio.



# PLANTA DE ASFALTO

### 5.1.- INTRODUCCION.

Las plantas de asfalto se clasifican en plantas de tipo continuo y discontinuo y dependiendo el equipo que tengan estas estaciones determinará el nombre que lleven.

Las de tipo continuo son de características más simples - adecuadas especialmente para concretos asfálticos a los que no se exija especificaciones de una gran rigidez.

Por su parte, las plantas de tipo discontinuo, suelen utilizarse en la producción de asfaltos de gran calidad, como hemos dicho la diferencia esencial entre ambas variantes, residen en la máquina amasadora, por lo que exteriormente, la instalación no ofrece características determinantes como no sea la derivada del diseño, o de la marca comercial.

Otra clasificación que puede hacerse, es atendiendo a que las instalaciones tengan un emplazamiento permanente, es decir que sean fijas o que pueden trasladarse de un punto a otro, según las necesidades, en cuyo caso serán equipos móviles.

5.2.- PLANTAS DE ASFALTO DE TIPO DISCONTINUO  
PRODUCCION E INSTALACION DE LA MEZCLADORA.

a) ALMACENAJE Y ALIMENTACION DE ARIDOS FRIOS.

Almacena los áridos y dosifica exactamente la cantidad de cada tamaño necesaria para mantener constantes las cantidades obtenidas en la unidad clasificadora.

b) EL ALIMENTADOR DE CINTA.

Situado bajo las tolvas de arena tiene compuertas regulables. Que con un ángulo mayor de contacto entre la arena y la cinta se reducen al mínimo los huecos.

c) LOS ALIMENTADORES DE VAIVEN.

Situados bajo las tolvas de áridos tienen compuertas regulables.

d) DEPOSITO SITUADO ABAJO DE LAS TOLVAS.

Su función es recoger el material graduado.

e) ELEVADOR DE CANGILONES.

Eleva el material.

f) EMPARILLADO.

Que protege el secador de materiales de gran tamaño y sustancias extrañas.

g) LAS PALETAS.

Dejan caer los áridos formando una cortina uniforme --  
através de la llama y los gases calientes, para así ob  
tener el máximo efecto de secado.

h) EL VENTILADOR.

Produce la corriente de aire necesaria para el sistema  
de combustión del secador y el colector de polvo

i) SECADOR.

Su función es secar los áridos que fluyen continuamen  
te al máximo por contacto directo con la llama y los -  
gases calientes. Cada partícula de los áridos se expone  
a esta acción varias veces para lograr un secado comple  
to.

j) COLECTOR DE POLVO.

Recupera el polvo fino, que puede regresar a la mezcla  
si es necesario.

k) TORNILLO SIN FIN.

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

l) UNIDAD DE CONTROL DE LA GRANULOMETRIA.

Separa y almacena los áridos secos. Mide y dosifica la  
cantidad necesaria de áridos de cada tamaño.



m) TAMICES VIBRATORIOS.

Separan los áridos en los tamaños adecuados, rechazando los de tamaño excesivo.

n) ALIMENTACION DE FILLER.

ES LLEVADO UNIFORMEMENTE por medios mecánicos.

o) LAS TOLVAS DE MATERIAL.

Almacenan áridos suficientes para garantizar un funcionamiento continuo.

p) LA TOLVA DE PESADAS.

Mide todos los tamaños de áridos, incluso el filler mineral.

q) LA CUBETA DE ASFALTO.

Calorifugada (que no transmite calor), mide la cantidad de asfalto necesaria para cada amasado.

r) EL MEZCLADOR DE EJES GEMELOS.

Mezcla perfectamente el material.

s) SISTEMA DE ALIMENTACION Y MEDIDA DE FILLER MINERAL.

Este sistema y el almacenamiento están al nivel del suelo.

INSTALACION MEZCLADORA DISCONTINUA

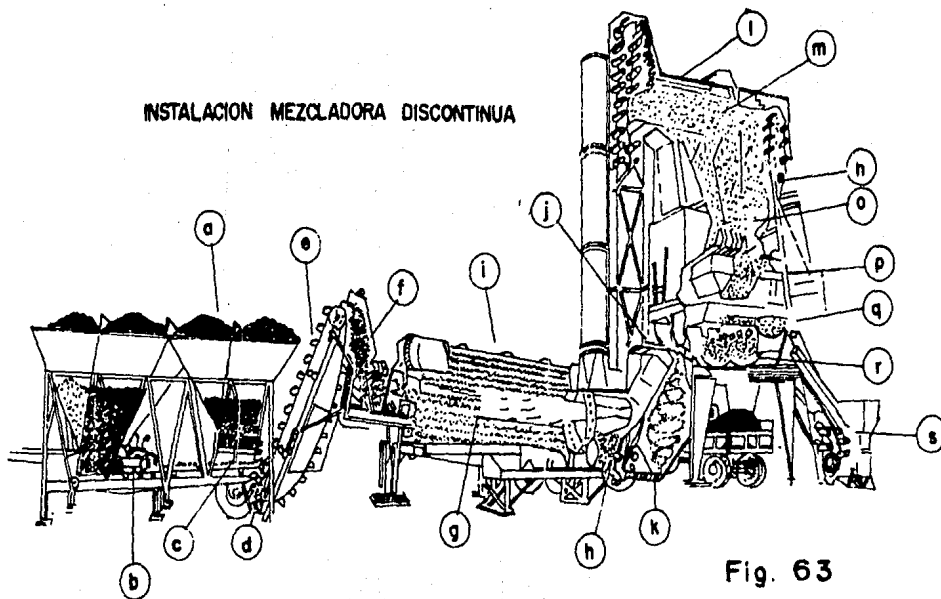


Fig. 63

### 5.3 - FUNCIONAMIENTO.

Este tipo de plantas es el más común en la actualidad también se le llama Planta de "Bachas"... Las más usuales son las de 400 y 1800 kg. por "bacha". Fig. (63)

El funcionamiento de la Planta y sus distintos elementos es el siguiente.

El material alimenta a la Planta por medio de tractor, cargador o bandas depositandose en las tolvas para material frío, por lo general son 4 tolvas dispuestas para alimentar material pétreo de distintos tamaños. Estas tolvas están equipadas, en su descarga, con compuertas ajustables para regular la caída del material al alimentador de frios, por lo que es posible dosificar el material pétreo frío, para que caiga el deposito con una primera graduación granulométrica, de este deposito es llevado por el elevador de cangilones, hasta la tolva de entrada del secador en esta parte se encuentra una rejilla para impedir la entrada de objetos mayores al tamaño fijado al entrar el material al secador, el polvo puede ser reincorporado, en caso necesario, en el recipiente, en donde se une al material que sale del secador de allí es llevado por un segundo elevador de cangilones, hasta las cribas vibratorias para ser graduado por tamaños, depositandose en las tolvas de material caliente por las compuertas de

estas tolvas se extrae de c/u. la cantidad en peso que fija la granulometría del proyecto. se bombea el cemento asfáltico -- caliente, y los materiales ya dosificados, así como el cemento-- asfáltico pasan al mezclador en donde se homogeniza la mezcla y se descarga al camión que la ha de transportar.

Para lograr que la producción sea la requerida por el proyecto es necesario que se cumpla lo siguiente:

- a) Que el funcionamiento mecánico de la planta sea correcto.
- b) Que el material pétreo que se alimenta al secador sea uniforme en su granulometría.
- c) Que se corrija la contaminación en las tolvas de material caliente.

**.5.4.- PLANTAS DE ASFALTO DE TIPO CONTINUO.  
PRODUCCION E INSTALACION DE LA MEZCLADORA**

**a) ALMACENAJE Y ALIMENTACION DE ARIDOS FRIOS.**

Almacena los áridos suministrando exactamente la cantidad de cada tamaño necesario para mantener el equilibrio entre los diversos tamaños en la unidad clasificadora.

**b) SECADOR.**

El caudal continuo de áridos recibe la máxima acción de secado, por contacto directo con la llama y los gases.

calientes.

Cada partícula de los áridos se expone a esta acción varias veces para lograr el máximo efecto de secado.

c) COLECTOR DE POLVO.

Recupera el polvo fino que puede regresar a la mezcla - si es necesario.

d) UNIDAD DE CONTROL DE LA GRANULOMETRIA.

Separa y almacena los áridos secos midiendo y suministrando la cantidad necesaria de cada tamaño.

e) MEZCLADOR.

Mide automáticamente la cantidad necesaria de asfalto, mezclándolo perfectamente con los áridos, en el mezclador de ejes gemelos.

Los alimentadores de asfalto y áridos están conectados mecánicamente.

f) IGUAL AL b DE LA INST. MEZC. DISCONTINUA.

g) IGUAL AL c DE LA INST. MEZC. DISCONTINUA.

h) IGUAL AL d DE LA INST. MEZC. DISCONTINUA.

i) IGUAL AL e DE LA INST. MEZC. DISCONTINUA.

j) IGUAL AL f DE LA INST. MEZC. DISCONTINUA.

k) LAS COMPUERTAS.

Reguladas individualmente, dosifican exactamente el porcentaje de cada tipo de áridos necesarios.

l) TOLVAS.

Donde es fácil tomar muestras de cada uno de los áridos desviando el flujo de material a los recipientes para ensayo.

m) LOS TAMICES VIBRATORIOS.

Separan los áridos en los tamaños adecuados.

n) SISTEMA DE ALIMENTACION Y MEDIDA DEL FILLER MINERAL.

Este sistema y el amacernamiento están al nivel del suelo.

o) BOMBA MEDIDORA.

Conectada con los alimentadores de áridos, que dosifican adecuadamente el asfalto en la cámara de mezclado.

p) MEZCLADOR DE EJES GEMELOS.

Que mezcla perfectamente el material.

q) LA BOMBA DE ALIMENTACION.

Asegura una presión constante en el asfalto que alimenta a la bomba medidora.

r) MEZCLADOR CALORIFERO. (QUE DA Y PROPAGA EL CALOR).

Para mantener la temperatura de mezclado correcto.

#### 5.5.- FUNCIONAMIENTO.

El material se alimenta a la planta por medio de tractor, cargador, depositándose en las tolvas para material frio.

Fig. (64)

Estas tolvas están equipadas con compuertas ajustables para regular la caída del material al alimentador de frio para, -- que caiga al deposito con una primera graduación granulométrica. De este deposito es llevado por medio de los cangilones hasta la tolva de entrada del secador. Al entrar al secador el polvo puede ser reincorporado, en caso necesario en el recipiente, en donde se une al material que sale del secador.

De ahí es llevado a un segundo secador de cangilones, hasta las cribas vibratorias, para ser separado por tamaños depositándose en las tolvas de material caliente por las compuertas de estas tolvas se extrae de cada uno la cantidad que fija la granulometría de proyectos, y es adicionado por medio de la válvula el cemento asfáltico caliente.

Los materiales ya dosificados así como el cemento asfáltico pasan al mezclador en donde se homogeniza la mezcla y se descargan a el camión que la ha de transportar.

En este tipo de plantas continuas el material precedente

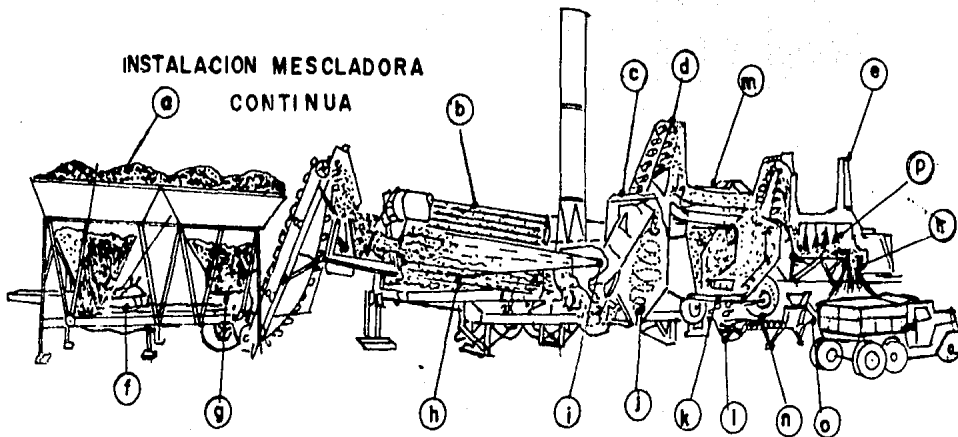


Fig. 64



de las tolvas de almacenaje en caliente, se, dosifica por medio de compuertas regulares y son cargadas por los alimentadores de material caliente. y por tanto los materiales son transportados en forma continua.

El asfalto también fluye en forma continua y se regula con un sistema de bombeo conectado con el mecanismo de dosificación de tal manera que se obtiene una relación constante entre la cantidad total de los agregados pétreos y el producto asfáltico empleado, este en forma independiente de la velocidad de producción.

#### 5.6.- GENERALIDADES SOBRE SUS COMPONENTES.

##### a) AUTOMATIZACION.

El mercado ofrece varios tipos de controles aplicados a plantas asfálticas, entre los que merecen destacarse los basados en sistemas eléctricos, fotoeléctricos y electrónicos. Sin duda alguna. las mas avanzadas tecnologías se valen de componentes electrónicos, capaces de superar todos los otros controles conocidos y utilizados hasta ahora. Fig. (65)

Así se ha llegado a los controles de ciclo y de formulación de proporciones, por medio de fichas programadas. Con este sistema, el operador puede abarcar paso a paso

las sucesivas fases de fabricación, observando los cuadros de mandos, con lo cual puede seleccionar varias fórmulas, de mezclas y dejarlas gravadas en fichas perforadas, el control electrónico hará el resto con la seguridad de que las proporciones serán mantenidas y llevadas a la práctica mientras dure el proceso.

