

2076
Universidad Nacional Autónoma de México /

FACULTAD DE INGENIERIA



PAVIMENTOS ASFALTICOS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:

CARLOS FRANCISCO AGUILAR IRIARTE

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

	pág.
I. INTRODUCCION	
II. TIPOS DE ASFALTOS Y EMULSIONES- - - - -	1
III. TIPOS DE PAVIMENTOS ASFALTICOS Y SU ELABORACION- - - - -	28
IV. RECONSTRUCCION DE CARPETAS ASFALTICAS- - - - -	57

I. INTRODUCCION.

Debido a la importancia actual de los transportes por carreteras, calles o aeropuertos es necesario el tener una superficie que proporcione la rapidez, comodidad y seguridad a los mismos, de ahí la importancia de los pavimentos, dentro de los cuales se distinguen dos: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Los primeros son los que se tratarán en este trabajo ya que son los que llevan al asfalto como ligante; los segundos que no se verán porque utilizan una loza de concreto fabricada con cemento portland.

Dentro del ciclo histórico de los caminos podemos notar que los primeros surgieron en la Mesopotamia hacia el año 3500 A.C., también en la isla de Creta en el Mediterráneo, se encontró un camino de piedras construido hacia el año 1500 A.C. En América los antiguos pueblos Maya, Asteca e Inca ya habían construido sus caminos; los romanos hicieron lo mismo; también durante el imperio de Napoleón se desarrollaron métodos constructivos para caminos y en Inglaterra durante el siglo pasado se llevó a cabo otra técnica de construcción que lleva su nombre: MacAdam, la cual es utilizada aún.

En la actualidad, contando a partir de 1920 época en la que el automóvil empezó a desarrollarse teniendo un incremento, después de la segunda guerra mundial, el transporte motorizado se refleja en la producción y economía de los países, exigiendo de esta manera más y mejores vías de comunicación como lo son carreteras y aeropuertos, que soporten los volúmenes de tránsito a que se verán sometidos y las cargas que deberán so-

portar. De ahí se puede ver que dentro de la ingeniería de caminos, la función del ingeniero civil sea la de planear, proyectar, construir y conservar los caminos, y debido a que muchos problemas aún no tienen solución y el crecimiento acelerado de los transportes, se encuentra ante un campo bastante amplio al cual cada vez se le tienen que dar mejores soluciones.

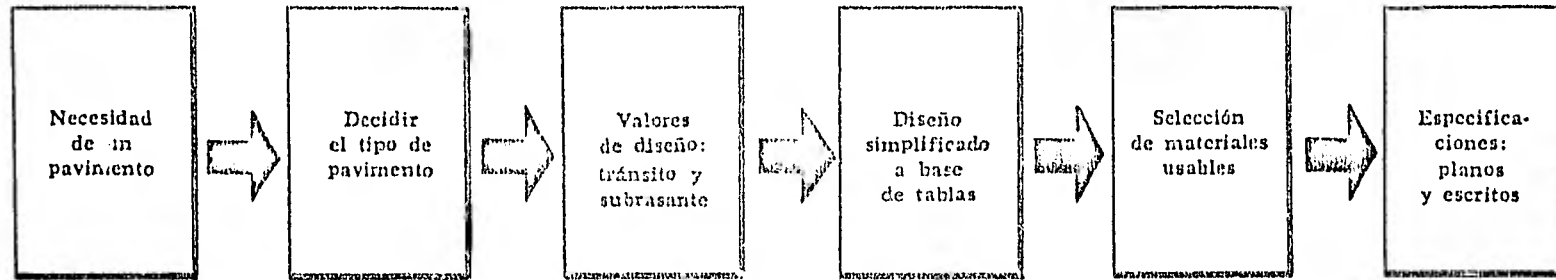
Debido a lo anterior se deben de tener en cuenta los siguientes aspectos que determinan el tipo de carpeta que vaya a utilizar un camino:

- Penetración económica.
- Zonas en desarrollo.
- Función social.

Por esto es que en los pavimentos cada vez se buscan nuevos materiales o la forma de mejorar los ya conocidos, para así tener una economía aparte de una mayor durabilidad. En la fig. A se muestra el ciclo de diseño de un pavimento.

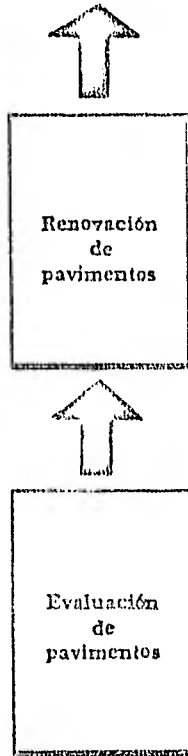
En este trabajo sólo se tocarán las etapas de construcción, conservación y renovación de pavimentos.

PROCESO DE DISEÑO



CICLO DE DISEÑO SIMPLIFICADO DE UN PAVIMENTO

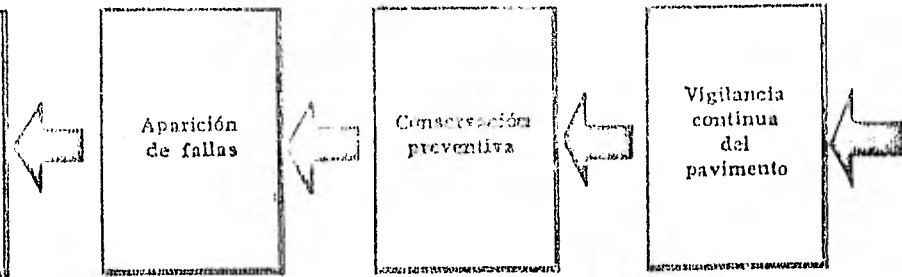
EVALUACION Y RENOVACION



CONSTRUCCION



CONSERVACION



II. TIPOS DE ASFALTOS Y EMULSIONES.

Para poder entender el objetivo de este tema y evitar confusiones sería bueno el tratar de aclarar las ideas acerca de los términos betún y asfalto, ya que son utilizados para determinar diferentes sustancias bituminosas, las cuales son conocidas desde épocas muy remotas, lo cual dió lugar a que existiesen diversos nombres para un mismo material provocando esto confusiones que subsisten hasta la fecha. La palabra betún proviene de la latino bitumen, que significa pez hirviente, y la de asfalto, de la griega asphaltos, que tiene la misma acepción.

Comunmente se designan a las sustancias de color negro sólidas o viscosas, ductiles que se ablandan por el calor, y en caso de ser puras se les llaman betún; cuando impregnan arcillas, rocas calizas, etc., se denominan rocas asfálticas teniendo un color marrón obscuro.

En la actualidad con la utilización del petróleo se obtienen como residuos, de la destilación del mismo, unos productos análogos denominados petróleos asfálticos o betunes de petróleo.

Además de los betunes naturales y de petróleos existen otros productos, como los Alquitranes, de propiedades y usos análogos, para esto existen varias terminologías, pero en el Congreso Internacional de Carreteras celebrado en Milán en 1926 se acordó lo siguiente:

BETUN.- Son dos mezclas de hidrocarburos naturales o de petróleo, sólidos, viscosos o líquidos, conteniendo una pequeña proporción de productos volátiles; con propiedades aglomerantes

y son completamente solubles en sulfuro de carbono.

ASFALTO.- Es un producto natural o compuesto, en el que el betún asfáltico sirve de aglutinante a materias minerales inertes. La palabra asfalto debe ser acompañada del origen del producto: asfalto en roca, lacustre, etc.

Los alquitranes provienen de la destilación seca de productos orgánicos vegetales. Las breas son la fase sólida o semi-sólida de los alquitranes, ya que se obtienen como residuo de la destilación directa del alquitrán, cuando de él se extraen sus componentes volátiles.

El origen del betún se le atribuye el mismo que al petróleo y según la hipótesis de Mendelieff y Moissan, se formaron mediante la acción del vapor de agua sobre carburos metálicos en el interior de la Tierra en las capas ígneas y luego fueron expulsadas hacia el exterior por el vapor de agua hirviendo e impregnaron las rocas blandas, como calizas, areniscas, etc.

En la hipótesis de Engler se admite que los petróleos son el resultado de la descomposición fuera del contacto del aire de productos de origen animal y vegetal en el interior de la Tierra mediante la acción del calor y presión durante miles de años. Estos productos, probablemente ceras animales y vegetales, sufrieron putrefacciones, oxidaciones y polimerizaciones, dando productos ricos en carbono e hidrógeno.

En términos generales el asfalto está compuesto por tres grupos de ingredientes fundamentales:

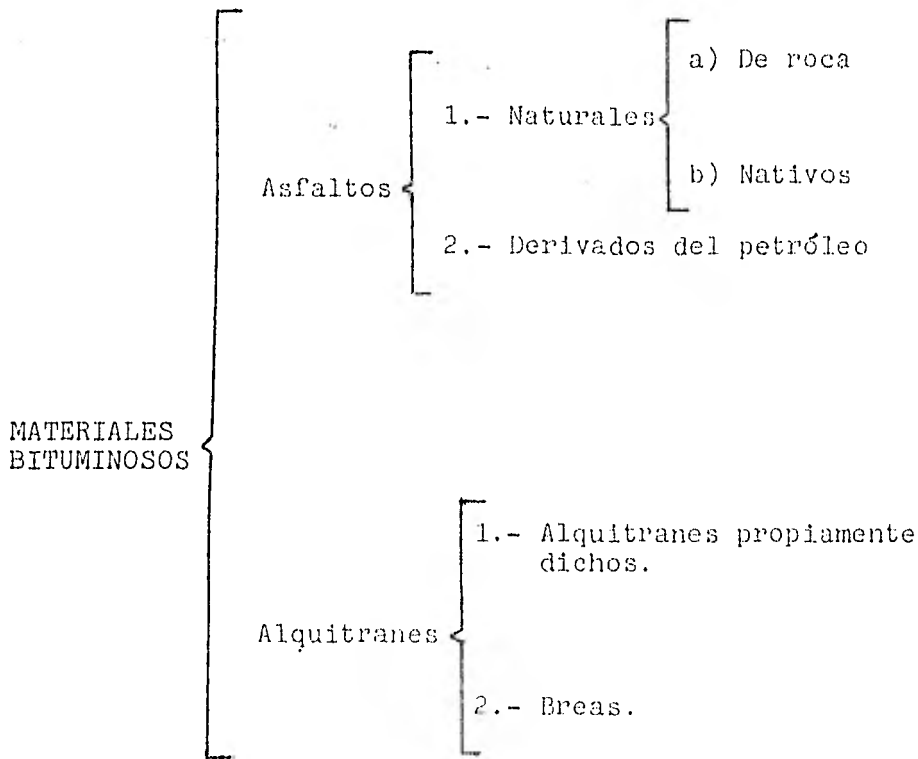
-Aceites.

-Resinas.

-Asfaltenos.

Estos tres constituyentes se disuelven mutuamente entre sí. Los asfaltenos son solubles en las resinas y ambos son portados en el aceite que actúa como vehículo. Los asfaltenos dan al asfalto su dureza en tanto que las resinas las propiedades cementantes. Es decir que ambos le dan al asfalto en conjunto las propiedades cementantes, conservadoras e impermeabilizantes que lo caracterizan, los aceites, a su vez, lo proveen de molidad y plasticidad haciéndolo manejable para todos los usos que se le dé. Las proporciones relativas de cada ingrediente del asfalto, determinan su consistencia y sus características como medio cementante conservador.

Un asfalto compuesto fundamentalmente por Asfaltenos y que contenga pocas resinas, es siempre duro como un ejemplo tenemos la gilsonita. Los cementos asfálticos contienen a su vez una proporción reducida de aceites, mientras menos aceite tenga la combinación, más duro será el cemento asfáltico o inversamente entre más aceite tenga más suave será el cemento asfáltico y mayores serán sus propiedades lubricantes. Ahora podemos aceptar que los materiales bituminosos se dividen de la siguiente forma:



1.- El asfalto natural tiene que ser rebajado con un asfalto más suave antes de que sea propio para la pavimentación. El asfalto natural puede subdividirse en dos categorías dependiendo de que su contenido en bitúmen sea relativamente alto o bajo (superior o inferior a 20%).

a) Los asfaltos de roca muy poco utilizados para la pavimentación son: de rocas silíceas o calcáreas impregnadas naturalmente con bitúmen puro. Generalmente se les tritura, rompe, calienta, etc. y se utilizan ya de esa forma para compactarse y formar superficies de pavimentación.

Las rocas asfálticas varían considerablemente en su contenido de bitumen, por ejemplo:

Especímenes de rocas calcáreas de Oklahoma muestran contenidos de 3 a 4% en tanto que las arenas asfálticas de California tienen 15 y 17% de bitúmen.

b) Los asfaltos nativos tales como la gilsonita y la grahamita tienen un contenido de 99% de bitumen, en tanto que los asfaltos procedentes de la Isla Trinidad, Bermudas y Cuba en las Antillas, así como los de Lago Bermúdez en Venezuela, Selénitza (Albania), Val de Travers (Suiza), Seyssel (Francia) Ragursa (Italia), Maestu y Soria en España, contienen un alto porcentaje de bitúmen, mucho más que el de las rocas asfálticas, variando de 56%, en el de Trinidad hasta 60 a 70% en el de Cuba y hasta 90% en el de las Bermudas.

El asfalto de Trinidad se encuentra en depósitos naturales (de ahí el nombre) siendo éste una mezcla uniforme de agua, gas, arena pulverizada, arcilla y asfalto, dando el aspecto de una tierra esponjosa húmeda con un olor penetrante. Su extracción se hace por medios mecánicos y transportado a una refinería donde se limiten exclusivamente al secado de la humedad restante, a la fusión y agitación del bitúmen con vapor, dejándolo finalmente en un proceso de sedimentación de las partículas más gruesas de tipo mineral. En tanto que las partículas finas de tipo mineral están asociadas íntimamente con el asfalto ya que permanecen y pasan posteriormente a formar parte del pavimento en que se emplee.

2.- Los betunes derivados del petróleo.- Son obtenidos por medio de la destilación fraccionada del petróleo, la cual a su

vez suministra una serie de productos líquidos como: éter, kerosina, gasolina, aceites, etc., quedando como residuos un asfalto con una riqueza de 99 a 99.8% de betún. Para esto se destila al vacío el aceite bruto durante un tiempo muy corto haciéndose pasar después rápidamente por un serpentín. De esta manera se preparan la mayoría de los betunes de petróleos blandos.

Los petróleos mexicanos dan de un 60-70% de betún, en tanto que los de Venezuela de 40-60% y los rumanos y rusos 5-20%.

También hay que considerar que los petróleos parafínicos están desprovistos de betún, de aquí se puede notar que de la destilación del petróleo se obtienen sustancias no volátiles que pueden ser asfaltos o parafinas según el tipo de petróleo, por lo que se distinguen tres clases de petróleos:

1.- Petróleos de "base asfáltica", que tienen una apreciable cantidad de betún, careciendo casi totalmente de parafinas consistentes.

2.- Petróleos de "base semiasfáltica" conteniendo una mediana cantidad de betún.

3.- Petróleos de "base parafínica" o sea que no poseen betún, conteniendo por lo general parafinas sólidas.

Para poder tener una idea más clara del proceso de destilación que se sigue en la obtención de los productos asfálticos se ilustra con un diagrama de circulación de una refinería típica que produce combustibles, aceites lubricantes y materiales de pavimentación.

POZO DE PETROLEO

ESQUEMA DE FABRICACION DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS

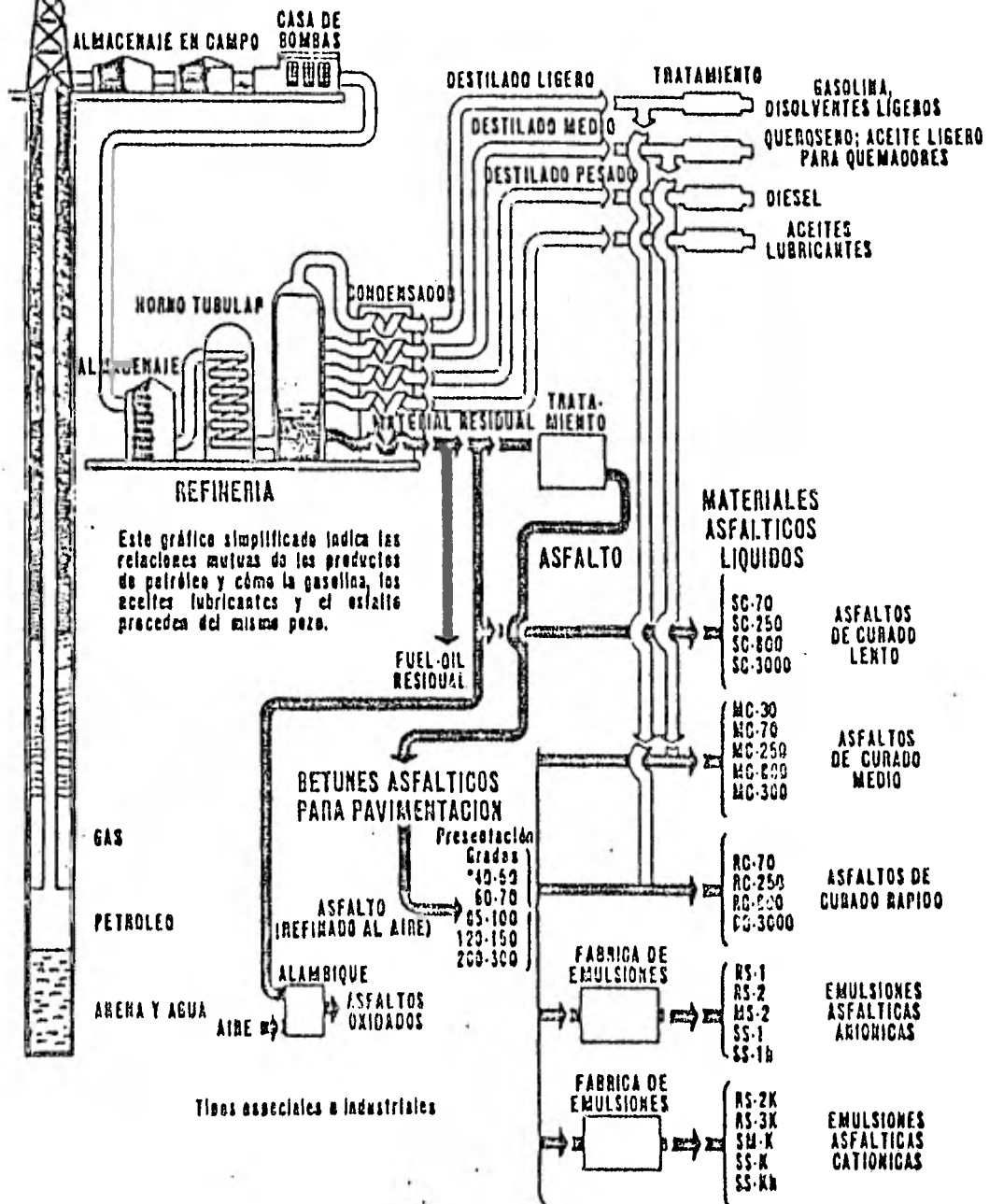
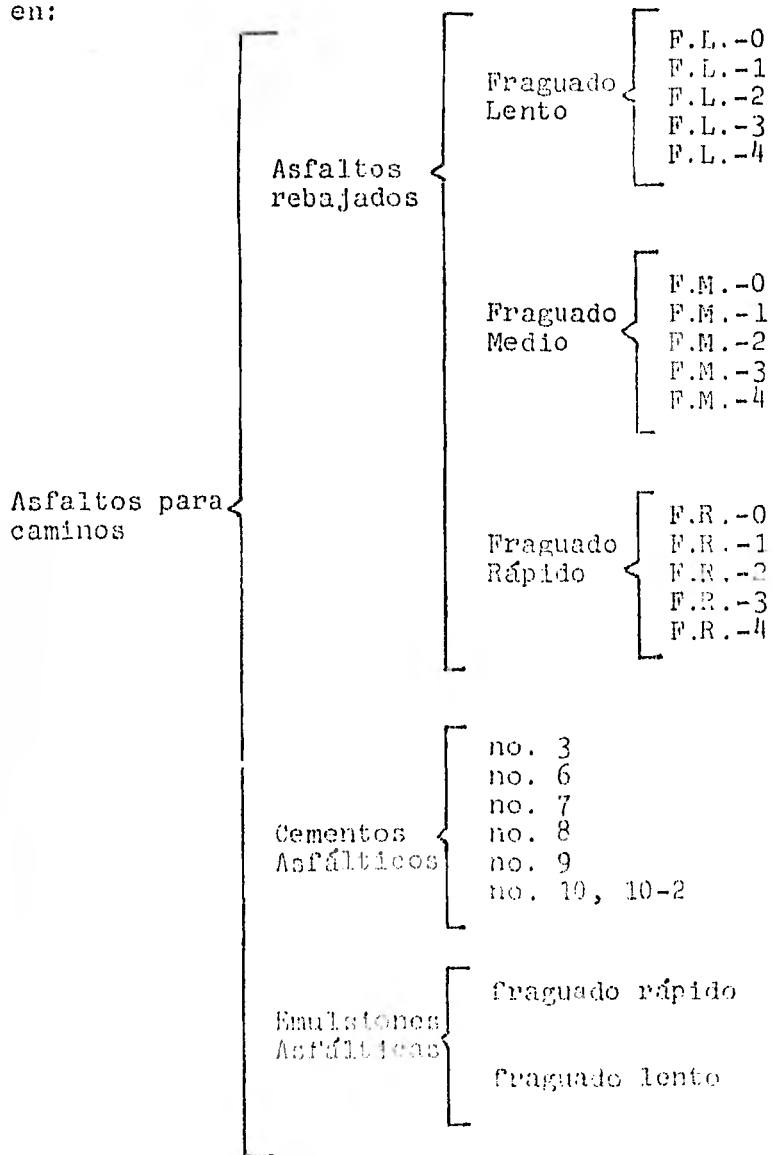


Figura I Diagrama de fabricación de los productos asfálticos.