El cambio de una fórmula a otra, puede conseguirse con la simple manipulación del interruptor del selector, pero también puede dejarse programado para que tenga lugar, de manera automática, el cambio de la misma en forma simultánea.

Suele funcionar un sistema automático de registro, que sirve para que quede constancia documentada del proceso o procesos realizados, a medida que se vayan produciendo. Esta documentación puede concretarse en tarjetas o cintas impresas, registradas en cintas de cuadros gráficos, en cintas magnéticas o en cintas perforadas, según sea el modelo adoptado,.

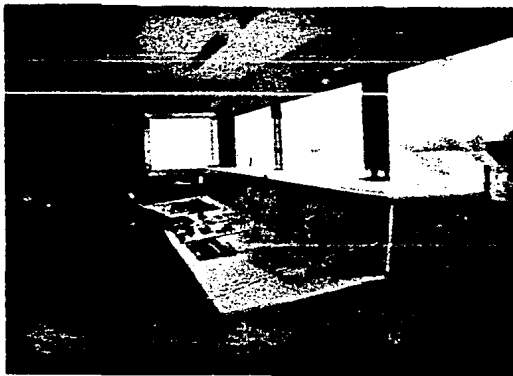


Fig. (65) Cabina de mandos para el control de una planta asfáltica.

b) TANQUES DE ASFALTO.

Las calderas y los tanques de almacenamiento del producto caliente, que alimentan directamente el asfalto a la báscula, deben equiparse con termómetros y los medios necesarios para tener en todo tiempo un positivo control de la temperatura del asfalto. Deberán tener una capacidad total suficiente para no menos de 10 horas de funcionamiento de la planta.

No deberán calentarse por fuego directo y deberán tener camisas de vapor las líneas y conexiones para el transporte del asfalto caliente de la caldera a la tolva de la báscula. Es conveniente establecer una circulación continua por el tubo de descarga con retorno a la caldera. Cuando se va a rebajar con un solvente el asfalto refinado en la planta, deberán proporcionarse los medios adecuados para agitar convenientemente el contenido del tanque mezclador, con el objeto de producir un asfalto uniforme. Fig. ( 6 6 )

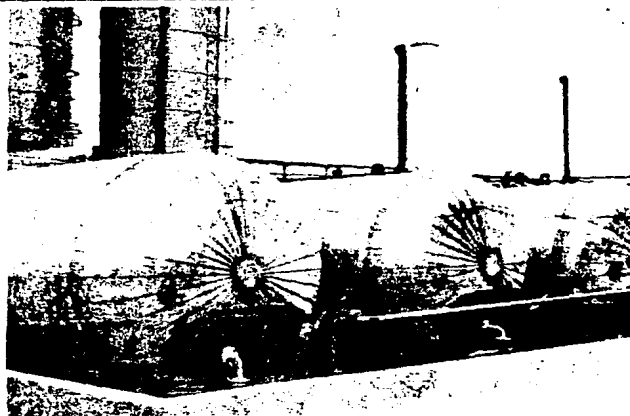


Fig ( 6 6 ) Tanques de almacenamiento.

c) CISTERNAS PARA EL TRANSPORTE DE ASFALTO.

Los asfáltos deben ser trasladados hasta el punto de su utilización, por medio de vehículos especiales. El sistema de transporte que se emplea en la actualidad, es el de cisternas remolcables. Fig. ( 6 7 )

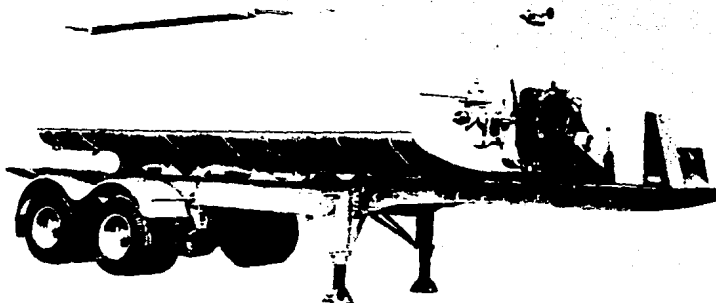


Fig. 67

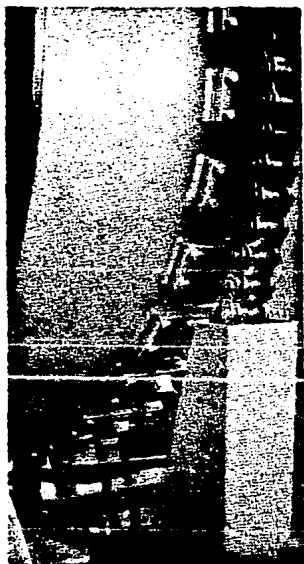
Una moderna cisterna para el transporte de asfáltos, presenta ciertas características que son particulares del grupo.- La primera de ellas es su diseño cilíndrico, de forma alargada. Son depósitos destinados a contener volúmenes muy elevados, con capacidades para aproximadamente 30 000 litros.

Proyectados estos remolques para el transporte de productos bituminosos (productos compuestos de hidrocarburos) a altas temperaturas, han sido concebidos como cisternas de paredes aislantes. Al efecto, cuentan con una doble envolvente metálica, - una que forma la cubierta o superficie externa, y otra, el forro interior. Entre ambas planchas se dispone una capa de material, aislante térmico, por lo general fibra de vidrio.

La envolvente exterior, en la mayoría de los modelos es - de aluminio, lo que presta a este tipo de trailer su característico aspecto. Cada unidad va equipada con el correspondiente - equipo de válvulas de seguridad y sistemas para descargas.

d) SECADORES.

Para secar los materiales petreos, que entran en las - mezclas asfálticas se usan los secadores. Estos son unos tambores que permiten la entrada del material por un lado y la salida por el otro, mediante un movimiento de giro y una inclinación longitudinal. Fig. ( 68 )



INTERIOR DEL SECADOR

SECADOR EXTERIOR

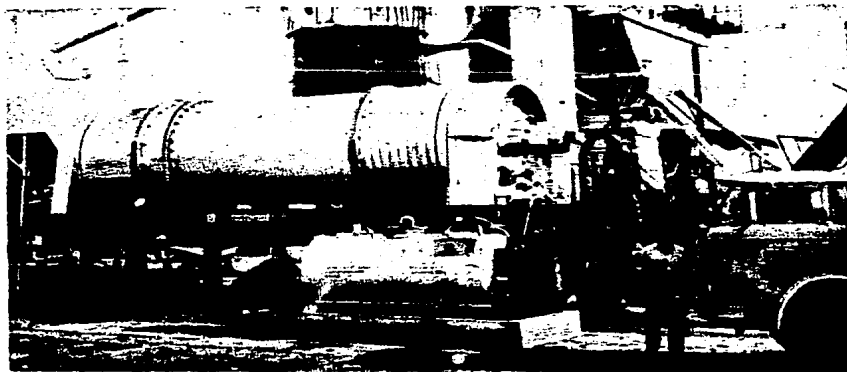


Fig. 68

El sistema utilizado consiste en proporcionar el calor, - mediante quemadores que consumen combustible industrial (fuel - oil) colocados en el lado de la descarga. De esta manera se forma una cámara de combustión, revestida con material refractario, con chimenea, situada en la parte de entrada del material.

Estos secadores llevan en la parte interior unos canales colocados longitudinalmente con objeto de repartir mejor secado del mismo.

Los tamaños de los secadores y la potencia requerida varían de acuerdo con su capacidad. La siguiente tabla nos da las principales características.

Tabla ( 1 )

TAMAÑO	CAPACIDAD POR HORA	POTENCIA NECESARIA		PESO DEL SECADOR SOBRE RUEDAS
		ELECTRICIDAD	DIESEL	
48" x 16'	40 TONELADAS	20 H. P.	30 H.P.	10,000 Kg.
60" x 24'	80 TONELADAS	30 H. P.	50 H.P.	16,000 Kg.
72" x 24'	110 TONELADAS	40 H. P.	60 H.P.	21,000 Kg.

T A B L A I



Fig. (69).

Presecadora de áridos intercalada en una planta asfáltica.

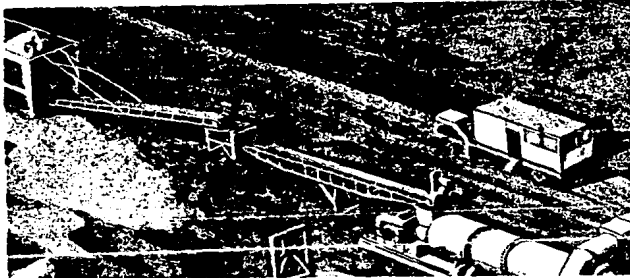


Fig. 69

Estos secadores elevan el material y lo meten al secador de cilindros, llamado elevador frío.

Las capacidades de todos los secadores están basadas en un 5% de humedad del material para secarse a 400°F, y varían de acuerdo con el tamaño del combustible usado a razón de 8 a 12 litros.

e) REVOLVEDORAS.

El revolver o mezclar materiales petreos, con asfáltos es lo que se llama una mezcla asfáltica. Similar a las mezclas de cemento hidráulico, la revoltura está sujeta a las especificaciones y normas que se quieran establecer para obtener el producto deseado.

Estableciendo un proceso, podría especificarse como primer punto la revoltura de materiales petreos con asfaltos por procedimientos rudimentarios como son las revolturas, mediante herramientas de mano. De esta manera pueden controlarse peso o volumen del material petreo y del asfalto; pero no granulometrías, - humedades y temperaturas.

Un segundo paso de este proceso, sería el uso de una revoladora para facilitar el trabajo de mezclado.

En las revoladoras el material se encuentra debajo de la línea del centro de la fecha, lo que permite obtener una mezcla más rápida y mejor, con el empleo de menor potencia.

Las paletas, de acero son reversibles para doble uso y remplazables. El interior de la revoladora debe estar diseñado de tal manera que no haya esquinas y rincones en los cuales pueda quedarse el material.

Una compuerta fácil de abrir y cerrar debe permitir la descarga inmediata de la mezcla. Para plantas de asfalto estas revoladoras tienen chaquetas de vapor y la compuerta también se abre y cierra mediante un émbolo acelerado por vapor.

Todas las capacidades de las revoladoras se miden en kilogramo o metro cubico y el motor puede ser eléctrico diesel o de gasolina.

f) GRUPO MEZCLADOR.

Formado por una mezcladora asfáltica encargada de fabricar un producto homogéneo en que todos los componentes tengan la proporción que les corresponde.

Con relación al material y para mezclarlo con el asfalto, puede procederse en dos formas, una midiendo el material por volumen y otra por peso.

Las mezcladoras del tipo volumétrico puede consistir en una revoladora con una o dos flechas y con paletas removibles que pueden ajustarse para variar la acción de la mezcla, un elevador para materiales y una bomba para el asfalto con control ajustable del volumen.

En otras mezcladoras se usa la "Unidad de graduación" que criba el material en varios tamaños y asegura una alimentación bien graduada de materiales a la unidad de mezclado. Esta unidad consiste, de una criba horizontal vibratoria un elevador y una tolva con compartimientos y con canales para descargar el material sobrante y de un alimentador con controles ajustables. Estos controles regulan las cantidades de los diversos tamaños de agregados y aseguran su alimentación continua a la unidad mezcladora.

Si las especificaciones para mezclar no son rígidas, la unidad mezcladora puede usarse solo con un alimentador automático que regula el proporcionamiento aún cuando no separe los tama

ños de los agregados, sean mayores.

El tiempo de mezclado se contará desde el momento en que se termine de introducir el asfalto, hasta que la mezcla salga de la mezcladora. En el caso de plantas de mezclado continuo, el tiempo de mezclado, en segundos, viene dado por la fórmula;

$$T = \frac{\text{(TIEMPO DE MEZCLADO).}}{\text{Capacidad total de la planta en kilos}} \times \text{Kilos por segundo que salen de la planta.}$$

Este tiempo de mezclado varía, generalmente entre 30 y 45 segundos para que la mezcla sea efectiva.

Como puede observarse, una planta de asfalto para mezclas en caliente, de acuerdo con su tamaño requiere vapor para ser operada. En la tabla ( 2 ) que sigue se expresa la relación entre la capacidad horaria de la planta y la potencia de la caldera.

TABLA 2

CAPACIDAD DE LA PLANTA EN TONELADAS POR HORA.	CON COLECTOR DE POLVO, EN B.H.P.	SIN COLECTOR DE POLVO EN B.H.P.
60	76	103
80	86	128
100	124	169
120	142	215

NOTA: Un B.H.P. = 34.5lbs. que pasan de agua a vapor a la temperatura de 212°F. (100°C) en una hora y al nivel del mar.

Ahora bien, si en lugar en el que se encuentra la planta se van a calentar los asfáltos de los carros-tanque para su descarga. se requieren adicionalmente 15 B.H.P. por cada carro tanque.

Las calderas pueden sustituirse por generadores de vapor más fáciles de operar y de transportar.

El consumo de combustible de los generadores pueden estimarse con la tabla. ( 3 )

T A B L A 3

PARA GENERADOR DE B.H.P.	LITROS POR HORA DE COMBUSTIBLE
20	22.5
40	45.0
65	76.0
100	114.0
125	136.5
135	152.0
165	182.0

Dispositivos para depuración de gases y recuperación de -  
filler.

Que tienen por objeto disminuir la contaminación atmosférica por una parte, y aprovechar el filler contenido en el polvo que arrastra consigo dichos gases.