Como se puede ver en la figura se producen una gran variedad de tipos de asfaltos, que varían desde los sólidos duros y quebradizos hasta líquidos casi tan fluidos como el agua, de ahí que para su estudio y de acuerdo con las especificaciones de la SAHOP y Petróleos Mexicanos, los asfaltos para caminos se clasifican en:



Las características de estos tipos de asfaltos son, breve-

mente como siguen:

Cementos Asfálticos.- Bajo esta denominación se conocen los asfaltos provenientes del petróleo, que son sólidos o semisólidos a la temperatura ambiente.

Los cementos asfálticos se distinguen entre sí por su grado de penetración, entendiéndose por esto la distancia que penetra una aguja de 1mm cuadrado de diámetro cargada con 100 gramos durante 5 segundos a 25 grados sobre cero, en unas probetas de 55 mm de altura, y midiendo en décimas de milímetro la penetración, utilizándose un aparato denominado penetrómetro. De aquí que las especificaciones para los cementos asfálticos sean:

FIGURA 2 "A"

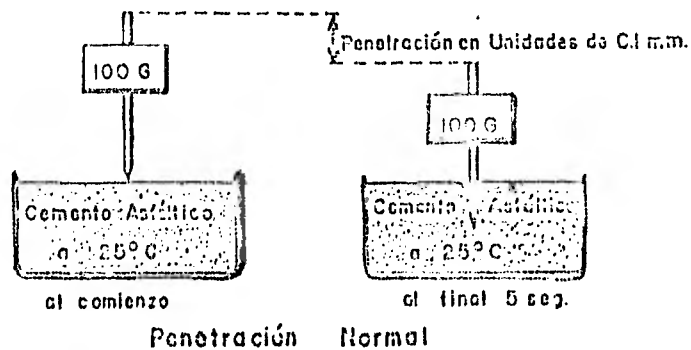


FIGURA 2 "B".

	Penetración a 25°C
1	40-50
2	50-60
3	60-70
4	70-85
5	85-100
6	100-120
7	120-150
8	150-200
9	200-230

Estos son usados como aglutinantes para casi todos los tipos finos de pavimentos asfálticos.

El grado más blando comunmente usado para pavimentos es el de penetración 200-300 y el más duro es de 60-70, siendo el grado 85-100 el más utilizado. Todos los cementos asfálticos son demasiado viscosos por lo que deben ser calentados antes de poder ser mezclados con el agregado y así poder efectuar su colocación.

En años recientes, los productores de asfaltos han reducido gradualmente el número de grados de los materiales para pavimentos con el objeto de bajar costos de producción y distribución. Solamente quedan 5 grados de cementos asfálticos de los nueve que había en existencia. Los cuatro que se descontinuaron cubrieron la gama en la nueva graduación. Por ejemplo, había un cemento asfáltico de penetración 50-60 con propieda-

des intermedias entre los grados 60-70. Siendo éstos los indicados en la figura 1 (Refinería).

Asfaltos rebajados o diluídos.- Entran en este grupo: residuos asfálticos blandos, en que la destilación se ha suspendido antes de extraer todas las sustancias volátiles y los cementos asfálticos fluxados mediante su disolución en distintos tipos de solventes provenientes de la misma destilación del petróleo, los cuales son eliminados por la exposición a las condiciones atmosféricas, dejando como remanente el cemento asfáltico original. Estos asfaltos son los que más se utilizan en la fábrica, se conocen tres tipos de asfaltos diluídos:

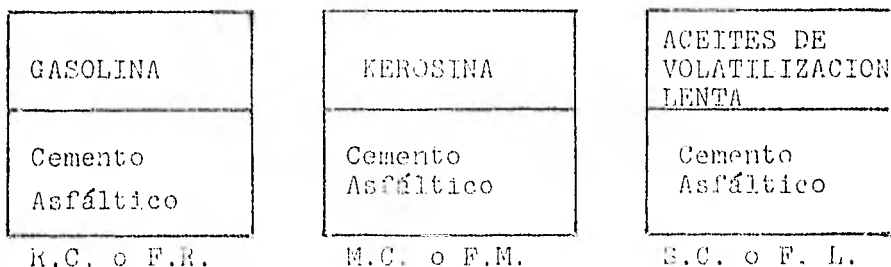
- a) De endurecimiento o fraguado rápido: R.C. o F.R.
- b) De endurecimiento o fraguado medio: M.C. o F.M.
- c) De endurecimiento o fraguado lento: S.C. o F.L.

Además, en cada uno de estos tres grupos, hay sub-grupos que se distinguen por un número, el cual indica la correspondiente viscosidad, que está en función con la cantidad de cemento asfáltico disuelto. Es decir que cuanto más alto es el número indicativo, mayor es el contenido de asfalto con la correspondiente disminución del aceite fluidificante.

En la siguiente tabla se muestran las características de los diversos tipos de asfaltos disueltos:

Tipos	% de Solvente					Tipo de Solvente	Tipo de cemento asfáltico
	0	1	2	3	4		
R.C.	50	40	33	27	22	Gasolina	85-100
M.C.	50	40	33	27	22	Kerosina	120-150
S.C.	60	50	40	30	25	Aceite de Volatilización lenta	85-100

Haciendo una representación gráfica y fuera de escala para observar los componentes de cada uno de los asfaltos diluidos:



Los asfaltos de fraguado o endurecimiento lento.- (SC o FL) son productos líquidos del petróleo que se endurecen muy lentamente, son usados donde se desea casi la misma consistencia del aglutinante durante el proceso y después que ha transcurrido un período de fraguado. Son más fluidos que los cementos asfálticos pero son más viscosos que los aceites lubricantes de grado muy ligero. A estos asfaltos se les conoce también como aceites para caminos.

Los asfaltos de fraguado o endurecimiento medio.- (M.C.o

F.M.) Tienen buenas propiedades humectantes que permiten el revestimiento satisfactorio de los agregados en forma de polvos de graduación fina, y se emplean cuando se desea una mayor fluidez en el momento del tratamiento más bien que después que el camino terminado ha sido curado durante un tiempo.

La consistencia del aglutinante, después que el disolvente se evapora, depende del cemento asfáltico originalmente seleccionado, que es generalmente de 85-100 de penetración.

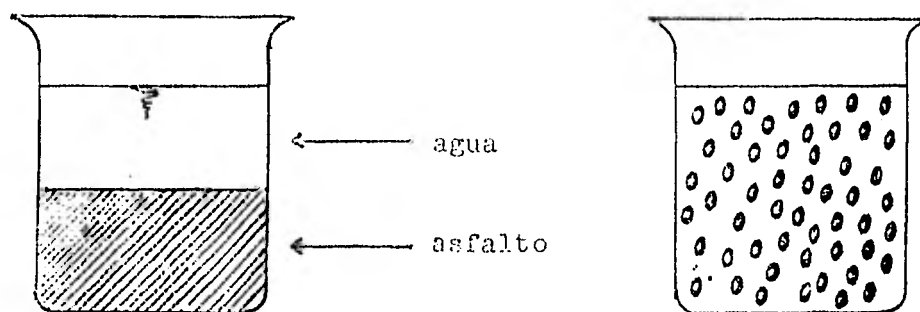
El rango de ebullición de los productos con que se mezclan los cementos asfálticos es de 162 a 274 grados sobre cero (325-525°F) es decir, que se evaporan a una velocidad relativamente baja, de ahí el nombre de fraguado medio.

Asfaltos de fraguado o endurecimiento rápido.- (R.C. o F.R.) Son cementos asfálticos diluídos con gasolina o nafta por lo que el rango de ebullición de estos productos es de 121 a 204°C; por lo que se evaporan rápidamente dando lugar a un endurecimiento rápido.

Estos productos se emplean cuando se desea un cambio rápido del estado líquido de aplicación al cemento asfáltico original.

Emulsiones Asfálticas.- Son productos más baratos que los rebajados a base de aceites fluidicantes, y de más fácil aplicación, ya que ofrecen el asfalto en forma líquida para su aplicación o mezcla a la temperatura ambiente. Definiendo a las emulsiones desde un punto de vista físico-químico:

Es una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, no miscibles entre sí.



Componentes antes y después del proceso de emulsificado.

Dentro de una emulsión, los líquidos que la forman constituyen dos partes que se llaman respectivamente:

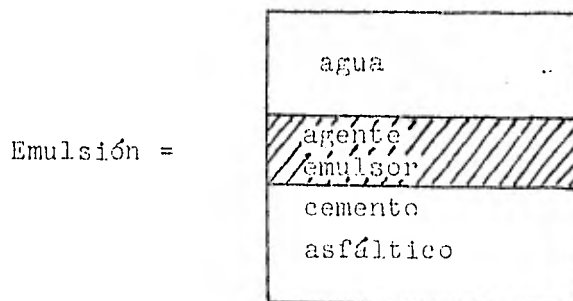
--Fase dispersa o interior, la cual está formada por gotas microscópicas de uno de los líquidos.

--Fase dispersante o continua, está constituida por el otro líquido en el cual no se ha observado división alguna sirviendo como medio de suspensión.

Para evitar que las emulsiones se separen, se requiere agregar a uno de los líquidos una sustancia que venga a modificar las propiedades del sistema, formándose así un sistema de 3 fases. Las sustancias que tienen la propiedad de estabilizar las emulsiones reciben el nombre de agentes emulsionantes, entre los que se incluyen:

El jabón de la gordura y ácidos resinosos, derivados del sebo, gomas, gelatinas, sales amónicas cuaternarias, carbonato

de sodio y bases orgánicas como la piridina.



Pero para lograr una emulsión es necesario que al sistema de tres fases se le force a pasar a través de unos rodillos con muy poco espaciamento o dándole una agitación violenta, agregándole calor al proceso.

Existen dos tipos de emulsiones asfálticas:

- 1.- Emulsión de aceite en agua.
- 2.- Emulsión de agua en aceite.

La diferencia depende de las concentraciones relativas de cada fase. Entendiéndose por concentración el porcentaje en peso, de la fase dispersa con respecto al peso total. Las que más interesan para los pavimentos son las de aceite en agua, por su baja viscosidad a la temperatura ambiente.

Por otro lado el emulsificante define el tipo de emulsión: las aniónicas con carga del glóbulo negativo y las catiónicas con carga positiva. (Ver figuras 3 "A" y 3 "B" en la página siguiente).

Los agentes emulsificantes tienen grupos ácidos y los catiónicos grupos amínicos (sales amónicas cuaternarias).

FIG. 3 "A"

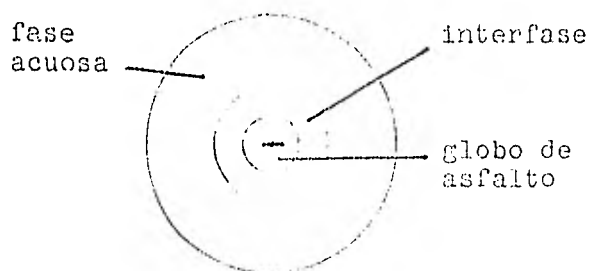
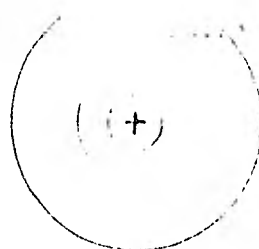
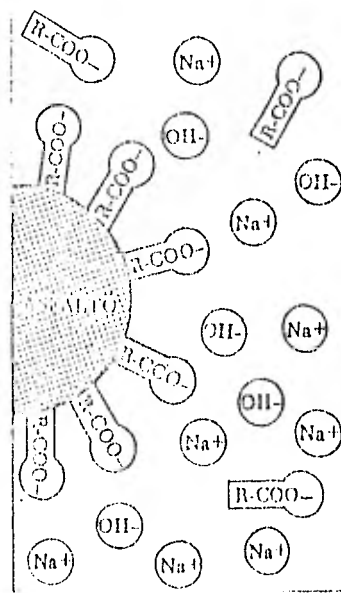
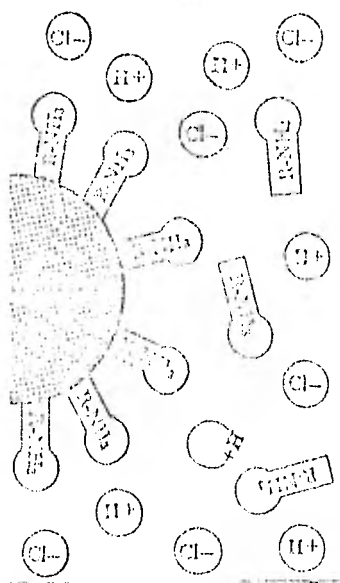


FIG. 3 "B"



ESQUEMA DE UNA EMULSION CATIONICA Y ANIONICA



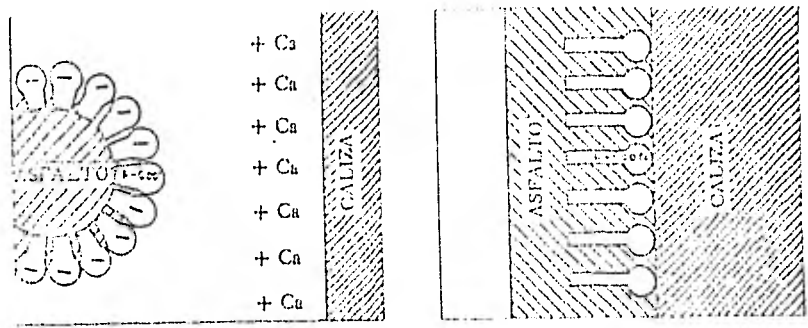


FIG. 4 "A" ACCION DE UNA EMULSION ANIONICA CON UN MATERIAL CALIZO

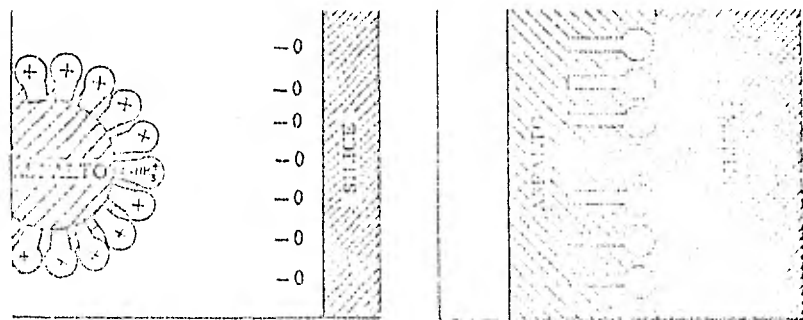


FIG. 4 "B" ACCION DE UNA EMULSION CATIONICA CON UN MATERIAL SILICEO

Cuando una emulsión se encuentra en presencia de una superficie mineral al cabo de un tiempo determinado, deposita sobre una superficie una película de ligante. Este fenómeno se conoce como ruptura. Previamente, la emulsión pasa por un intervalo en el que se concentra su porcentaje de asfalto, para luego perder toda el agua hasta tener una emulsión totalmente rota, imposible de revivirse aun en presencia de humedad. (Ver Figuras 4 "A" y 4 "B" en la página anterior)

Luego existen tres tipos de emulsiones, ya que se conocen por la rapidez relativa cuando se presente el fenómeno y el Instituto del Asfalto los clasifica como:

- a) Ruptura o fraguado rápido (R.S. o F.R.)
- b) Ruptura o fraguado medio (M.S., no existente en el país)
- c) Ruptura o fraguado lento (S.S. o F.L.)

La principal condición que debe satisfacer una emulsión asfáltica es su estabilidad, es decir su resistencia a la coagulación y sedimentación; en las emulsiones correctamente fabricadas no se observa coagulación alguna aun después de un largo tiempo de reposo; pero la falta de estabilización adecuada, la insuficiente agitación durante el mezclado de fabricación a baja temperatura, el uso de un asfalto inapropiado pueden permitir la coagulación antes de su aplicación. Cuando en las emulsiones asfálticas se observa sedimentación debido a un gran período de reposo, basta con agitar la emulsión antes de

su aplicación para no tener problemas.

Estos productos son de un color chocolatoso y con un alto contenido de agua (40-50%), el cual le da a las emulsiones grandes ventajas sobre los otros materiales bituminosos que se trabajan en caliente, ya que utilizando las emulsiones se evitan equipos costosos, logrando así cubrir el material pétreo de los pavimentos con capas muy delgadas y más completas que con asfaltos en caliente. El agua de las emulsiones asfálticas se elimina por evaporación o por absorción, ya que una vez que se ha regado sobre la base de un camino el contenido de agua empieza a infiltrarse o a evaporarse, quedando el asfalto en posibilidad de fraguar.

Asfaltos espumosos.- Se producen cuando se inyecta vapor saturado a un asfalto más duro. Por ejemplo, un cemento asfáltico de penetración 85-100 puede ser cambiado a penetración 200-300 con este procedimiento. Este proceso es llevado a cabo antes de mezclar el agregado y el aglutinante, ya sea en planta o en el lugar del camino.

Asfaltos oxidados o acreados.- Se producen haciendo pasar aire a través de los materiales asfálticos calentados. Teniendo un punto de reblandecimiento superior a los asfaltos normalmente refinados de penetración comparable, lo que los hace adecuados para revestimientos de techos y otras aplicaciones. Su uso en carreteras está limitado en gran parte a la impermeabilización de estructuras y el relleno de juntas en pavimentos de concreto.

Haciendo referencia a la clasificación de los productos bituminosos, se puede hablar brevemente de los alquitranes y las breas; son sustancias que se obtienen industrialmente ya sea como productos principales o subproductos de:

- La hulla;
- La madera;
- Los huesos; y
- Algunos aceites vegetales.

La utilización de los alquitranes y breas en la pavimentación depende fundamentalmente de su costo, por lo que en los países en los que se les produce abundantemente (Estados Unidos) son usados con frecuencia, en tanto que entre nosotros su aplicación es prácticamente nula.

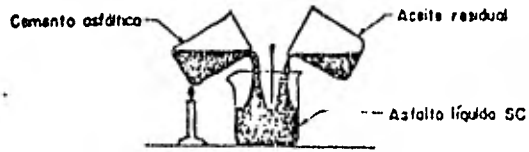
Los alquitranes utilizados en pavimentación se reconocen por las siglas R.T. seguidas de un número indicador de su viscosidad relativa.

Las breas tienen en pavimentos un uso similar al de los cementos asfálticos duros. Por lo que su utilización más frecuente es en el relleno de juntas y fabricación de juntas pre-moldeadas para pavimentos rígidos.

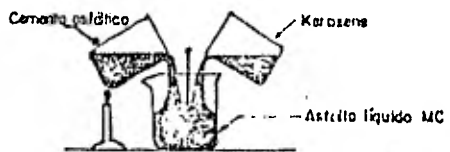
Los asfaltos deben cumplir con un cierto control de calidad para lo cual existen diversas pruebas, de las cuales es conveniente conocer las principales:

- Prueba de penetración.-- Se utiliza para reconocer los

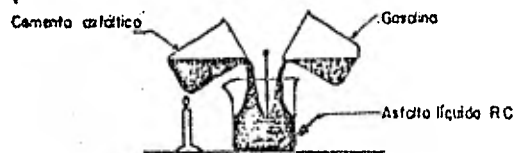
Preparación de diversos materiales bituminosos



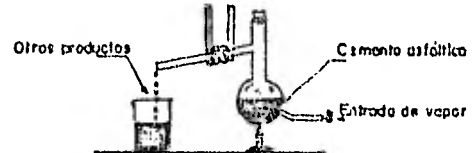
Preparación de Asfalto líquido de cura lenta



Preparación de Asfalto "Cut-Back" de cura media



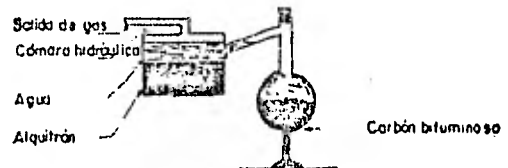
Preparación de Asfalto "Cut-Back" de cura rápida



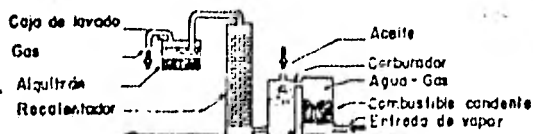
Preparación de Cemento Asfáltico



Preparación de Asfalto emulsionado



Preparación de Alquitrán de Carbón

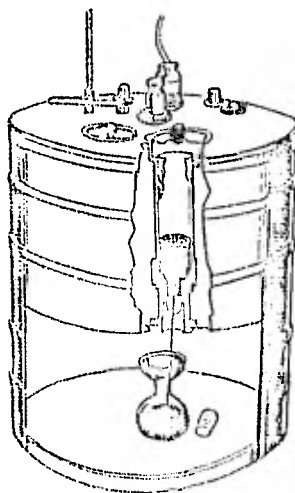


Preparación de Alquitrán de gas de agua

diferentes tipos de cementos asfálticos; su realización ya se ha explicado al hablar de estos materiales.

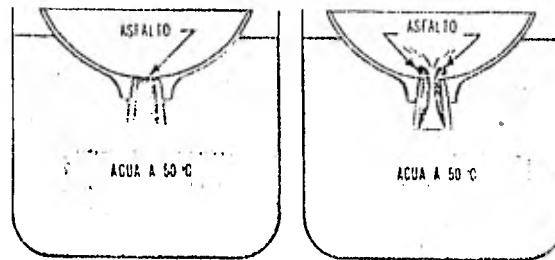
--Prueba de Viscosidad. . Consiste en medir el tiempo que demora un líquido en pasar por un orificio de sección determinada.

El aparato donde se efectúa la prueba, se llama "viscosímetro", y en la figura se representa uno de esos aparatos del tipo Saybolt-Furo; la temperatura a que opera es fundamental y en las tablas de especificaciones para asfaltos diluidos, que se anexan, están las indicaciones pertinentes.