El dispositivo más utilizado lo integra una batería de -  
ciclones, Fig. (70), con la que pueden llegar a obtenerse una recuperación del orden de un 90 a 96% del total del polvo arrastado.

#### g) ALIMENTACION Y DOSIFICADORES DE FILLER.

Para el control de uno de los componentes de las mezclas asfálticas que exigen rigurosidad en el dosificado, puesto que su variación influye de manera directa en la cantidad de ligante que se precisa, para la obtención de una mezcla estable. Por este motivo es aconsejable que en la planta asfáltica, si se pretende la fabricación de productos de calidad, la operación de pesar el filler se haga con independencia de cualquier otro árido y en báscula aparte. Incluso si se recurriera a dos fillers de distancia procedencia, lo más adecuado será utilizar también dos básculas, una para cada filler, o una báscula de tipo acumulativo, para dos pesadas consecutivas de ambos fillers, dosificados por separado.



Fig. (70) Detalle del secador y ciclones de una planta asfáltica.

Además de las plantas fijas como la vista aquí, tenemos también las plantas transportables que se mueven sobre el eje del camino que quiere pavimentarse.

Las variaciones de estos sistemas, bajo condiciones especiales consisten en trabajar la planta viajera en conjunto con un secador viajero y trabajar la planta central utilizando la mezcladora sin el secador.

Normalmente la productividad horaria está limitada por la capacidad del secador sobre todo cuando al contenido de humedad de los agregados es alto. En algunas ocasiones se trabaja sin secador, reduciéndose el equipo auxiliar necesario; pero entonces el secado de los materiales debe ser hecho por el viento y el sol, y los asfaltos usados quedan restringidos a aquellos que puedan utilizarse con agregados fríos. Donde llueve frecuentemente, el sol sale poco y el viento no alcanza a secar los ma

teriales: puede ser contraproducente el uso de la planta viajera a pesar de su capacidad.

Las plantas centrales, usadas preferentemente en mezclas calientes, se ven tan afectadas por las condiciones climáticas.

#### 5.7.- PLANTAS ASFÁLTICAS MÓVILES.

Son instalaciones portátiles, que pueden trasladarse donde convengan, montándose cercanas a las obras de cierta importancia que requieran su presencia durante un cierto tiempo. Algunas de estas plantas se consideran de tipo mixto, porque aún siendo proyectadas como equipos transportables, pueden dejarse en instalación fija durante largos períodos.

La movilidad de una planta asfáltica portátil es relativa ya que para su puesta en marcha requiere el montaje de una compleja instalación de tuberías que además necesita aislamiento adecuado, como ocurre con las condiciones de asfalto, fuel, aceite y aire.

De ahí que se tienda a proyectar equipos transportables compactos, bien estudiados, que permitan la instalación de la planta en posición de trabajo no solamente en el menor tiempo posible, sino que además puedan prescindir de cualquier tipo de elementos auxiliares ajenos a dichas plantas, como puede verse



en la instalación completa va montada sobre un robusto bastidor de acero tipo trailer remolcado por un camión. El equipo se compone esencialmente de dos grupos: la unidad mezcladora-dosificadora, y la unidad elevadora en caliente-recolectora de polvo.

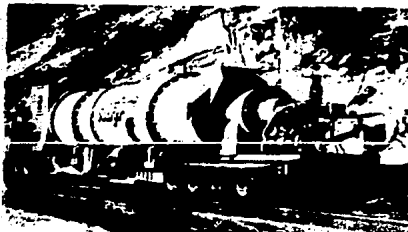


Fig. (71) Planta transportable remolcada por camión.

La mayoría de los modelos componen un conjunto, único, de gran longitud, lo que dificulta la maniobra obliga a utilizar camiones de gran potencia. Por ello, algunos constructores prefieren desdoblar el conjunto y repartirlo entre dos o más unidades independientes. cada una de ellas remolcada por distinto camión fig. (71). Por lo demás, los elementos que componen el equipo completo son los mismos y la disposición adoptada muy similar.

La llamada torre de mezclado y sodificación, forma una unidad en la que se incluye las cribas y alimentadoras de pale

tas. El otro elemento o segmento del conjunto esta constituido como ya hemos dicho por la unidad elevadora en caliente y la recolectora de polvo. La posición de traslado es la horizontal, - que adopta por medio de una técnica de plegado.

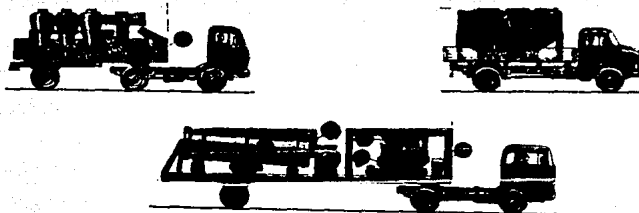


Fig. (72) Planta asfáltica transportable, montada en dos o mas unidades independientes.

Aquí podemos ver el montaje de una planta portatil cuya descripción es como sigue:

- 1.- La unidad de dosificación y mezcla, se separa del camión. Fig. (73)

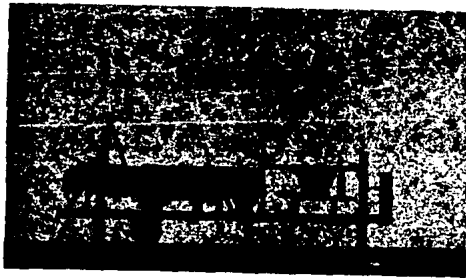


Fig. (73).

- 2.- Es incorporada por el lateral izquierdo, la otra unidad que contiene la recolectora de polvos y la caldera o unidad de calentamiento. Fig. (74).

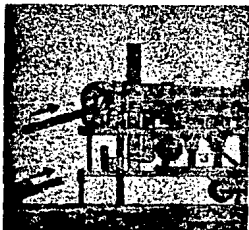


Fig. (74).

- 3.- Por control automático los elementos se elevan dentro del bastidor hasta alcanzar la altura de puente necesario para ocupar la posición definitiva. Fig. (75).

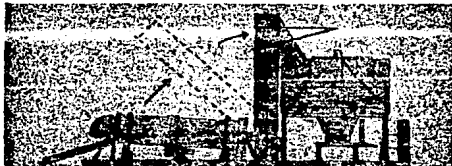


Fig. (75).

- 4.- He aquí la planta portatil montada y en posición de servicios. Fig. (76 ) y (77)

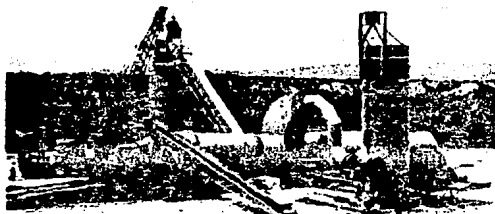
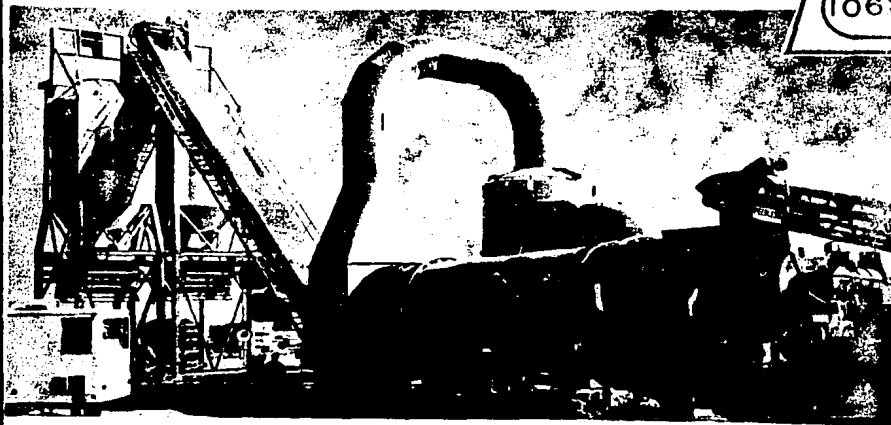


Fig. (76).



#### 5.8.- RECOMENDACIONES.

Fig. 77

Las recomendaciones principales para la correcta operación de una planta de asfalto para mezclas en caliente son:

- a) Una alimentación constante y bien graduada de los agregados.

Para obtener una mejor alimentación, al triturar el agregado, se criba en dos o más tamaños y separados se deposita cerca de la planta de asfalto. Los materiales así depositados se cargan con grúa, a una tolva con tantos departamentos como tamaños de material se tenga. De esta manera cada departamento de la tolva y mediante compuertas graduadoras, se deja caer el material en la proporción deseada, a una banda transportadora, que -- lleva los materiales al elevador en frío, y por consi--

guiente al secador.

- b) Un secado uniforme y una misma temperatura.

Controlando el volúmen en relación al tiempo y a la -- cantidad del calor suministrada por los quemadores, se logra que el material salga a una temperatura uniforme.

- c) Evitar pérdida de finos.

Se logra mediante el colector de polvos que recoge todos los finos, que se pierden por el tiro chimenea.

Cuando faltan finos, se usa un elevador separado, que añade cemento u otros polvos minerales al agregado.

Tanto el elevador de cangilones, como la criba, las -- plataformas de las básculas y la amasadora se cubren -- con lámina de tal modo que no escapen los finos. Una -- planta de estas condiciones está diseñada para traba-- jar exclusivamente con cemento asfálticos y nunca con asfáltos fluxados, pues la evaporación de los aceites fluxantes del asfalto, pueden causar explosiones.

- d) Control estricto de pesos de agregados y de asfáltos.

Deben revisarse cuidadosamente las básculas y no aceptar tolerancias de más de 2%, pueden establecerse controles automáticos, para obligar a que la operación sea correcta.

e) Control de tiempos de mezclados.

Deben ser los especificados.

f) Control de temperatura.

Cuando las temperaturas de los agregados son más bajas que las requeridas, la película de asfalto sobre la superficie de los agregados será muy gruesa y presenta - dificultades en su manejo.

Si la temperatura de los agregados es mayor que la del asfalto éste puede perder fracciones necesarias y modificar notablemente sus propiedades fundamentales.

La selección del tipo de mezcladora que se empleará en un trabajo, depende de la mezcla especificada, el clima es otro factor primario que interviene.

g) Sincronización del trabajo en la planta con los camiones que descargan las mezclas.

Un factor muy importante en el rendimiento de una planta es que los camiones que descargan las mezclas, están sincronizados con el trabajo de la planta, para evitar tiempos perdidos

Es recomendable el evitar las segregaciones de los materiales de la mezcla desvaneciendo el cono que se forma al descargar. Los camiones que manejan mezclas, deben tener sus cajas - limpias y deben limpiarse con petróleo o combustible, para evi-

tar que el material se pegue. Debe procurarse así mismo, impedir durante el transporte que la mezcla se enfríe, cubriéndose la caja del camión con lonas.

5.9.- LAS VENTAJAS DE LAS PLANTAS VIAJERAS SON:

- a) Costos más bajos de operación.
- b) Mayor capacidad de producción.
- c) Manejo más económico de los agregados.
- d) Secado más simple y más barato en climas secos.
- e) Posibilidad de usar el material existente.
- f) Adaptable tanto para estabilización como para mezclas bituminosas frías.
- g) Menor requerimiento de equipo.

5.10.- LAS VENTAJAS DE LAS PLANTAS CENTRALES SON:

- a) Sirve para mezclas frías o mezclas calientes.
- b) Se adapta mejor a climas lluviosos.
- c) Abastecimiento más fácil de asfalto, combustible, etc.
- d) Capaz de ejecutar trabajos duros y nocturnos, mediante el secado y calentamiento de los agregados.



**PAVIMENTADORA**



## 6.1.- INTRODUCCION.

El gran acontecimiento sobrevino en 1931, cuando se exhibió el primer elemento de equipo diseñado específicamente para extender mezclas de áridos, y asfalto. Inventada y perfeccionada la máquina utilizada por un transportador de tornillo sin fin para distribuir el material, y una maestra enrasadora para colocarlo en una anchura de 6 metros. Se desplazaba sobre rieles de acero para colocar el nivel predeterminado, y se utilizaba conjuntamente con una planta mezcladora de carretera remolcada, la cual elevaba los áridos de un montículo que había junto a la carretera, lo mezclaba con asfalto licuado con destilados de petróleo en una trituradora de muelas, y depositaba la masa nuevamente sobre la carretera para ser extendida por la aspiradora.

Si, 1931 fué un año importante, 1934 fué aún más notable. Se introdujeron modelos de producción de la máquina acabadora incorporada con un alimentador de listones en la tolva para mover los materiales desde ésta a la zona del tornillo sin fin espaciador. También sostenía los puntos de remolque de los brazos niveladores sobre el conjunto de bastidor de oruga. En 1936 fué sustituido por una máquina acabadora más potente. En 1940, y desde entonces hasta mediados de la década de 1950, esta máquina fué la acabadora de asfalto normal empleada en todo el mundo.



## 6.2.- DESCRIPCION.

Se le da el nombre de pavimentadoras (acabadoras) aquellas máquinas proyectadas especialmente para extender concretos asfálticos y de cemento, dentro de un campo cuyo desarrollo tecnológico incluye equipos cada vez más avanzados, y sistemas que van arrinconando los que se utilizaban hace relativamente muy pocos años. Estos adelantos, en constante estudio para ser superados, se refieren a mejores y más precisos sistemas de alimentación y a capacidades mayores para producciones más altas así como las maestras enrasadoras de pavimentación que día a día son más anchas y de mejor espesor. Lo que significa construir carreteras y pistas de circulación más rápidamente y con mayor calidad.