--Prueba de Flotación.- Se efectúa con los residuos de la destilación de los asfaltos diluidos; esta prueba viene siendo una modificación de la prueba de viscosidad, y se usa porque los residuos de la destilación son, de ordinario, demasiado blandos para usar el penetrómetro, o en muy pequeña cantidad,

para usar el viscosímetro Saybolt-Furol. Su significado, en consecuencia, se limita a una interpretación de la consistencia del producto, por lo que también se le conoce como: prueba de consistencia.

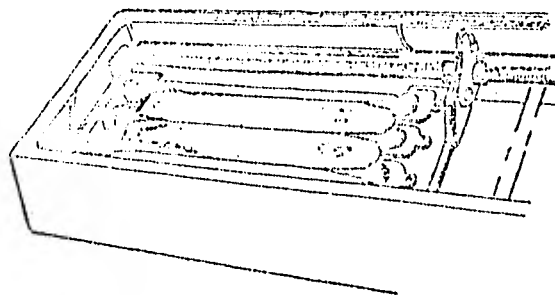


En la figura representativa de la prueba, se tiene un "tapón" de residuo asfáltico el cual es solidificado en el orificio del fondo del "plato de flotación", para lo cual se baja la temperatura a 5°C; luego se coloca el plato de flotación en un recipiente con agua a 50°C, y se mide el tiempo que el agua demora en entrar al plato a través del tapón.

--Prueba de ductilidad.- Esta es una característica muy importante de los cementos asfálticos. El que los asfaltos tengan o no ductilidad en cualquier circunstancia, es más importante que el grado de ductilidad actual.

Los cementos asfálticos que tienen ductilidad, poseen, normalmente mayor poder cementante que los que lo tienen en menor grado.

Esta propiedad es medida en los "ductilómetros", que son instrumentos semejantes al de la figura:



Prueba de Ductilidad

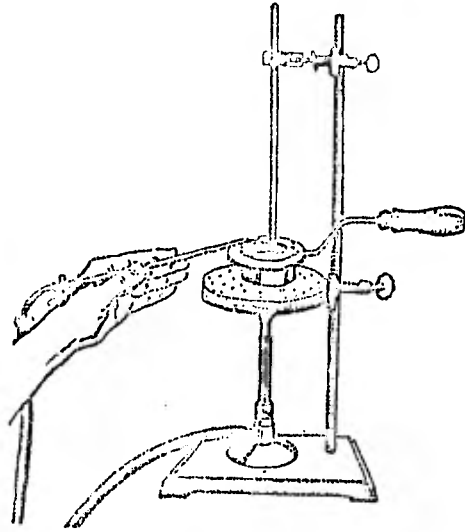
Para la prueba se forma un conglomerado en forma de ladrillo, de cemento asfáltico, en condiciones determinadas de temperatura. Luego se procede a colocar el conglomerado en la caja del "ductilómetro", que contiene agua. Se eleva la temperatura del agua al grado necesario y se procede a distender el asfalto, estirándolo, por medio del mecanismo móvil de aparato, con una velocidad determinada, hasta que el conglomerado se rompa, la longitud distendida en centímetros, hasta el momento de rotura es la que se designa como: ductilidad.

--Punto de inflamación.-- Esta prueba nos indica la temperatura hasta la cual puede ponerse un asfalto con seguridad.

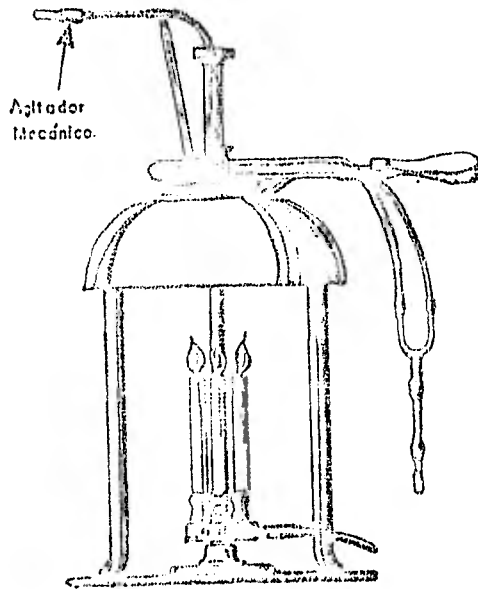
Para esta prueba hay dos tipos de aparatos:

- a) El tipo Cleveland de vaso abierto.
- b) Tip Pensky-Martens, se diferencia, en que el recipiente en que se coloca el asfalto, tiene un dispositivo que lo cierra. (Ver dibujos en la página 24)

El proceso de la prueba, en ambos, es el mismo: se llena



Aparato para prueba del punto
de Inflamación de Vaso Abierto
Tipo Cleveland



Aparato de prueba de Punto
de Inflamación Tipo
Ponckey - Mariens

el recipiente o vaso con el asfalto y se calienta a determinada temperatura. Periódicamente se aplica a la superficie de la muestra una llama. La temperatura a la cual hay una cantidad de gases suficiente para producir una pequeña explosión, se le conoce como punto de inflamación.

--Prueba de la destilación.- La destilación es usada para determinar la cantidad relativa de cemento asfáltico y de solvente que haya en un asfalto diluido. se van tomando en cuenta las cantidades de solvente que destilan a diversas temperaturas, ya que ello indica las características de evaporación del solvente. Siendo esto, un indicio del tiempo que demorará el endurecimiento del asfalto.

La prueba se hace poniendo una cantidad de asfalto diluido, en un frasco de destilación, conectado con un condensador.

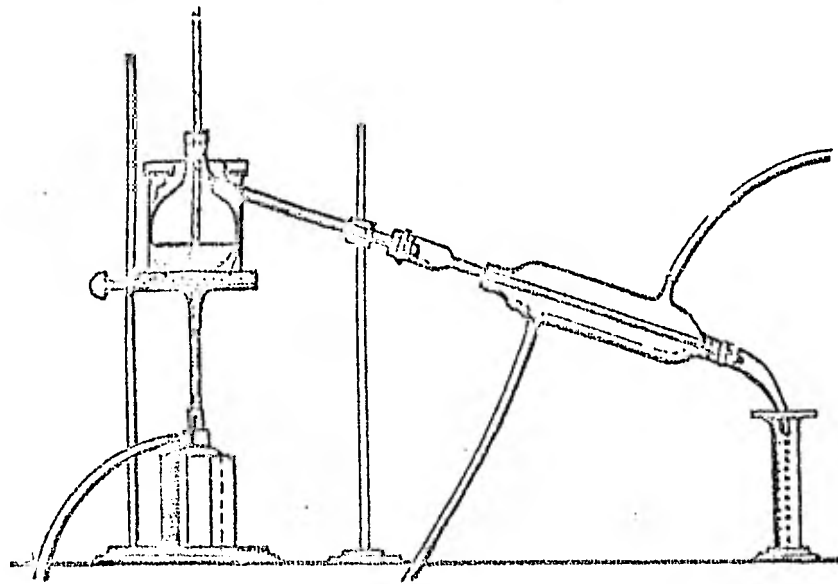
El asfalto se va elevando de temperatura y las cantidades de solvente evaporadas a diversas temperaturas se anotan.

Después de alcanzar la temperatura de 360°C, se determina la cantidad de asfalto remanente y se expresa como un porcentaje del volumen de la muestra original.

Un esquema del equipo utilizado para la prueba se observa en la figura que aparece al principio de la siguiente página.

--Prueba del punto de ablandamiento.- Esta prueba consiste en suspender un anillo de bronce que contiene la muestra, en agua mantenida a determinada temperatura.

Se coloca una bolilla de acero, sobre el material bitumi-

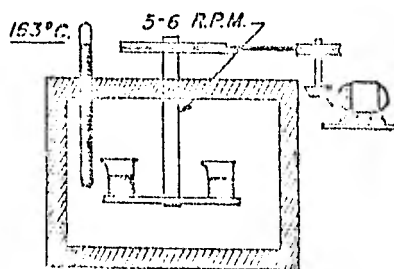


PRUEBA DE DESTILACION

noso y el agua se calienta a razón de $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$. La temperatura a la cual, el material bituminoso ablandado, alcanza el fondo del recipiente, es el que se conoce como punto de ablandamiento.

--Pérdida por calentamiento.-- Sirve para determinar la volatilidad de los asfaltos, por el método del calentamiento. El propósito de la prueba es, con respecto a los cementos asfálticos, determinar la pérdida de peso que experimentan al ser calentados y establecer los cambios de la penetración que sufren ante el calentamiento prolongado.

La experiencia se lleva a cabo, sometiendo unos 50 gramos de material bituminoso, durante 5 horas a la acción del calor en un horno que mantenga la temperatura de 163°C .



PERDIDA POR CALENTAMIENTO.

--Prueba de solubilidad.-- Determina la cantidad de betún que contenga un material bituminoso como: cemento asfáltico, asfalto diluido o un alquitrán.

La cantidad del material bituminoso que es soluble en bisulfuro de carbono, representa la parte activa del material en referencia. Aunque en la prueba se utiliza tetracloruro de carbono ya que no es inflamable y da los mismos resultados.

La determinación de la solubilidad es, en realidad un proceso simple de solución del material bituminoso y la separación de las materias insolubles.

Estas pruebas están referidas a las normas de la ASTM (Sociedad Americana para probar Materiales) y la AASHO (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Públicas), ya que las especificaciones mexicanas, en un principio, fueron una copia exacta de las de normas ASTM; ya que eran suficientes para las necesidades que se tenían en ese momento. Pero por causas no justificadas, estas especificaciones siguen rigiendo en México y están publicadas en la parte octava, libro primero de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, SAHOP; pero se están modificando basados en diez años de experiencia y recopilación de datos.

Se anexan al final las tablas con las especificaciones para los materiales bituminosos.

III. TIPOS DE PAVIMENTOS ASFALTICOS Y SU ELABORACION.

Debido a que los pavimentos deben dar seguridad y rapidez a los transportes, resistiendo además las fuerzas erosionales, deben ser estables por lo cual se forman de una combinación de agregados minerales y un material bituminoso. Ya que los agregados minerales forman del 88 al 96% del peso de un pavimento o algo más del 75% de su volumen, los trataremos primero.

Los materiales más comunes son la piedra partida o la escoria, la grava triturada o no triturada y la arena; a veces se emplea también, material de relleno finamente dividido. Estos agregados deben ser de calidad uniforme, triturados a tamaño según sea necesario, y deben estar compuestos de piedras sólidas, duras y duraderas. Todo el material debe estar libre de arcilla, material vegetal y otras sustancias perjudiciales así como de un exceso de piezas largas o aplanadas. La escoria debe de ser de alto horno enfriada al aire, de densidad y calidad razonablemente uniforme, teniendo cuidado de separar el material fino antes de triturarse.

El agregado, en toda carpeta asfáltica, contribuye a su estabilidad mecánica, soportando el peso de los vehículos, al mismo tiempo que transmite las cargas a la sub-base a una presión reducida. Constituyen también a causa del gran tonelaje empleado en la construcción de carpetas asfálticas, un elemento muy costoso, teniendo como factor principal el acarreo; por esta razón es necesario el seleccionarlo, buscando la economía con relación al servicio que ha de prestar la carpeta asfálti-

ca. Por lo que se han de considerar los agregados de la localidad, estudiando su costo de preparación, y comparándolos con el de agregados distantes que requieran costos de transporte.

Los agregados minerales para pavimentos asfálticos se pueden clasificar en tres grupos:

- 1.- Materiales Naturales que no requieren ningún tratamiento, tales como: arenas de río, limos para mejoramiento, gravillas con arenas, arenas graníticas, areniscas, etc.
- 2.- Materiales Naturales o escorias de fundición los cuales requieren un tratamiento previo de cribado o trituración.
- 3.- Mezclas de materiales del grupo 1, del grupo 2 o de ambos.

La selección de los agregados minerales queda determinada por:

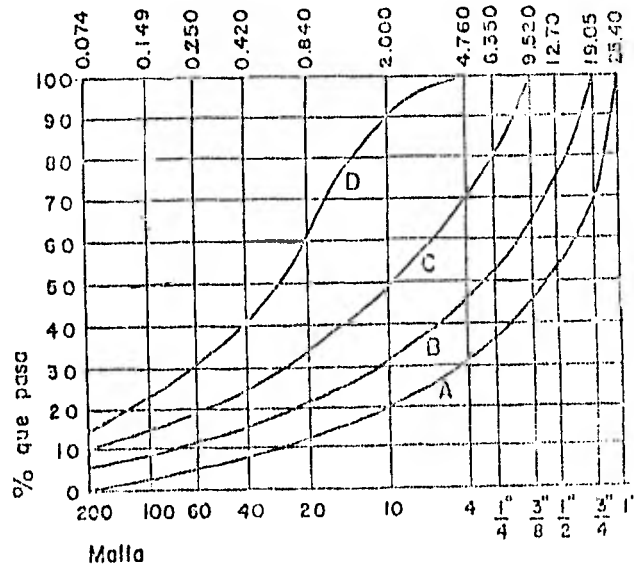
- Su granulometría
- Su resistencia al desgaste
- Su sanidad o estabilidad
- Su pureza y limpieza
- Sus propiedades superficiales o afinidad con los asfaltos.

En la granulometría, se puede afirmar que existe una mayor estabilidad de los materiales sueltos cuando se alcanza su mayor compacidad, para lo cual se requieren una sucesión de tamaños, de tal manera que los huecos dejados por las partículas mayores sean ocupados por partículas de menor tamaño, y que a su vez los huecos que dejan éstas sean cubiertos por partículas más finas.

La granulometría queda determinada por la separación, mediante tamices (cribas) de abertura cuadrada de los diversos tamaños de el agregado, pesando las cantidades retenidas en cada criba, con el fin de relacionar dichos retenidos como un porcentaje de la muestra total.

La composición obtenida representa la distribución de los diferentes tamaños que componen el agregado mineral.

La gráfica que se muestra, tomada de las especificaciones generales de construcción de SAHOP, representa diferentes zonas granulométricas entre las cuales puede quedar la curva representativa del material que se está seleccionando para el pavimento asfáltico; se aconseja que el tamaño máximo del agregado sea menor que dos tercios del espesor de la carpeta.



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLA	CURVA "A" % que pasa	CURVA "B" % que pasa	CURVA "C" % que pasa	CURVA "D" % que pasa
1"	100			
3/4"	70	100		
1/2"	53	77		
3/8"	45	65	100	
1/4"	37	54	81	
No. 4	32	47	70	100
No. 10	20	32	43	90
No. 20	12	22	33	63
No. 40	8	16	24	43
No. 60	5	12	19	33
No. 100	3	9	15	25
No. 200	0	5	10	15

- Datos de Laboratorio para las Curvas Granulométricas Ideales

En lo que respecta a la resistencia al desgaste, se necesita que para que un material grueso granular sea satisfactoria para poder integrar un pavimento asfáltico, es necesario que tenga suficiente tenacidad para resistir la acción del planchado durante la construcción y la acción del tránsito sin que sufra fracturas bajo las cargas impuestas.

Los ensayos normales para determinar el porcentaje de desgaste son:

- a) Prueba de golpeo de Los Angeles (AASHO, Designación T96-60oAS TM C131). Fig.III.1.
- b) Prueba de Abrasión de Deval (AASHO, Designación T3-35 y T4-35 o ASTM D2 y D389).

Siendo la primera la más utilizada ya que da una mejor indicación del comportamiento del agregado bajo la acción de las

cargas rodantes.

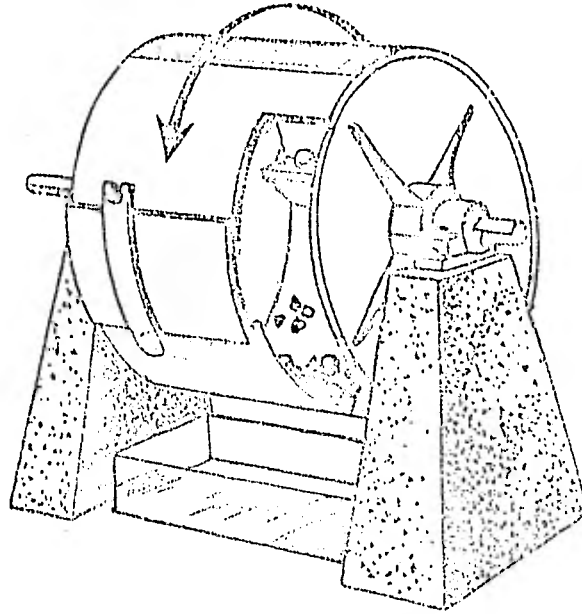


Fig. III.I. Ensayo Los Angeles

--Sanidad o Estabilidad.- El agregado debe ser resistente y estable a la acción intempérica y los que no resisten a esta acción se consideran defectuosos. Mide la resistencia de los áridos a la disgregación por soluciones saturadas de sulfato de sodio o magnesio.

La maquinaria y procedimientos para la realización de esta prueba se detallan en los métodos AASHO, T104 y ASTM C 88.

--Pureza y Limpieza.- Los agregados que van a utilizarse en la construcción de carpetas asfálticas, deben estar limpios de polvos y sin contaminación de sustancias orgánicas, arcillas, etc., ya que las mezclas resultarían de mala calidad debido a posibles alteraciones futuras. En ocasiones con una observación visual

directa resulta suficiente para determinar la calidad de los agregados, pero se recomienda un lavado y una prueba granulométrica.

--Fricción Interna.- Debido a su forma los agregados presentan una mayor o menor resistencia al deslizamiento de sus partículas bajo la acción de una carga rodante. Esta resistencia hecha por el acunamiento de los agregados es conocida como fricción interna.

Las escorias de altos hornos presentan una fricción interna muy alta por su facilidad de acunamiento y la gran fricción superficial entre sus partículas; los basaltos y calizas de buena calidad, y bien triturados producen una gran fricción interna también. La determinación de esta fricción de los agregados no se realiza únicamente con ellos, sino que se determina por la estabilidad que presenta la carpeta asfáltica.

--Propiedades superficiales o afinidad con los asfaltos.- No todos los agregados se adhieren con la misma facilidad al material bituminoso, por ejemplo los basaltos, calizas y dolomíticas tienen una alta afinidad con los materiales bituminosos, y son denominados: "Hidrófobos". En tanto que los agregados de naturaleza silicea, como la cuarcita presentan gran dificultad para ser cubiertos por el asfalto, desprendiéndose con facilidad de él, a estos materiales se les conoce como "Hidrófilos".

Si el agua presenta mayor afinidad que el asfalto para el agregado, será atraída hacia la superficie de la partícula desalojando al asfalto, quedando destruida la adherencia entre

ambos materiales, provocando fallas en los pavimentos asfálticos.

No sólo es importante el ensayar el asfalto y los agregados por separado, sino que deben realizarse pruebas sobre combinaciones de estos materiales hasta poder establecer las proporciones y características adecuadas para la combinación o mezcla. Para esto existen diversos ensayos los cuales se mencionan a continuación:

a) Método Marshall.- Puede emplearse esta prueba para proyecto en laboratorio y comprobación, en la obra de las mezclas que contengan asfalto y agregados cuyo tamaño máximo no exceda 1".

Las principales características de la prueba son el análisis densidad-huecos y los ensayos de estabilidad y fluencia sobre probetas de mezcla compactada.

La maquinaria y procedimientos necesarios para esta prueba se describen en el método ASTM D1559.

b) Método de Hvcem.- Tanto para proyectos y comprobación de mezclas asfálticas; comprende las tres pruebas siguientes:

- 1.- Prueba del estabilómetro.
- 2.- Prueba del cohesiómetro.
- 3.- Prueba del equivalente centrífugo en querosena CKE (determinación del contenido de asfalto óptimo).

Estas pruebas se emplean para proyectar mezclas en el laboratorio. En tanto que el CKE se usa también como prueba de obra.

Los ensayos del estabilómetro y del cohesiómetro son aplicables a mezclas que contengan betún asfáltico: asfaltos líquidos y agregados cuyo tamaño máximo no exceda de 1".

Los aparatos y procedimientos se describen en el ASTM D1561.

c) Método Hubbard'Field.- Es un método empleado para el proyecto en Laboratorio de mezclas asfálticas, para pavimentación. El procedimiento se desarrolló originalmente para el proyecto de mezclas para pavimentación de tipo arena-asfalto, empleando betunes asfálticos, en la que todos los agregados pasarán por la malla número 4 y al menos el 65% por la número 10. Las partes principales del ensayo son un análisis densidad-huecos y un ensayo de estabilidad. Los aparatos y procedimientos para la realización de estos ensayos se describen en los métodos ASTM D1138 y AASHO T169.

d) Método Triaxial.- Esta prueba se utiliza fundamentalmente para investigación sobre mezclas asfálticas, y rara vez para proyectos o ensayos de rutina.

Los aparatos y procedimientos de esta prueba están descritos en: Mix Design Methods for hot mix Asphalt Paving, M.S. número 2, publicado por el Instituto del Asfalto.

e) Densidad.- La densidad o peso unitario de una mezcla asfáltica para pavimentación se determina con las siguientes finalidades.

1.- Obtener un punto de partida para calcular el porcentaje de huecos y huecos rellenos de asfaltos en las mezclas compactadas.

2.- Dar una indicación del contenido de asfalto óptimo en algunos procedimientos de proyecto de mezclas.

3.- Fijar una base para controlar la compactación durante la construcción del pavimento asfáltico.

El método se describe en ASTM D1188.

f) Destilación de la humedad y sustancias volátiles.- En ocasiones es conveniente saber la cantidad de humedad y/o sustancias volátiles en una mezcla asfáltica para pavimentación, especialmente cuando se emplean asfaltos líquidos.

El procedimiento se describe en ASTM D1461.