Así, en el transcurso de unos cuantos años hubo un cambio que supone que el trabajo en equipo de varias máquinas independientes destinadas a un mismo fin, paso al trabajo de una sola unidad, que con ella se lleva a cabo toda la totalidad del ciclo, abarcando además superficies mucho más grandes.

### 6.3.- GENERALIDADES SOBRE SUS COMPONENTES.

#### a) Partes.

- a.1.- Cámara de aire caliente.
- a.2.- Quemador y encendedor de la Maestra.
- a.3.- Unidad de maestra.
- a.4.- Maestra.
- a.5.- Barra apisonadora.
- a.6.- Unidad Tractora.
- a.7.- Tornillo extendedor.
- a.8.- Placa deflectora.
- a.9.- Brazo de nivelación.
- a.10- Orugas.
- a.11- Eje oscilante o empujadores para camiones.
- a.12- Tolva y alimentadores.
- a.13- Depósito de combustible para el quemador.
- a.14- Unidad motora.
- a.15- Transmisión de la barra apisonadora.
- a.16- Elevación hidráulica.
- a.17.- Transmisión de la barra apisonadora.
- a.18- Cámara de combustión. Fig. (78) y (79)

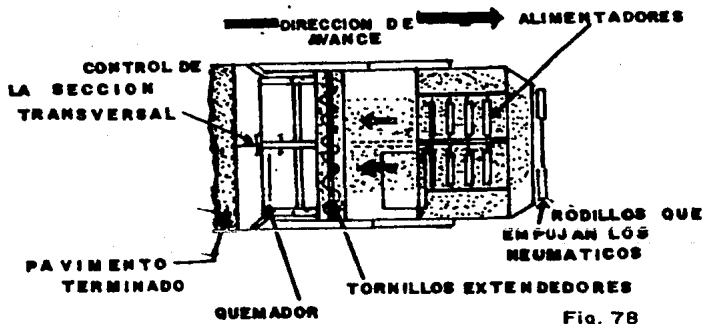


Fig. 78

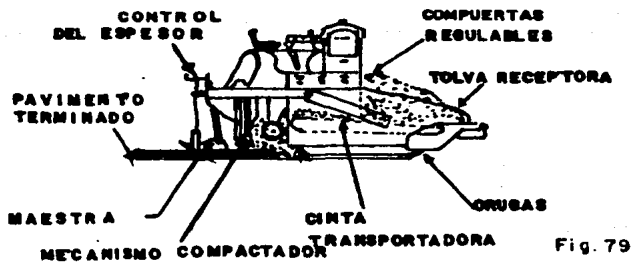


Fig. 79

b) Partes Principales.

Están compuestas básicamente de un tractor que transporta los materiales de pavimentación asfáltica desde una tolva receptora a través de dos alimentadores de listones y dos transportadores de tornillo sin fin, Fig. (80), hasta la parte delantera de una "maestra enrasadora" flotante, autoniveladora que va remolcada y algunas máquinas cuentan con el equipo de quemadores para el mejor manejo del asfalto.

Las esparciadoras de asfalto pueden estar propulsadas sobre orugas o neumáticos, y la potencia la obtiene de un motor de gasolina o de diesel.

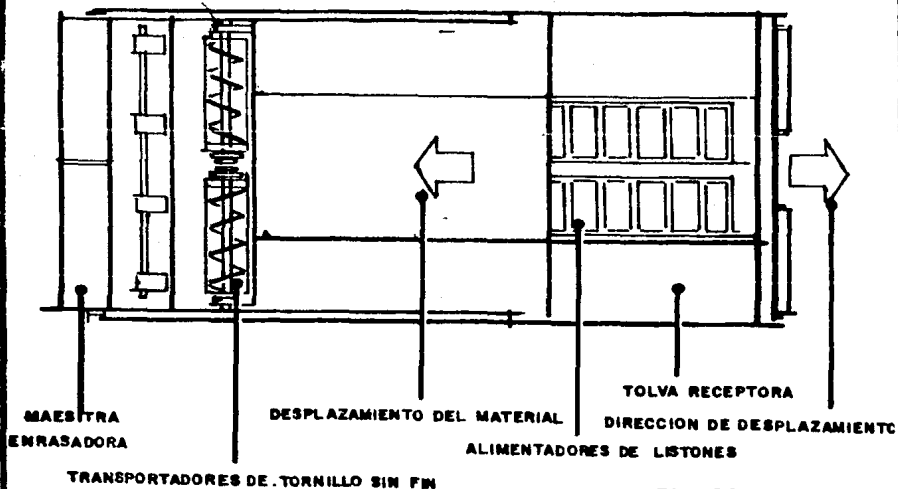


Fig-80

#### 6.4.- FUNCIONAMIENTO.

En el funcionamiento, el camión de volteo descarga el material (asfalto) sobre la tolva receptora de autovaciado, que es accionada, por medio de un sistema hidráulico para que se vacíe el material depositado en las paredes de la tolva y se centre sobre los alimentadores de listones que se encargan de transportar el material hasta los tornillos sin fin, colocados en la parte posterior inferior de la máquina; estos tornillos tienen la función de esparcir el material sobre el terreno para que sea aplanado por la maestra enrasadora. El movimiento de los transportadores de listón y de los tornillos sin fin se realiza generalmente con motores hidráulicos, pero en alguna máquina se efectúa también mediante transmisiones mecánicas.

La unidad tractora a medida que se desplaza a lo largo de la base a pavimentar, remolca la maestra enrasadora mediante sus brazos niveladores. El espesor del pavimento se establece mediante los tornillos de regulación que se ajusta a el ángulo de la maestra enrasadora con relación a los ejes geométricos de los brazos niveladores. Si se varia este ángulo se hace que la maestra enrasadora se desplace hacia arriba o hacia abajo, proporcionando así la regulación del espesor de la capa de rodamiento. El material es pasado debajo del borde delantero de la maestra enrasadora y es comprimido para proporcionar una



MAQUINA PAVIMENTADORA EN FUNCIONAMIENTO

Fig. 81

capa de rodamiento uniformemente compactada. Además estas máquinas están equipadas generalmente con una serie de controles automáticos situados cerca de los tornillos sin fin, con el objeto de controlar la altura del material y si el nivel es demasiado alto el control da instrucciones a los alimentadores de listones para que funcionen más lentamente (independientemente uno del otro), hasta que se alcance el nivel correcto, y cuando el nivel es demasiado bajo se aumenta la velocidad de los alimentadores. Por este medio se evita el exceso de material o la espera de los mismos, con lo que se mantiene un suministro constante en todas las condiciones y el resultado es una capa de rodamiento uniforme y de mejor calidad.

Más información sobre la maestra enrasadora.

Para conseguir un adecuado control del enrasado (que constituye la función más importante proporcionada por la máquina de pavimentación, y para conseguir un pavimento de asfalto liso y duradero), es necesario comprender todas las fuerzas que afectan a sus acciones flotantes y de autonivelación.

Inherentes y automáticas que en estas posibilidades constituyen las bases mecánicas de todos los sistemas de controles más complejos que se han desarrollado recientemente para mejorar la calidad de pavimentación.



Mas información sobre las acciones que la afectan.

Los elementos de la máquina acabadora que afectan la acción autoniveladora de la maestra enrasadora se muestran en la Fig. - ( 82 ).

ELEMENTOS DE LA MAESTRA ENRASADORA FLOTANTE AUTONIVELADORA

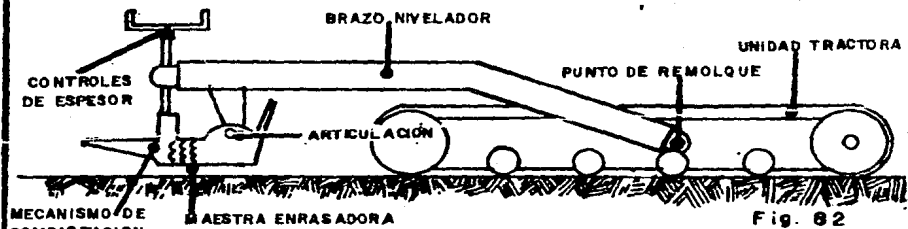


Fig. 82

Estos incluyen:

- a. Dos puntos de pivote o remolque de brazos niveladores sobre el bastidor del tractor.
- b. Los dos brazos niveladores.
- c. La propia maestra enrasadora.
- d. Los mandos de regulación de espesor.
- e. El mecanismo de compactación.

FUERZAS PRINCIPALES QUE ACTUAN EN LA MAESTRA ENRASADORA FLOTANTE

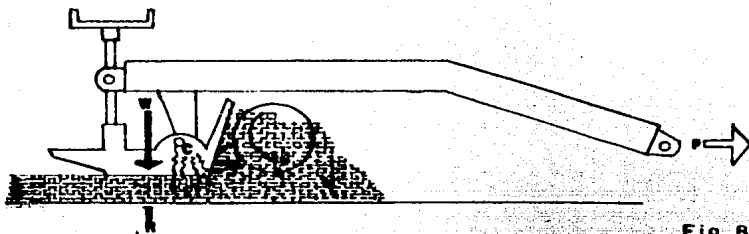


Fig. 83

Ciertas fuerzas que actúan sobre la propia maestra enrasadora pueden afectar sus funciones de nivelación y compactación - independientemente de los errores introducidos en los puntos - de remolque. De hecho la maestra enrasadora flotante depende - de un sistema de fuerzas para funcionar. Como en cualquier sistema de fuerzas, la acción resultante no puede mantenerse en - una condición si una o más de las diversas fuerzas que intervienen en el sistema se ven sometidas a variaciones no controladas, Entre estas fuerzas se encuentran:

- a. El peso de la maestra enrasadora ( $w$ ).
- b. La reacción del material al peso de la maestra enrasadora ( $r$ ).
- c. La fuerza de remolque ejercida a través de los brazos de nivelación. ( $P$ ).
- d. La resistencia del material en la parte delantera -

y debajo de la maestra enrasadora al movimiento hacia adelante, que a su vez está se ve afectada por la viscosidad del asfalto, granulometría y otras características de fluidez de la mezcla (M).

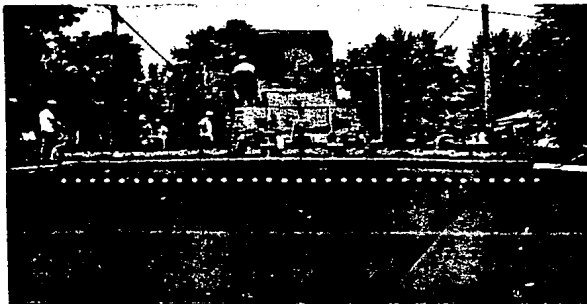
- e. Rotación del transportador del tornillo sin fin (S).
- f. Acción compactadora de la maestra enrasadora. (c).

Cuando todas estas fuerzas están en equilibrio, el sistema es estable y el proceso de nivelación responde solamente a las funciones o perturbaciones verticales introducidas en los puntos de remolque del brazo de nivelación. Por otra parte, cuando cualquiera de estas fuerzas que actúan en la maestra enrasadora resulta cambiada, en el proceso de nivelación se verá alterada hasta que el sistema de fuerzas se vuelva a equilibrar. Fig. (83).

Como la cantidad y distribución de materiales son desplazados hacia delante por la placa deflectora de la maestra enrasadora estas comprenden el principal componente de la fuerza que se resiste al movimiento hacia delante. Fig. (84) y (85)

El control de esta fuerza constituye una función necesaria para un rendimiento óptimo del proceso de nivelación.

Una variación en el nivel del material en los tornillos sin fin no solamente altera la fuerza de tracción sino que altera también la compactación del material en la zona que está inmediatamente delante de la proporción a enrasar. A medida -



Los puntos blancos a través de esta capa de  
asfalto muestran la amplia posibilidad de elección

Fig. 84

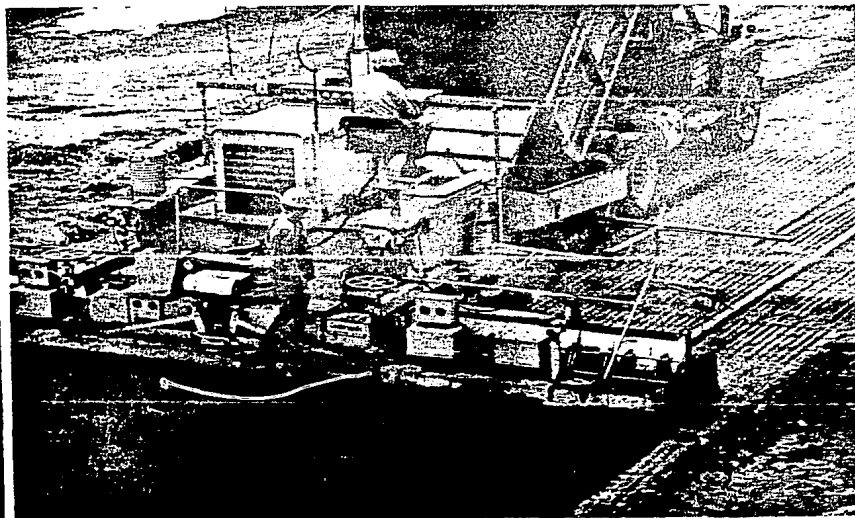


Fig. 85

que disminuye la cantidad de material disminuye la densidad; a medida que aumenta la cantidad, aumenta la densidad.

Las variaciones en la densidad afectan el esfuerzo interior de la estructura de la mezcla, lo cual a su vez afecta la fuerza que se resiste al paso de la maestra enrasadora y su acción compactadora. Por lo tanto si el material pasa debajo del enrasador en un estado menos compacto, el menor esfuerzo hará que la maestra enrasadora se una al estar sometida a su propio peso, hasta que se desarrolle la estabilidad requerida. El resultado de esto es la colocación de una capa más delgada. Inversamente, si la mezcla se enrasa en condición más densa, la maestra enrasadora ascendera porque se precisa una menor densificación debajo de la maestra enrasadora para sostener su peso.

Puesto que el nivel de material, afecta la densidad en la zona de enrasado, y se desprenden variaciones en la cantidad de material esto causará variaciones en el espesor de la capa de rodamiento.

Por lo tanto, es mejor controlar la cantidad de material en la cámara enrasadora, para obtener un funcionamiento óptimo de nivelación y compactación de la maestra enrasadora.

En el mercado es posible encontrar que varían desde 35h.p. a 140h.p., y dependiendo de los accesorios que se les instalen pueden variar sus anchos de pavimentación de 1.82m a 10.97m. y

y con una gama de espesores de 6 mm a 305 mm.



Fig. 86

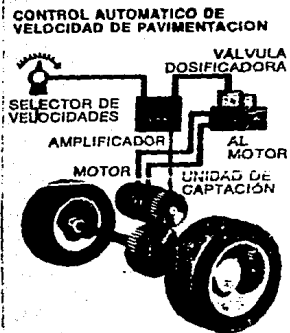


Fig. 87

Con el control automático se mejora la transmisión de fuerzas.

Mientras que una máquina acabadora es capaz de colocar una capa de asfalto a través de una amplia gama de procedimientos de pavimentación debería coordinarse con el régimen de producción de forma que los alimentadores y otras funciones de la máquina acabadora puedan funcionar lo más continua y uniformemente posible. Fig. (86) y (87)

Con el control de la hidrostática, es posible ahora conseguir esto.

El funcionamiento hidrostático no es nuevo en la industria de pavimentación con asfalto. Básicamente es un perfeccionamiento y avance del funcionamiento hidráulico. A medida que la seguridad y rendimiento de los componentes hidráulicos mejoraron - con el transcurso de los años, el empleo de este método de transmisión de fuerza se ha extendido más. Durante los últimos cuatro o cinco años, su uso se ha extendido ampliamente con preferencia a la transmisión mecánica directa.

Los sistemas de transmisión hidrostática, a pesar de lo bien que suenan, exigen controles precisos. De lo contrario las ventajas inherentes a este método pueden perderse a causa del efecto de obtener salidas variables en relación con cargas variables.

#### 6.5.- PROPULSION CONTROLADA.

Por ejemplo, una máquina acabadora que empuje un camión cargado durante la operación de pavimentación, desarrollará una cierta presión y caudal de fluido en su sistema de propulsión hidrostático. A medida que el camión transfiere su carga, y especialmente cuando se separa completamente de la máquina acabadora, se cambia el sistema de transmisión de la máquina acabadora. Desciende la presión y aumenta el caudal del fluido, originando el aumento de la velocidad hacia adelante. Si la velocidad no está controlada, como hemos indicado anteriormente, esto

tendrá un efecto indeseable sobre el proceso de nivelación y compactación. Las pruebas sobre el terreno han demostrado que variar las cargas en la pavimentadora, las técnicas de frenado de los distintos conductores del camión, que varían en el nivel y otras variedades de exigencia de trabajo pueden generar considerables cambios de velocidad en la máquina acabadora como ejemplo podemos decir que, para una velocidad de 15m. por minuto, se ha experimentado una variación de 2.5m. por minuto o un margen total del 32%.

Para equilibrar la relación inversa del caudal hidráulico con respecto a la presión ejercida, se ha desarrollado recientemente, sistemas que controlan la velocidad hacia delante de la máquina acabadora con una tolerancia de 1% de una velocidad previamente determinada, seleccionada por el operador.

En estos casos, un dispositivo de captación sensible a los impulsos acusa la velocidad de un engranaje que hay en la transmisión final a las ruedas o carrilera de oruga, acusando de esta forma la verdadera velocidad sobre el suelo. Sus señales, debidamente amplificadas, regulan el caudal de fluido en el sistema al accionar una válvula dosificadora. A medida que varían las cargas en el sistema de transmisión de la máquina acabadora, el sistema regula automáticamente la velocidad de propulsión. Una de las principales variables que afectan (la velocidad de pavimentación) se pueden someter de esta forma a



un preciso control.

#### 6.6.- DISTRIBUCION CONTROLADA DEL MATERIAL.

Durante muchos años, la alimentación de material se realizaba manualmente a través de canales de descarga controlados por el operario. Hace varios años, se idearon alimentadores automáticos para regular la altura de material en la cámara del transportador de tornillo sin fin, y con ello controlar mejor el nivel del material otra de las variables principales que afectan el comportamiento de la maestra enrasadora.

En estos sistemas, un dispositivo sensor de brazo con paletas, que giraba sobre su eje de montaje, flotaba encima del material. A medida que el nivel de la mezcla ascendía y descendía, el brazo giratorio establecía contacto con interruptores de límite (fines de carrera) los cuales activaban y desactivaban los embragues para proporcionar un funcionamiento intermitente "conectado-desconectado" de la combinación alimentador-tornillo sin fin. Los alimentadores y tornillos sin fin funcionaban a un régimen de velocidad constante cuando estaban en posición "on" (conectado) y se detenía completamente cuando estaba en "off" (desconectado).

Al verse liberado de la carga de tener que alimentar material, el operario de la máquina acabadora podía dedicar más atención a conducir la máquina y realizar otros controles nece-

sarios de la máquina. Sin embargo, la naturaleza "on off" (conectado - desconectado o todo - nada) de los alimentadores y tornillos sin fin, todavía permitían que fluctuasen los niveles del material. Las variaciones en las cargas del motor y el tren de fuerza, por su parte, causaban la brusca alteración de la velocidad hacia delante y también apreciables variaciones de las fuerzas que afectaban la nivelación de la maestra engrasadora. Fig. (88).



Fig. 88

Desde años atrás se han utilizado diversos tipos de sistemas de control automático. La mayoría de ellos anulan la función autoniveladora natural de la maestra enrasadora de forma; que sigue una trayectoria paralela a una referencia de nivel de contorno exterior. Se establece también una inclinación transversal deseada independientemente en los puntos de remolque o en la propia maestra enrasadora. Fig. (89).

En estos sistemas la inclinación está controlada por un dispositivo sensor seguidor que toma lecturas de un cordel tendido u otra referencia de nivel. La inclinación transversal se controla mediante las lecturas orientadas por gravedad tomadas de una viga que conecta transversalmente los dos brazos niveladores. Los tipos de sensores de nivel de perfil están compuestos de:

- a. Zapatas seguidoras dotadas de microinterruptores "on-off" (conectado-desconectado).
- b. Rejillas o zapatas seguidoras con interruptores rotativos "on-off" (conectado-desconectado).
- c. Rejillas o zapatas seguidoras con potenciómetros y circuitos puente.
- d. Rejillas o zapatas seguidoras con circuitos puente y conductores microsincronizadores.

Los tipos de dispositivos sensores de inclinación transversal han incluido:

- a. Péndulos con interruptores "on-off" tipo lámina.
- b. Péndulo con potenciómetros y circuitos puente.

El nivel de la mezcla en la parte delantera de la maestra enrasadora se controla continuamente y se alimenta una señal eléctrica a la transmisión hidrostática variable del alimentador y tornillo sin fin. Caso de que el nivel de la mezcla comience a ascender o descender, el monitor hará automáticamente que el alimentador y el tornillo sin fin aumenten o disminuyan la velocidad para mantener el nivel de mezcla correcto.

### SISTEMA DE ALIMENTADOR Y TORNILLO SIN FIN DE HIDROSTÁTICA CONTROLADA

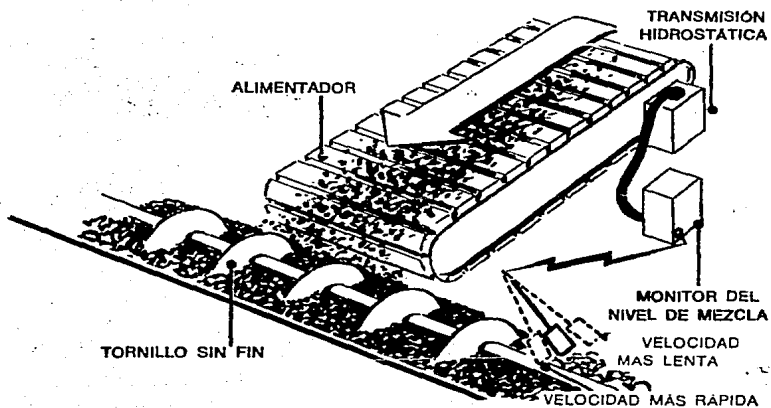


Fig. 89

- c. Péndulos con circuitos puente y conductores de micro sincronización.
- d. Acelerómetros con circuitos puente y resistencias variables.

Los ajustes de actitud de la maestra enrasadora se han conseguido:

- a. Subiendo y bajando los puntos de remolque del brazo de nivelación mediante pistones hidráulicos accionados a través de solenoide.
- b. Variando el ángulo de los brazos de nivelación articulados a través de los tornillos sin fin accionados mediante servomotores eléctricos.
- c. Ajustados los tornillos de control de espesor con servomotores eléctricos.

El efecto de todos estos sistemas automáticos de control de nivelación es liberar a la maestra enrasadora de los movimientos verticales indeseables de la unidad tractora a medida que ésta se desplaza sobre la superficie que se va a pavimentar. Hemos observado que la maestra enrasadora tiende a seguir la trayectoria de los puntos de remolque. El objeto de los controles automáticos es ajustar los puntos de remolque de forma que la maestra enrasadora (y, por lo tanto la superficie de pavimentación) siga una trayectoria paralela a las referencias de nivel e inclinación verticales del tractor.

Al aplicar los controles automáticos de la maestra enrasadora a la construcción de pavimentos de concretos asfálticos, el usuario puede elegir diversos medios para proporcionar las -

referencias de nivel exteriores a las que ha de responder un sistema. Una aplicación común comprende el empleo de una zapata simple de igualación de juntas o referencia rígida similar, donde solamente se controla automáticamente un lado de la maestra enrasadora. En otra aplicación, un dispositivo sensor de nivel sigue un alambre tendido para controlar el perfil longitudinal y un dispositivo sensor de inclinación que mantiene el control de la inclinación transversal de la maestra enrasadora.

Métodos comprendidos entre estos dos extremos:

- a. Una viga, esquí o regla que se tiende sobre huecos y hundimientos y alarga los salientes o piedras proporcionando una acción de rampa a cada lado de los mismos; y
- b. Un dispositivo que promedia el perfil sobre el cual se remolca. En este caso, el punto sensor sigue una trayectoria que se aproxima a una línea de medio nivel, aumentando el espesor en las depresiones, y disminuyendo el espesor sobre los salientes o piedras, dando como resultado una mayor lisura.  
Fig. (90).



**METODOS COMPRENDIDOS ENTRE DOS EXTREMOS**

**Fig. 90**



RECICLADORA  
DE ASFALTO



## 7.1.- INTRODUCCION.

### RECICLAJE DE PAVIMENTOS ASFALTICOS.

Es un sistema, en el cual la tecnología y economía unida en forma óptima, hacen posible sanear todos los pavimentos a base de mezclas asfálticas conocidos en la construcción de carreteras.

Por la reutilización de los agregados y del asfalto disponibles en las carreteras construídas en el pasado; la industria de la construcción de carreteras, con el mismo dinero disponible, es capaz de acondicionar más kilómetros de las carreteras. El éxito del sistema de reciclaje o reproceso de los materiales recuperados depende del balance o interrelación de los materiales, la temperatura de la mezcla y la producción de toneladas por hora, teniendo además muy en cuenta, los requisitos requeridos por las autoridades locales para el control de la contaminación ambiental.

Aproximadamente el 50% del precio del concreto asfáltico para pavimentar carreteras, lo constituyen los materiales utilizados, es decir, el asfalto y el agregado pétreo. Por lo tanto, la mejor posibilidad de reducir el costo del concreto asfáltico, es el de reducir el costo que representan los materiales empleados. Una solución pudiera ser la de sustituir el asfalto y los agregados pétreos por materiales que funcionaran igual, pero de un costo menor. Desgraciadamente el estado ac--

tual de la investigación de esta posibilidad aún no ha dado -  
sustitutos económicos, razón por la cual la mejor solución -  
hoy en día, es la de reciclar o procesar el pavimento asfálti-  
co utilizado, lo cual producirá concretos asfálticos acepta-  
bles, con ahorros sustanciales en materiales, energía y dine-  
ro. Fig. (91)

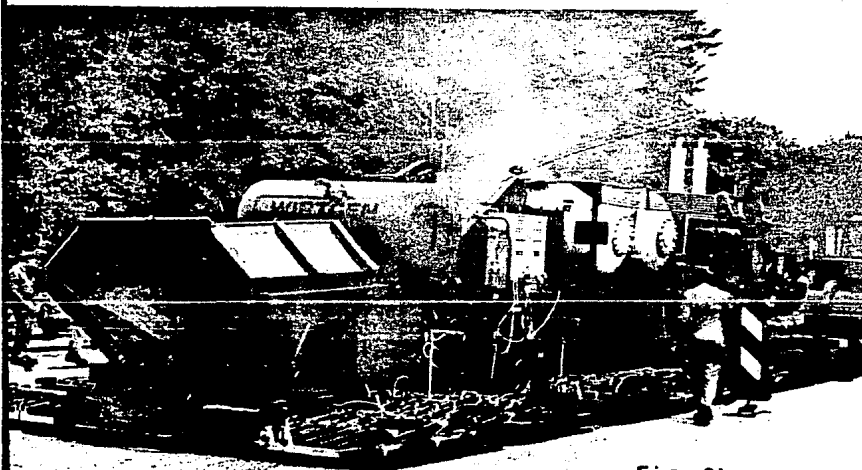


Fig. 91

## 7.2.- PROCESO.

El movimiento y recuperación de materiales y pavimentos asfálticos dando un perfil y pendientes controladas de acuerdo con un proyecto; procesar y calentar los materiales recuperados junto con las cantidades requeridas de agregados y cemento-asfáltico nuevos, y recolocar el material reconstruido sobre la calle o carretera, para proporcionar una nueva carpeta de pavimento asfáltico con todas sus propiedades y especificaciones de la original, son los objetivos básicos del proceso de reciclado de asfalto.