De acuerdo con los materiales empleados y los procedimientos de construcción, los pavimentos asfálticos se clasifican en dos grupos principales, los que a su vez se subdividen:

I.- Carpetas construidas a base de mezclas:

- a) Sistema de mezclas en planta (estacionarias o móviles).
- b) Sistemas de mezclas en el lugar.

II.- Carpetas construidas a base de riegos:

- a) Tratamiento de un sólo riego.
- b) Tratamiento de riegos múltiples.
- c) Macadam de Penetración.

El primer grupo ha sido seleccionado para un tránsito pesado, y agrupa a todos los pavimentos construidos a base de mezclas asfálticas, quedando dentro los concretos asfálticos, que son elaborados en caliente.

El término concreto asfáltico nos indica una combinación de agregados calientes, granulados gruesos y minerales finos premezclados con cementos asfáltico caliente. Estos concretos asfálticos se utilizan para la formación de carpetas mediante su tendido y compactación.

Estas carpetas se seleccionan para los pavimentos de más alta calidad, tales como: autopistas, caminos de tránsito pesado, aeropistas y pavimentación de ciudades de intenso tráfico. Este concreto debe ser elaborado en plantas estacionarias en las que los agregados y el cementante puedan ser controlados de una forma más rigurosa.

Los agregados minerales deben cumplir con las siguientes especificaciones de la SAHOP para poder ser utilizados en este tipo de carpetas:

TABLA DE ESPECIFICACIONES PARA LOS
AGREGADOS PARA CONCRETOS ASFALTICOS

MALLA	% PASANDO
25 mm (1")	100
9.5 mm (3/8)	65 - 100
4.75 mm (Núm. 4)	49 - 70
0.42 mm (Núm. 40)	18 - 25
0.074 mm (Núm. 200)	5 - 10
% Contracción lineal	2 máx
Desgaste Los Angeles	40 máx
Partículas alargadas	35 máx
Equivalente de arena	35 mín

Y las mezclas de concreto asfáltico deberán cumplir con las siguientes especificaciones de SAHOP:

Valor de	Hasta 2 000 vehículos pesados	Más de 2 000 vehículos pesados
Estabilidad Marshall	450 kg mín	700 kg mín
Flujo en mm	2.0 a 4.5	2 a 4
*Vacíos en la mezcla respecto al volumen del espécimen %	3 a 5	3 a 5
Vacíos en el agregado (VAM) respecto al volumen del espécimen de mezcla	Tamaño máx %	Tamaño %
	Núm. 4 18	Núm. 4 18
	1/4" 17	1/4" 17
	3/8" 16	3/8" 16
	1/2" 15	1/2" 15
	3/4" 14	3/4" 14
	1" 13	1" 13
% de compactación	95 mínimo	
Permeabilidad	Menor de 10%	

* Los vacíos en las bases asfálticas son de 3 a 8%.

Los vacíos exigidos tienen como finalidad el dar flexibilidad a la carpeta, en tanto que la cantidad de asfalto está en función del área superficial por unidad de peso de los agregados y de la afinidad que tenga con dichos agregados. En este tipo de carpetas se busca que los agregados tengan una gran fricción interna, mediante la cual contrarresten los movimientos que pudieran provocar las cargas rodantes.

La preparación de esta mezcla requiere, como ya se mencionó, de una planta que garantice la uniformidad de ella; para esto hay dos tipos generales de plantas:

--Discontinuas

---Contínuas

Las primeras producen el concreto asfáltico en cantidades limitadas dependiendo de la capacidad que tenga el recipiente donde se hace el mezclado; el ciclo de operación de estas plantas comprende:

- El pesar a los materiales por separado.
- El mezclado de los materiales.
- La descarga sobre los vehículos transportadores.

(Ver Fig. planta discontinua, Fig. III-2).

Las plantas continuas producen la mezcla, mientras se les estén suministrando los materiales para poder hacerla, ya que en estas plantas los agregados y el asfalto se introducen continuamente en el mezclador, por lo que la mezcla terminada está saliendo continuamente a los vehículos para su transportación a la obra.

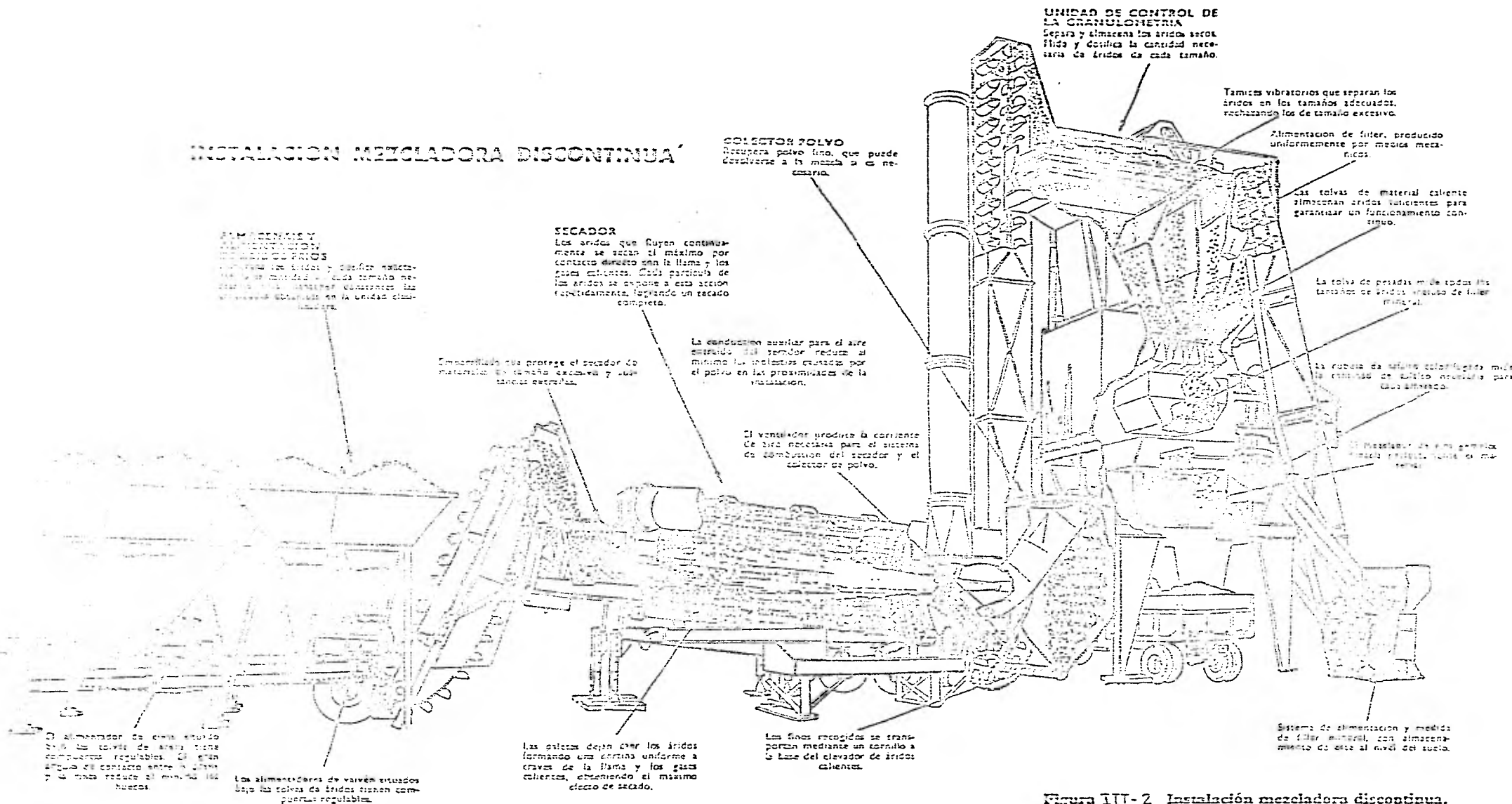
(Ver Fig. planta continua, Fig. III-3).

Los dos tipos de plantas producen concretos de muy alta calidad, por lo que su selección depende del volumen requerido para obras.

Estas plantas deberán tener:

- Secador inclinado, colocado antes de las cribas y con una capacidad para secar una cantidad de agregados igual o mayor que la capacidad de producción de la planta.
- Un pirógrafo, a la salida de el secador, para poder medir la temperatura de los agregados.
- Cribas que puedan clasificar a los agregados en 3 tamaños, dando una capacidad de mantener en las tolvas, siempre a los agregados.
- Tolvas para poder almacenar a los agregados y protegerlo de las lluvias y el polvo.

INSTALACION MEZCLADORA DISCONTINUA



ALIMENTACION Y ALIMENTACION DE LOS CILINDROS
 Los cilindros de los tamices y el sistema de alimentación de los cilindros de los tamices de la unidad de control de la granulometría.

SECADOR
 Los áridos que fluyen continuamente se secan al máximo por contacto directo con la llama y los gases calientes. Cada partícula de los áridos se expone a esta acción repetidamente, logrando un secado completo.

Impermeabiliza sus protejas el secador de material de tamaño excesivo y sus tamices estrechos.

La conducción auxiliar para el aire entrado al secador reduce al mínimo las pérdidas causadas por el polvo en las proximidades de la instalación.

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

UNIDAD DE CONTROL DE LA GRANULOMETRIA
 Separa y almacena los áridos secos, fijos y define la cantidad necesaria de áridos de cada tamaño.

Tamices vibratorios que separan los áridos en los tamaños adecuados, rechazando los de tamaño excesivo.

Alimentación de filler, producido uniformemente por medios mecánicos.

Las tolvas de material caliente almacenan áridos suficientes para garantizar un funcionamiento continuo.

La tolva de pesadas mide todos los tamaños de áridos antes de filler mineral.

La rubeca de nylon color negro mide la cantidad de filler necesario para cada áridos.

El mezclador de áridos garantiza una mezcla homogénea de los áridos.

El alimentador de áridos situado en la tolva de áridos tiene compensación regulable. El ángulo de contacto entre el áridos y el filler reduce al mínimo las pérdidas.

Los alimentadores de varillas situados bajo las tolvas de áridos tienen compensación regulable.

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

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

Sistema de alimentación y medida de filler mineral, con almacenamiento de éste al nivel del suelo.

Figura III-2 Instalación mezcladora discontinua.

INSTALACION MEZCLADORA DISCONTINUA

ALMACENAJE Y ALIMENTACION DE ARIDOS FRIOS

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

Emparrillado que protege el secador de materiales de tamaño excesivo y sustancias extrañas.

SECADOR

Los áridos que fluyen continuamente se secan al máximo por contacto directo con la llama y los gases calientes. Cada partícula de los áridos se expone a esta acción repetidamente, logrando un secado completo.

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

La conducción auxiliar para el aire extraído del secador reduce al mínimo las pérdidas causadas por el polvo en las proximidades de la instalación.

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

El alimentador de cinta situado bajo las tolvas de arena tiene compuertas regulables. El gran ángulo de contacto entre la arena y la cinta reduce al mínimo los huecos.

Los alimentadores de válvula situados bajo las tolvas de áridos tienen compuertas regulables.

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

Las finas recogidas se transportan mediante un tornillo a la base del elevador de áridos calientes.