El método preferido para reprocesar y restaurar las propiedades deseadas de los materiales asfálticos, es el de calentamiento y mezclado de materiales y aditivos, en una planta central de asfalto para mezclas calientes.

Los sistemas y equipos utilizados para el proceso en caliente de materiales de pavimentos asfálticos recuperados, deberán cumplir con los requisitos siguientes:

- a) Producir las mezclas para pavimentos asfálticos con materiales recuperados, restaurando tanto las propiedades de asfalto a los niveles exigidos por las especificaciones como corrigiendo las deficiencias de granulometría en los agregados pétreos.

- b) Ser aceptables desde el punto de vista de contaminación ambiental, previendo la expulsión de humos y vapores de asfalto.
- c) Ser capaz de producir un rango amplio de combinaciones proporcionales de agregado nuevo o virgen, con materiales recuperados.
- d) Utilizar las plantas de asfalto existentes con un mínimo de modificaciones.
- e) Cumplir con lo arriba especificado, en niveles de costo y productividad.

### 7.3.- PROCEDIMIENTOS.

Los procedimientos más utilizados para el reciclaje de materiales de pavimentos asfálticos en plantas de producción de mezclas calientes son los siguientes:

Fig. (92).

- a) Reciclaje en tambor de zona doble.

El concepto básico de zona doble es el de calentar los agregados a baja temperatura relativa. Los agregados nuevos, el material recuperado y el cemento asfáltico se combinan en el tambor del secador, donde el calentamiento de los materiales y la mezcla de

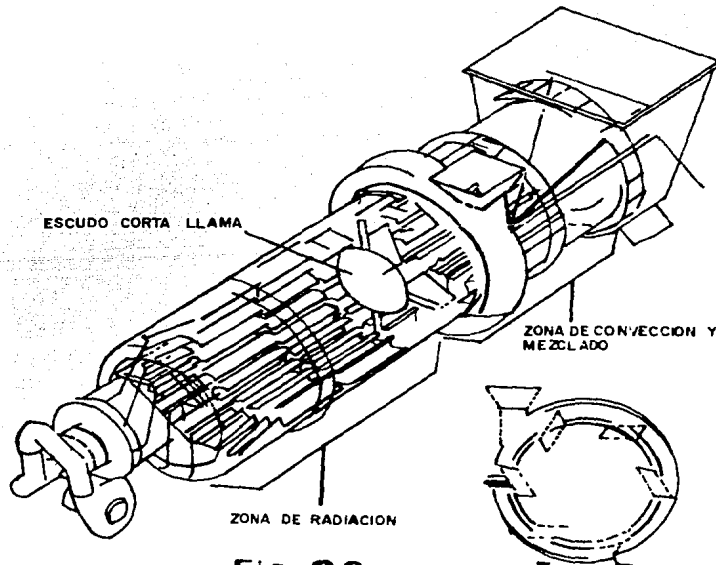
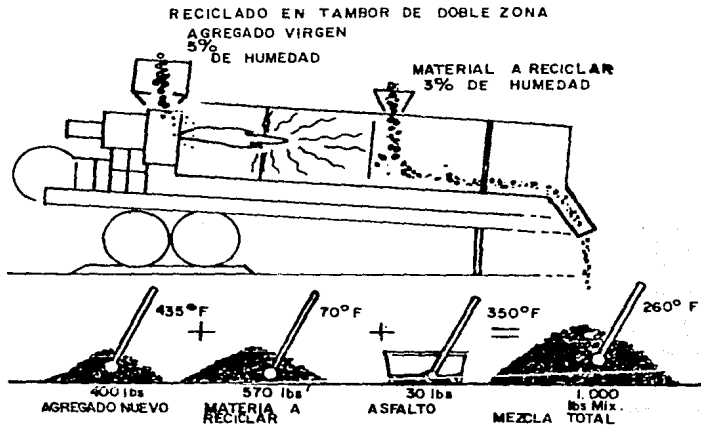


Fig. 92

los mismos se lleva a cabo. El material recuperado se introduce en el punto medio del secador por un sistema rotatorio de cargas, que tiene un número de canales de descarga de un tamaño que dependan del tamaño del secador.

Las ventajas principales de este procedimiento, es que pueden operar tanto como planta de reciclaje y también como planta de asfalto convencional de mezcla en el tambor, con buenas capacidades de producción. Su principal limitación es que solo pueden recuperar aproximadamente el 50% de materiales, debiendo el resto ser de material nuevo.

b) Reciclaje en el doble tambor.

Este sistema consiste en dos tambores secadores rotatorios en serie uno que opera como secador de agregados y el otro que opera como mezclador de los materiales. Con este sistema se puede reciclar del 60% al 80% de los materiales recuperados, dando capacidades grandes de producción pero tiene como desventaja, la de requerir un secador extra para bajar la humedad de los agregados.

c) Reciclaje con transferencia de calor.

Este procedimiento de reciclaje reprocessa el material recuperado a través de una planta de asfalto convencional (planta de bacha), mezclando los agregados nuevos - sobrecalentados con el material recuperado a la temperatura ambiente.

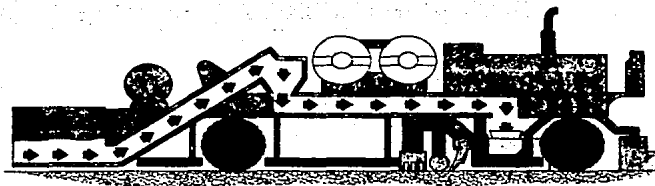
Este proceso tiene la ventaja de eliminar la exposición del material recuperado y el asfalto nuevo a los gases calientes del secador, evitando el riesgo de producir contaminantes del aire (vapores de asfalto). Tiene la limitación de solo poder reciclar como máximo un 50% de material recuperado.

En este tipo de procesos el material recuperado a la temperatura ambiente se mezcla con el agregado nuevo sobrecalentado en el mezclador de doble flecha; el agregado nuevo es sobrecalentado en un secador rotario.

La temperatura a la cual el agregado virgen puede ser recalentado, depende de los siguientes factores:

- a) Porcentaje del material recuperado que deba añadirse a la mezcla.
- b) Temperatura del material recuperado.
- c) Contenido de humedad del agregado virgen.
- d) Contenido de humedad del material recuperado.
- e) Temperatura deseada de la mezcla final.

El equipo adicional para poder reciclar materiales asfálticos en una planta convencional de bacha, se compone de: tolva para el material recuperado, alimentador de banda de velocidad fija, banda transportadora de elevación para la carga del material recuperado, canalón de descarga del material recuperado y la báscula pesadora en la torre de dosificación.



PASOS QUE SIGUE EL MATERIAL

Fig. 93



#### 7.4.- GENERALIDADES SOBRE SUS COMPONENTES.

##### a.- PARTES.

- a.1.- Depósito de recepción de agregado.  
(Posición de transporte).
- a.2.- Calentador infrarrojo.  
(Posición de transporte).
- a.3.- Evaporador de gas líquido.
- a.4.- Eje dirigible.
- a.5.- Tanque de gasoil 1500 Lts.
- a.6.- Tanque de gas propano.
- a.7.- Tanque aceite hidráulico 220Lts.
- a.8.- Cilindro hidráulico 120 x 70 x 600
- a.9.- Radiador para aceite hidráulico.
- a.10.- Caja de Baterías.
- a.11.- Motor principal khd-f10-413
- a.12.- Tanque de aceite hidráulico 220Lts.
- a.13.- Posición de Transporte.
- a.14.- Válvula de fondo.
- a.15.- Calentador infrarrojo.
- a.16.- Calentador infrarrojo en posición de transporte.
- a.17.- 5 Filas de uñas de arranque.
- a.18.- Repartidor rotativo helicoidal.
- a.19.- Rastrillo.
- a.20.- Tren regulador para nivelación allanador.

- a.21.- Calentador infrarrojo.
- a.22.- Eje dirigitible.
- a.23.- Dispositivos compactos.  
Fig. (94).

b) PARTES PRINCIPALES.

A través de los primeros dos radiadores de infrarrojo se calienta la capa asfáltica existente aproximadamente a 100°C, siendo posible regular la temperatura en relación a la velocidad de avance del equipo de reciclaje. Se realiza a través de conectar y desconectar los calentadores dispuestos de la distancia de los mismos a la superficie de la capa asfáltica.

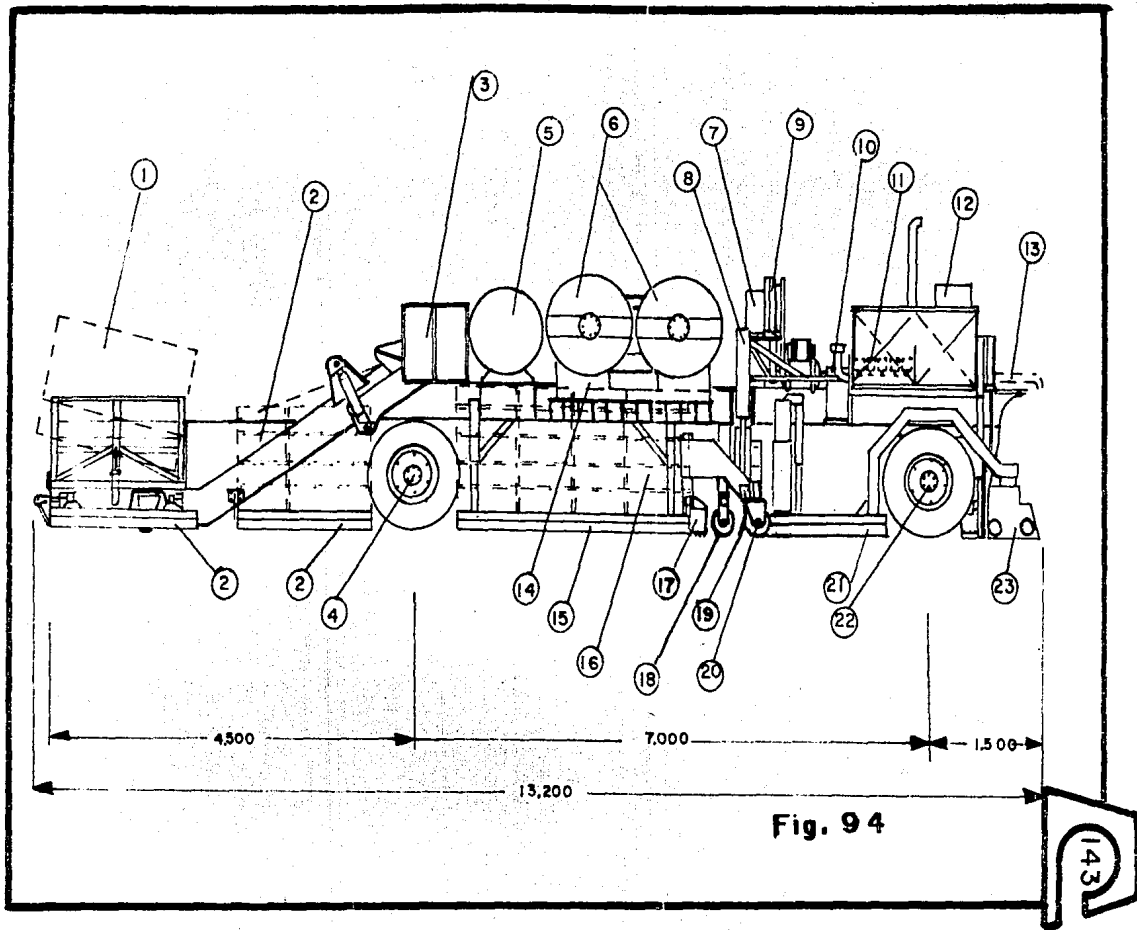


Fig. 94

Con cinco líneas contrapuestas de uñas revestidas de duro metal, se desgarran el pavimento calentado y a continuación se acomoda o distribuye el material, así arrancado y disgregado. El material asfáltico, eventualmente sobrante será expulsado - al lado del equipo de reciclaje en caso de saneamiento de pavimentos sin alteración de la nivelación original.

Con el tercer y cuarto grupo de radiadores infrarrojos se calienta el material asfáltico existente y allanado hasta alcanzar la temperatura de empotramiento. La mezcla nueva de asfalto es transportada desde el depósito de recepción a la planta de asfalto a través de una cinta de transporte, también calentada con rayos infrarrojos. Mediante el dispositivo allanador se extiende el perfil deseado continuamente con el material existente y precalentado según normas para su precompresión logrando una unión homogenizada completa de las capas.

El ancho de la capa tratada con el equipo de reciclaje puede variar entre 2.75m y 3.75m, en tandas de aumento de 25cms.

La profundidad de disgregación se puede variar con la posición de las uñas sin alterar la marcha del procedimiento del reciclaje.

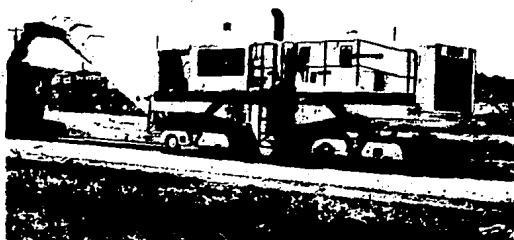
El hecho de que las dos capas, la de material existente y la de material añadido, puedan ser emplazados en caliente y compactados conjuntamente, permite el empleo de capas de espe--

sor en pequeño, que no fueron usuales en la construcción de pavimentos hasta la fecha.

#### 7.5.- RECUPERACION DE LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS. EN FRIO.

El método para recuperar los pavimentos asfálticos existentes en las carreteras, consiste en utilizar una máquina -- RECUPERADORA-NIVELADORA; está máquina esta montada sobre orugas, lo que proporciona una plataforma estable de trabajo.

Cuenta con una herramienta de corte de forma cilíndrica que va provista de dientes especiales resistentes al desgaste, con los que ataca la carpeta asfáltica para triturarla y reducirla a un tamaño satisfactorio para su reciclado, con lo que evita una operación complementaria de trituración la potencia necesaria para su desplazamiento como para el accionamiento de la herramienta de corte la obtiene de un motor diesel; -- cuenta con una transmisión de tipo hidrostático, lo que le permite una infinidad de velocidades, además cuenta con un sistema de suspensión ajustable que le permite al mismo tiempo que levanta la carpeta asfáltica, controlar la pendiente longitudinal y transversal para nivelar el pavimento nuevo de acuerdo a las especificaciones de construcción; está equipada con equipo complementario como bandas para la descarga del material a los camiones y tanques de agua para el control del polvo producido en la operación. Fig. (95) y (96)



EN ESTAS FIGURAS PODEMOS -  
OBSERVAR COMO LA RECICLADO  
RA ESTA RECUPERANDO EL - -  
MATERIAL Y POR MEDIO DE LA  
BANDA TRANSPORTA EL MATERIAL  
A CAMIONES PARA DESPUES SER  
LLEVADOS A SU DESTINO FINAL.

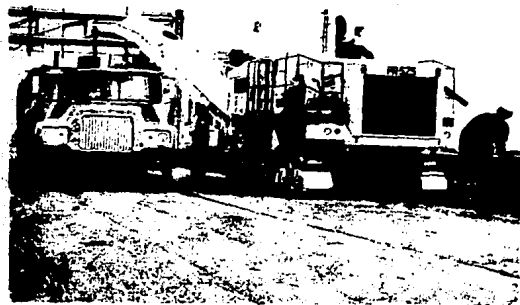
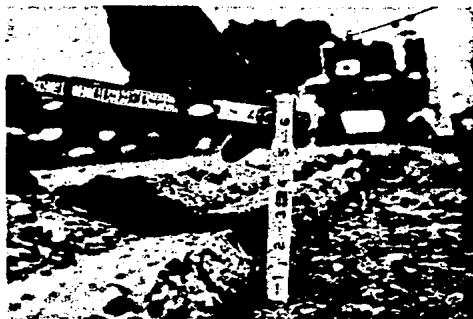
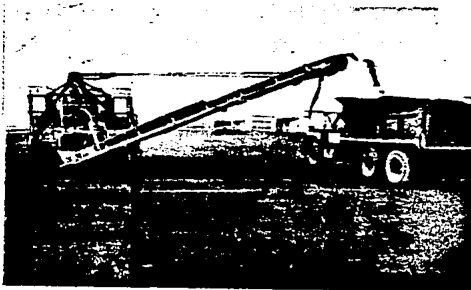


Fig. 95



PROFUNDIDAD A LA QUE ES ARRAN-  
CADA LA CARPETA.

RECICLADO DURANTE SU ETAPA DE -  
TRABAJO.



CARPETA DESPUES DEL CEPILLADO.

Fig. 96

#### 7.6.- ESPECIFICACIONES.

Existen máquinas recuperadoras-niveladoras con las siguientes especificaciones:

POTENCIA: 360HP a 750HP

PESO DE  
OPERACION: 40,000LB (18,160kg.) a 72,000LB (32,670  
Kg.)

ANCHO DE CORTE: 6'3" (1.90mts) a 12'5" (3.78mts.)

PROFUNDIDAD MAXIMA  
DE CORTE: 7.75" (20cm)

VELOCIDADES DE AVANCE  
EN CORTE: 0 a 4.5MPH (0 a 7.2km/h ).

#### 7.7.- APLICACIONES.

- a) Saneamiento del pavimento con aparejamiento a la nivelación original:

Sobre todo aplicable en autopistas o en todos los casos a donde no fuera posible elevar el nivel del pavimento existente. La forma geométrica original de la carretera será reconstruida.

- b) Saneamiento del pavimento con recubrimiento de la nivelación original:

Eso significa alzar el nivel del pavimento y es aplicable para carreteras principales, y la renovación -



del pavimento a todo el ancho de la vía para carreteras nacionales.

Existen casos en la cual es solicitado que la capa de saneamiento tenga conexión con un lado del pavimento a nivel original, o con muy poco recubrimiento existen, por ejemplo, cunetas, aceras o desagües laterales. Eso es realizable sin dificultades de la siguiente forma:

- a) Uso del rastreador ovalado por la mitad de RECY CLERS.
- b) La inclinación entre rastreador y el allanador "sinfin" no será ajustado en forma paralela.
- c) El espesor del pavimento repuesto de material disgregado es variado transversalmente.

#### 7.8.- VENTAJAS.

##### a) Método de Trabajo.

- Saneamiento de la capa de rodamiento en un turno.
- Elaboración de todas las mezclas asfálticas.
- Nivelaciones a ras o con complementación del espesor del pavimento.

##### b) Cualidad.

- Alto grado de compactación.
- Pavimento reforzado, menos deformaciones.
- Homogenización mejorada entre la capa existente y

la saneada.

c). Economía.

-Recurso de mezclas asfálticas existentes.

-Recortar el tiempo de ejecución de los saneamientos y consecuentemente a esto la abreviación del tiempo de fuera de servicio de las carreteras.

-Consumo reducido de materiales asfálticos nuevos.



# **MANTENIMIENTO**

### 8.1.- INTRODUCCION.

Debemos estar conscientes de la imperiosa necesidad de hacer esfuerzos extraordinarios para cuidar minuciosamente versiones en equipo, lo cual se logrará en la medida en que se dé la importancia que merece al MANTENIMIENTO y la BUENA OPERACION de la maquinaria para la construcción. También es indispensable que las personas con autoridad a nivel de propietarios, gerentes de construcción, superintendentes de obra, intendentes de maquinaria y en general todos los involucrados en esta actividad, estén plenamente convencidos del beneficio en costos que reporta el prevenir, en lugar de reparar fallas o descomposturas mayores, mediante revisiones periódicas hechas BIEN y OPORTUNAMENTE, con personal competente, limpio, responsable y honesto.

También será poco lo que se haga en la capacitación del personal y la sensibilización de propietarios de máquinas para llevar a cabo, con minuciosidad y esmero, dichos programas.

En los programas de mantenimiento debería tenerse al personal mejor calificado, pues con sus conocimientos y experiencia podrá detectar oportunamente desgastes cercanos a los tolerables y pequeñas fallas que mediante ajustes menores o cambios de piezas en su límite de servicio, impidan daños mayores, que además de ser costosos, dejan fuera de producción al equipo de

rante largos periodos de tiempo.

Otras normas indispensables: son la limpieza, ya que no puede inspeccionarse correctamente una máquina sucia llena de lodo o aceite y polvo; también la utilización de herramientas adecuadas propias de cada uso específico, tales como llaves españolas, de estrías, de cubo o dados, de cremallera, torquímetros etc., en lugar de "la stillson, el marro, las pinzas y las pericas" empleadas para todo.

Para el buen funcionamiento del equipo de pavimentación de bemos contar con un mantenimiento adecuado así lograremos una mejor disponibilidad de las máquinas y equipo. Tenemos 4 tipos de mantenimiento para lograr nuestros objetivos que son:

- a) Mantenimiento preventivo.
- b) Mantenimiento predictivo.
- c) Mantenimiento correctivo.
- d) Mantenimiento por conjunto o componentes.

#### 8.2.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Mantenimiento preventivo, también llamado mantenimiento programado, significa atender el equipo sistemáticamente para reducir las reparaciones, con esto podemos concluir que son las operaciones programadas de limpieza, lubricación, ajuste, comprobación reemplazo de partes o conjuntos; que son necesarios para asegurar

que la máquina y equipo estén en condiciones apropiadas para su uso, en cualquier momento.

Este mantenimiento incluye:

- a) Programa de lubricación.
- b) Programa de reparaciones.
- c) Limpieza frecuente.
- d) Ajuste.
- e) inspección.
- f) Corrección rápida de los defectos.
- g) Llevar registros completos.

Para evaluar hasta que punto es conveniente, es necesario tomar en cuenta, los costos totales (depreciación, operación, oportunidad, reemplazo, etc.), así como los costos ocasionados por pérdida en avances de obra; ya que en ocasiones el dar mantenimiento preventivo nos va a implicar para otros equipos que dependen de éste.

Para poder diseñar un programa es necesario además de tomar en cuenta lo anterior, el costo horario de las máquinas y las condiciones ambientales en que trabajará; así como coordinar el mantenimiento preventivo con los períodos en que debe parar cada máquina, basándose en el programa de la obra a ejecutar.

Para el equipo de pavimentación tenemos que el manteni-

miento preventivo tiene su mejor representación en las camionetas de mantenimiento de campo. Estas camionetas están equipadas para poder realizar un ajuste en el campo, y dotar de combustible y lubricantes y cuentan generalmente con un compresor de aire, una planta generadora de energía eléctrica, equipo para lubricación y herramienta necesaria. Las herramientas de estas camionetas está en función del número y tipo de equipos - que atiende, así como de las operaciones programadas en el mantenimiento preventivo.

Este mantenimiento se programa de acuerdo al número de horas de utilización del equipo y basándose en las recomendaciones y especificaciones de los proveedores de maquinaria, así como en la propia experiencia de los encargados de esta programación; en base a lo anterior se establecen los programas de mantenimiento preventivo diario; de 100 horas, 500 horas, 1000 horas y 2000 horas para cada máquina. Algunos de los puntos más importantes que cubren estos programas son los siguientes:

CUADRO DE LUBRICACION Y MANTENIMIENTO.

No. Con- cepto	Descripción
<b>CADA 100 HORAS DE OPERACION</b>	
<b>1</b>	Compruebase la apretada, midiendo el per. de los pernos y tuercas DEL RETEN Y FLECHA DEL PIVOTE.
<b>CADA 500 HORAS DE OPERACION</b>	
<b>2</b>	Hágase la <u>aceite</u> del motor (limpiase la caja DELAIRE DEL MOTOR.
<b>3</b>	Revisarse el escobinado DEL MOTOR DEL ARRANQUE y límpielo.
<b>4</b>	Revisarse las escobillas DEL GENERADOR y límpielo el conmutador.
<b>5</b>	Mídase el peso específico del ELECTROLITO DE la BATERIA.
<b>CADA 1000 HORAS DE OPERACION</b>	
<b>6</b>	Revisese el enfriador del aceite del motor
<b>7</b>	Revisense las camisas de los cilindros del MOTOR, los pistones y los anillos.
<b>8</b>	Revisese el ventilador del MOTOR
<b>9</b>	Lávase las celaderas superiores del PURIFICADOR DE AIRE.
<b>10</b>	Revisense las presiones del aceite en la TRANSMISION
<b>11</b>	Vacíese y lívase el SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.



**8.3.- SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

- a) Revisar el reporte del operador.
- b) Motor.
  - b.1.- Revisar el nivel de aceite del motor.
  - b.2.- Localizar fugas de aceite y corregir.
  - b.3.- Revisar temperatura de operación.
  - b.4.- Revisar tensión de las bandas.
- c) Convertidor de par, y transmisión.
  - c.1.- Revisar el nivel del aceite.
  - c.2.- Localizar fugas y corregirlas.
  - c.3.- Revisar temperatura y presión de operación.
- d) Sistema de enfriamiento.
  - d.1.- Revisar manguera y accesorios
  - d.2.- Revisar nivel de agua.
  - d.3.- Revisar radiador y ventilador.
- e) Sistema de combustible.
  - e.1.- Drenar tanque de combustible.
  - e.2.- Drenar filtros.
  - e.3.- Revisar y corregir fugas en el sistema.
- f) Sistema de aire.
  - f.1.- Limpiar filtro de aire.
  - f.2.- Checar abrazaderas y apretar si se requiere.
  - f.3.- Revisar fugas de aire en el sistema.
  - f.4.- Checar indicador (vacuómetro).
- g) Sistema eléctrico.
  - g.1.- Revisar nivel de agua en las baterías.
  - g.2.- Revisar el funcionamiento del generador, indi-

cadores, luces, alumbrado, motor de arranque, - etc.

- h) Sistema hidráulico.
  - h.1.- Revisar el nivel del aceite.
  - h.2.- Revisar fugas en el sistema.
  - h.3.- Checar su funcionamiento.
- i) Motor auxiliar (los que traigan).
  - i.1.- Revisar el nivel del aceite.
  - i.2.- Limpiar el purificador de aire.
  - i.3.- Checar funcionamiento.
- j) Mandos finales y carriles.
  - j.1.- Revisar el nivel del aceite.
  - j.2.- Revisar fugas de aceite.
  - j.3.- Revisar templado de las cadenas.
  - j.4.- Revisar muelle de la estabilizadora.

Además de todos los puntos anteriores se deberán lubricar y engrasar todos aquellos mecanismos que se indiquen en el manual de operación y mantenimiento de cada equipo.

#### 8.4.- MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El mantenimiento predictivo se lleva a cabo con una tecnología más desarrollada. La característica principal de este tipo de mantenimiento es que es teórico, y su método de trabajo; se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda.

Este tipo de mantenimiento se basa en el análisis estadístico de vidas útiles, de las piezas en el análisis físico de piezas de desgastes y en el análisis de laboratorio y diagnóstico de campo.

Con este tipo de mantenimiento es posible programar el mantenimiento preventivo, el pronóstico de cambios y reposiciones y obtener datos para el reemplazo económico de las unidades. Lo que significa que de aplicarse adecuadamente el mantenimiento predictivo, se eliminan los siguientes problemas:

- a) Sustituir en forma rutinaria partes costosas, sólo para asegurar el funcionamiento del equipo; sin que se tome en cuenta si amerita o no el cambio.
- b) Adivinar el tiempo que les queda de vida, rodamientos, aislamientos, engranes, motores, transmisiones, etc.
- c) Suspender el servicio fuera de programa por fallas imprevistas.

#### 8.5.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Este es el mantenimiento realizado después de que ocurre la falla, ya sea por fallas claras, avanzadas o totales. Es el mantenimiento fuera de programas y origina que el equipo se repare totalmente y con esto se pueden interrumpir el funcionamiento de los equipos que dependen del mismo y por tanto hay necesidad de comprar todas las refacciones para su reparación inmediata.

Este mantenimiento impide el diagnóstico exacto de las -- causas que provocaron la falla, pues se ignorará si falló por - mal trato, por abandono, por desconocimiento de manejo, por - tener que depender del reporte de una persona para proceder a la reparación, por desgaste natural, etc. Como consecuencia - son muchos los aspectos negativos que trae consigo este sistema y no solo debe aplicarse como emergencia.

No obstante la impredecibilidad de este mantenimiento, es posible elaborar programas tentativos de reparaciones mayores, apoyándose en los análisis estadísticos, físicos y de laboratorio, con lo que se elaborarán programas de reparaciones por cada máquina que cubra cuando menos períodos de un año de trabajo, o a la duración de la obra cuando fuera por menos tiempo

Dentro del programa de mantenimiento correctivo podemos -- diferenciar al mantenimiento correctivo menor que se efectúa - en la misma obra y el mantenimiento correctivo mayor que se -- efectúa y en un taller central.

#### 8.6.- MANTENIMIENTO POR CONJUNTOS O COMPONENTES.

Es una variante del mantenimiento correctivo en cuanto a que sustituye a una parte o a un todo de un conjunto en mal estado, o bien una variante del mantenimiento preventivo en lo que se refiera a evitar mediante la sustitución de un componente reparado o nuevo a tiempos predeterminados o planeados, pa-

ra evitar que el componente sea severamente dañado o inutilizado por el uso excesivo.

Este tipo de mantenimiento es el verdadero mantenimiento planeado o programado, cuando se cuenta con una flotilla de maquinaria del mismo tipo y marca; debe coordinarse con un buen manejo de partes, para sus reparaciones en el taller.

Tiene además la ventaja de que puede hacerse las reparaciones fuera de la obra y con mucha mayor anticipación. Igualmente permite pedidos de partes anticipadamente, lo cual se traduce en economía y eficiencia.

Dentro de este tipo de mantenimiento los componentes que tienen mayor movimiento son:

Motores diesel.

Transmisiones hidráulicas (automáticas y semi-automáticas).

Embragues de dirección.

Motores de arranque.

Alternadores y generadores, etc.

#### 8.7.- RECURSOS COMPLEMENTARIOS.

La correcta aplicación del mantenimiento depende entre otras cosas del conocimiento e interpretación de manuales, cuadros de lubricación y cartas de servicio; lo cual hace necesario que el personal dedicado a esas actividades tengan la prepa-

paración adecuada para poder comprenderlos y efectuarlos.

Los recursos externos que se encuentran a disposición de los usuarios de equipo, son proporcionados generalmente por los distribuidores de maquinaria como los siguientes:

- a) Catálogos de parte.- Este es un cuaderno o folleto en el que se nos indica el desglose de las diferentes piezas de la máquina: identificadas por el número de referencia correspondiente con un nombre de las piezas y el número de partes con que deberán ser pedida al fabricante.
- b) Manual de operación y mantenimiento.- Esta literatura tiene como objetivo primordial indicarnos por parte del fabricante la forma ideal en que el equipo debe ser operado; aquí se encuentran las recomendaciones prácticas para el operador y además la recomendación tanto del tipo y la periodicidad del cambio de aceite y filtro de los sistemas.
- c) Manual de taller.- Esta información importantísima debe ser adquirida siempre que sea posible, dado que se nos indican las secuencias o bases en que deben realizarse ajustes de mecanismos y ajustes mayores de motor y de los demás conjuntos de la máquina se nos indica también de manera práctica la herra--

mienta adecuada y las calibraciones o tolerancias -  
necesarias para realizar tales mantenimientos.

- d) Instrucción a los operadores.- Los operadores son -  
elementos básicos para el usuario y debe aprovechar  
los recursos de los distribuidores, ya que estos -  
ofrecen cursos intensivos periódicamente para los -  
operadores, o bien en el momento de adquisición de  
un equipo se puede solicitar cursos especiales para  
operadores y mecánicos en la misma obra del compra-  
dor.

Instrucción de mecánicos.- Paralelamente a los pro-  
gramas de entrenamiento de operadores, pero no en -  
un plan superior deberán programarse la instrucción  
y preparación del personal mecánico en todos los ni-  
veles, ya que la maquinaria de construcción está au-  
friendo constantes modificaciones e innovaciones -  
tecnológicas.



# RENDIMIENTO



El objetivo de presentar este problema intencionalmente "absurdo", es con la finalidad de visualizar lo que sucedería si se presumiera que los equipos trabajaran a su máxima capacidad - (100%), lo cual no es posible debido a que este tipo de obras se caracterizan por ser muy descontinuas en sus diferentes fases de construcción, debido a ciertos factores como son la alta concentración de equipo que se requiere, así como el constante suministro de materiales, entre otros.

Esto se puede confirmar con las especificaciones que nos marcan los distribuidores de equipo, las cuales nos señalan en forma individual una serie de rendimientos, que durante la práctica no van a ser aplicados, debido a que este tipo de equipo no trabajan en forma individual, sino en combinación con otros, lo cual hace que no tengan continuidad en sus funciones.

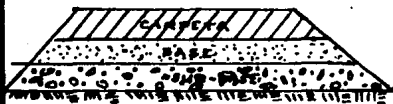
De ahí la importancia que tiene el saber interpretar las especificaciones que nos marcan, respecto a rendimientos.

Ac. promedio 9 Km.

BANCO  
SB  
B

3 Km.

30 Km.



0.07

0.20

0.30

Riego de impreg. 1.5 lts/m<sup>2</sup>Riego de liga 1.20 lts/m<sup>2</sup>

15.00

$$\text{Volumen sub-Base} \quad 30,000 \times 15 \times 0.30 = 135,000 \text{ m}^3$$

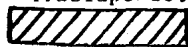
$$\text{Volumen base} \quad 30,000 \times 15 \times 0.20 = 90,000 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen carpeta} \quad 30,000 \times 15 \times 0.07 = 31,500 \text{ m}^3$$

Se supone que el material ya acarreado está en el frente.

Suponemos que la Motoconformadora trabaja al 100%

Traslape 20%



$$3.00 \times 0.8 = 2.40$$

para poner el número de pasadas tenemos que

$$\frac{15.00}{2.40} = 6.25 = 7 \text{ pasadas}$$

si tenemos 3 operaciones = 21 pasadas

$$\text{Rend.} = \frac{10,000 \text{ m}^3/\text{hr.} \times 15,000 \text{ m} \times 0.30 \times 1.00}{21} = 2,143 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

tenemos que el trabajo de los 30,000 Km los hacen en

$$\frac{135,000}{2,143} = 63 \text{ hrs. y notamos que esto es absurdo ya que no lo hacemos así.}$$

con esto tenemos que en una hora trabajará

$$\frac{135,000 \text{ m}^3}{63 \text{ hrs.}} = 2,143 \text{ m}^3/\text{hrs. la motoconformadora}$$

para que sucediera esto tendríamos que ocupar el siguiente equipo  
 carga, acarreo a 9 Km. de descarga  
 capacidad de un camión  $6.00 \text{ m}^3$

tiempo por viaje

$$\text{Carga} \quad \frac{600 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min/hr.}}{144 \text{ m}^3/\text{hr.}} = 2.5 \text{ min.}$$

Ida a 20 Km/hr.

$$\frac{60 \text{ min} \times 9 \text{ Km.}}{20 \text{ min/hr.}} = 27 \text{ min.}$$

regreso a 30 km/hr.

$$\frac{60 \text{ min} \times 9 \text{ Km}}{30 \text{ Km/hr.}} = 18 \text{ min.}$$

Viraje y descarga maniobras 1.5 min.

$$\text{Tiempo Total: } 49 \text{ min.} \quad \frac{60 \text{ min/hrs.}}{49 \text{ min.}} = 1.23 \text{ viaje/hr.}$$

tenemos que un camión 9 Km. = 1.23 viajes/hr.

$$1.23 \times 6 \text{ m}^3 = 7.5 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

tenemos que ocupar en una hora

$$\frac{2,143 \text{ m}^3/\text{hrs.}}{7.5 \text{ m}^3/\text{hr.}} = 328 \text{ camiones que dificultarían las maniobras esto es absurdo.}$$

Otro ejemplo puede ser la petrolizadora, tenemos que para realizar el tramo de 30,000 Km. tardaría:

Capacidad 10,000 Lts.

Velocidad de Operación 15 Km/hr.

La barra tiene un ancho de 3.5 m. y su eficiencia al 100%

La producción será de

$$15,000 \text{ m/hr.} \times 3.5\text{m.} \times 1.00 = 52,500 \text{ m}^2/\text{hr.}$$

Necesitamos regar:

$$30,000 \times 15 = 450,000 \text{ m}^2$$

el trabajo lo realizará la petrolizadora en:

$$\frac{450,000 \text{ m}^2}{52,500 \text{ m}^2/\text{hr.}} = 8.57 \text{ hrs.}$$

que esto también es absurdo.

Si seguimos analizando los demás equipos veremos que es lo mismo, en todos, por tanto nunca serán los rendimientos en lo que se refiere al equipo de pavimentación uniformes por lo que se tendrá que hacer un estudio por cada equipo para poder ver el tiempo real y ocioso con el que vamos a trabajar esto se logra balanceando el equipo.



# CONCLUSIONES

### CONCLUSIONES.

Al termino del presente trabajo, hemos podido ver la importancia del desarrollo del mismo, donde se logra apreciar que el éxito o fracaso en la operación de las máquinas depende de la correcta aplicación que se les dé, dentro del trabajo que han de realizar y para obtener de ellas su rendimiento óptimo, deben conocerse sus características, así como la forma de utilizarlas, sus capacidades y la selección correcta de los factores que pueden influir en su rendimiento con lo cual tenemos varios puntos de vista:

- 1.- La industria de la que en México tiene como principal problema la influencia de la situación inflacionaria del país, una empresa constructora puede tener muchas obras hoy, pero quizás mañana llegue al extremo de casi no poder mantenerse, es por esta razón que no puede comprar mucha maquinaria, nueva, por lo tanto el equipo que tiene tendrá que aprovecharlo al 100%, hasta que tenga una buena razón de cambiarlo.
- 2.- Resulta de mayor importancia reconocer que hay que tener un buen departamento de mantenimiento y personal capacitado que proporciona a todos los equipos los medios necesarios para reducir las fallas en los distintos equipos de pavimentación.

- 3.- El grado de éxito económico que pueda alcanzar en una obra depende, de la capacidad en predecir de la manera más exacta posible, las varias contingencias y condiciones que se presentan durante la construcción y que originan los tiempos perdidos o demoras.
- 4.- La Constructora debe considerar que su capital está invertido, casi totalmente en la maquinaria y de la eficiencia con que esta se administre y aproveche depende principalmente, las utilidades de la misma y la capacidad de supervivencia de esta, por lo tanto es de suma importancia estimar correctamente los costos de la maquinaria y controlarlos con máximo cuidado.
- 5.- El rendimiento más exacto es aquel que se determina por medio de observación directa.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- DESFI "CURSO MANTENIMIENTO Y CONTROL DE EQUIPO"  
México, D. F. 1986 Centro de Educación Continua,  
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 2.- TESIS "MANTENIMIENTO DE EQUIPO"  
México, D. F. 1982  
Jorge Roberto Gallardo D'A  
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 3.- UNAM "APUNTES DE MOVIMIENTO DE TIERRA"  
México, D. F. 1987  
Autores Varios  
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 4.- DESFI "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS"  
México, D. F. 1986 Centro de Educación Continua,  
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 5.- MARTIN Y WALLACE "PAVIMENTOS ASFALTICOS"  
México, D. F. Editorial Aguilar
- 6.- REVISTAS MEXICANAS, EXTRANJERAS Y CATALOGOS.