UNIDAD DE CONTROL DE LA GRANULOMETRIA
Separa y almacena los áridos finos y dosifica la cantidad de áridos de cada tamaño.

Figura III-

DISCONTINUA

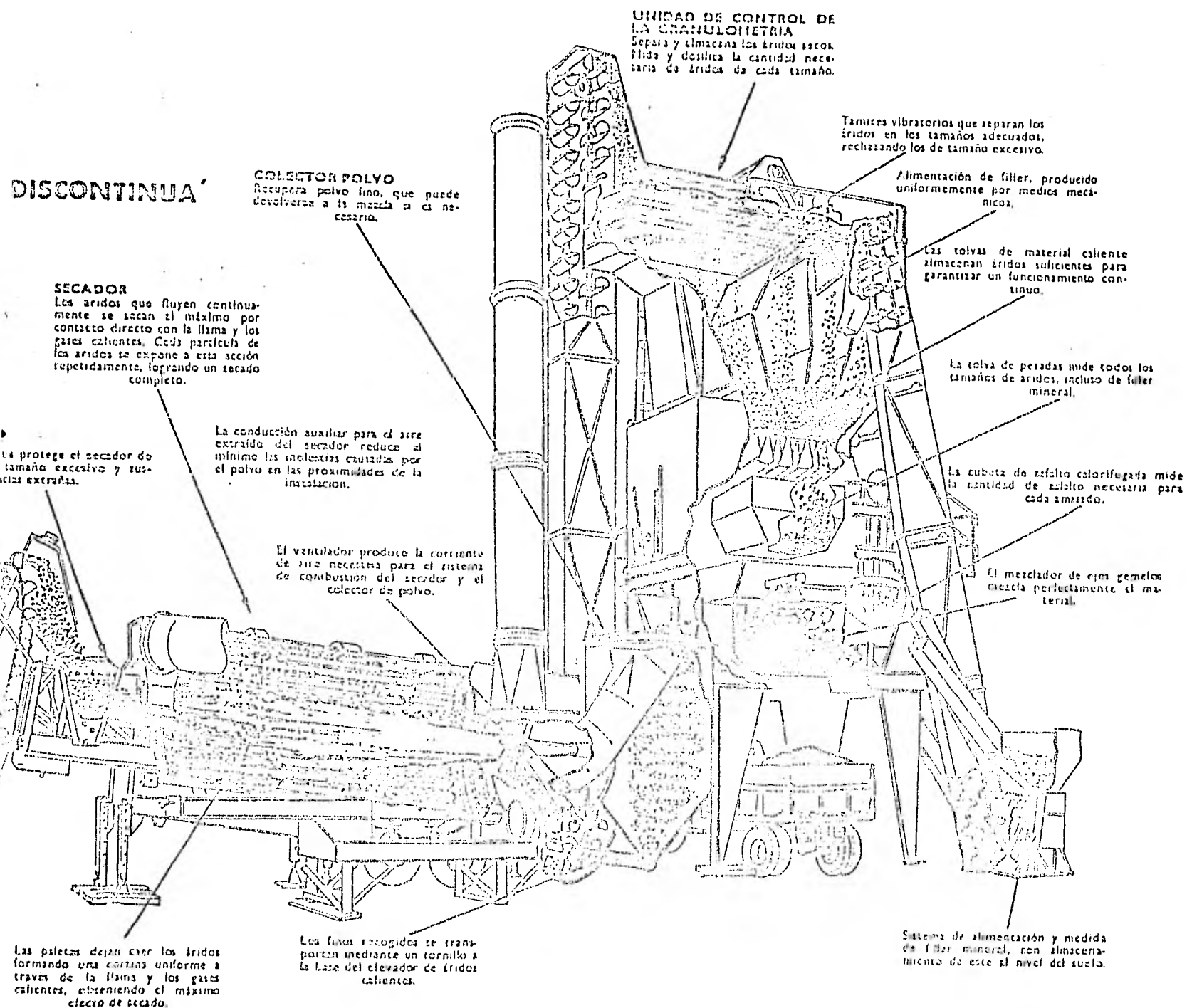


Figura III-2 Instalación mezcladora discontinua.

INSTALACION MEZCLADORA CONTINUA

ALIMENTACION Y SELECCION DE TAMAÑOS FINOS
Alimenta las áridas suministrando exactamente la cantidad de cada tamaño para mantener el equilibrio sobre los conductos en la unidad mezcladora.

SECADOR
El conducto de áridas recibe la máxima acción de secado por contacto directo con la flama y los gases calientes. Cada partícula de las áridas se expone repetidamente a esta acción, obteniendo el máximo efecto de secado.

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

UNIDAD DE CONTROL DE LA GRANULOMETRIA
Separa y almacena las áridas secas midiendo y suministrando la cantidad necesaria de cada tamaño.

MEZCLADOR
Mide automáticamente la cantidad de asfalto, mezclando perfectamente con las áridas en el mezclador de ejes gemelos. Los alimentadores de asfalto y áridas están conectados mecánicamente.

La bomba de alimentación asegura una presión constante en el asfalto que alimenta a la bomba mezcladora.

Los tamices vibratorios separan los áridas en los tamaños adecuados, rechazando el tamaño necesario.

Mezclador de ejes gemelos que mezcla perfectamente el material.

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

Este mecanismo asegura una alimentación constante de material a la bomba mezcladora.

Los tamices vibratorios separan las áridas en los tamaños adecuados, rechazando el tamaño necesario.

Los grupos elevadores de transporte miden y suministran a la boca del elevador de áridas secas.

Las compuertas regulan automáticamente el flujo de áridas secas al mezclador.

Sistema de alimentación y medición del asfalto, que asegura un flujo constante de asfalto al mezclador.

La bomba de alimentación asegura la presión constante en el asfalto que alimenta a la bomba mezcladora.

Es fácil tomar muestras de cada una de las áridas desviando el flujo de material a los recipientes para ensayo.

Bomba medidora conectada con los alimentadores de áridas que asegura automáticamente el asfalto a la cámara de mezclado.

Figura III-3 Instalación mezcladora continua.

INSTALACION MEZCLADORA CONTINUA

ALMACENAJE Y ALIMENTACION DE ARIDOS FRIOS

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

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 repetidamente a esta acción, obteniendo el máximo efecto de secado.

COLECTOR DE POLVO

Recupera polvo fino que puede devolverse a la mezcla si es necesario.

UNIDAD DE CONTROL DE LA GRANULOMETRIA

Separa y almacena la cantidad necesaria de...

Los áridos...

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

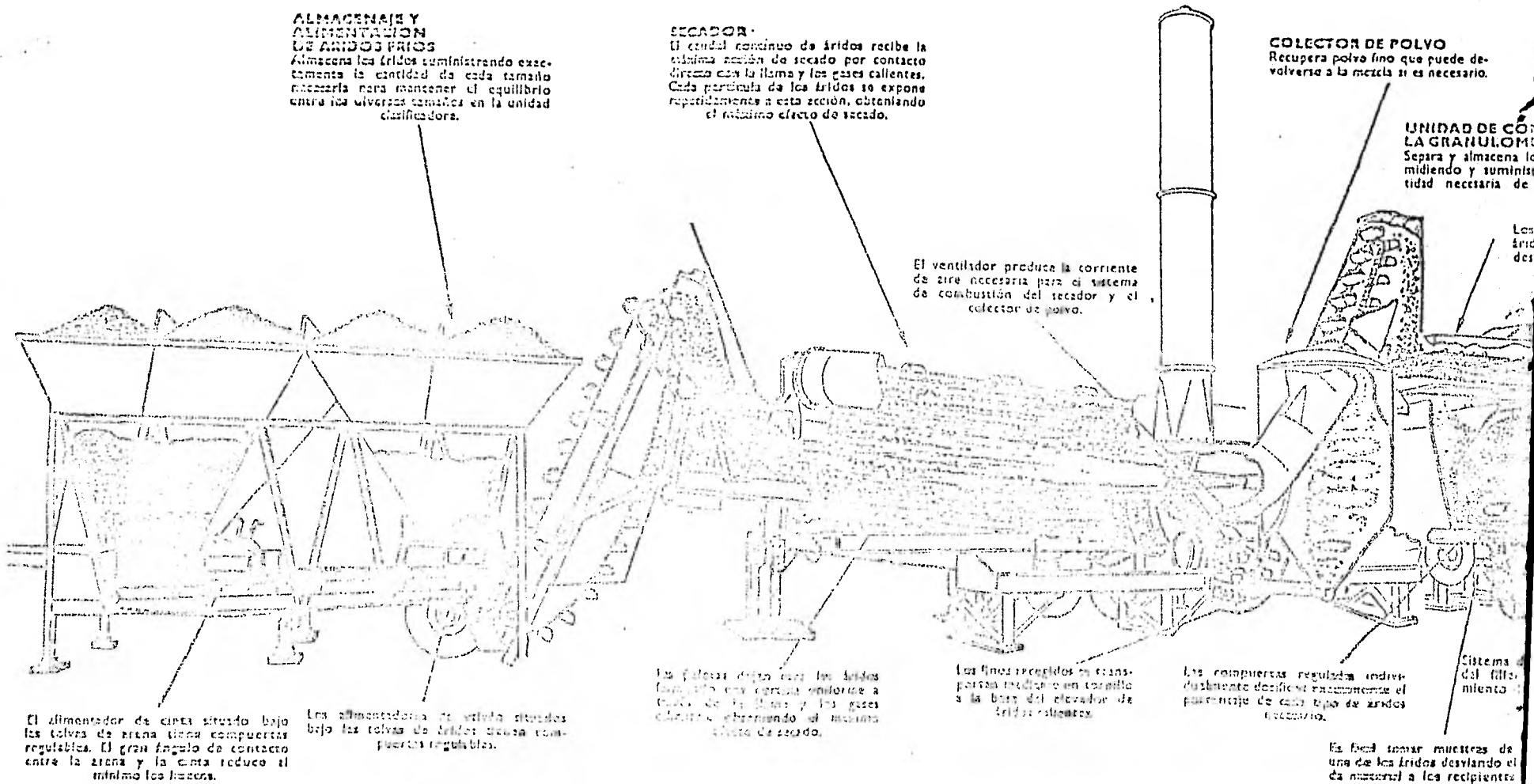
Las tolvas de áridos suministran una cantidad uniforme a través de la llama y los gases calientes, obteniendo el máximo efecto de secado.

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

Las compuertas regulan individualmente el caudal de cada tipo de áridos necesario.

Sistema de filtrado...

Es fácil tomar muestras de una de los áridos desviando el caudal a los recipientes en el ensayo.



El alimentador de cinta situado bajo las tolvas de arena tiene compuertas regulables. El gran ángulo de contacto entre la arena y la cinta reduce al mínimo los fricciones.

Los alimentadores de áridos situados bajo las tolvas de áridos tienen compuertas regulables.

Figura III-3 Instalación mezcladora continua.

RA CONTINUA

SECADOR
El caudal continuo de áridos recibe la mínima acción de secado por contacto directo con la llama y los gases calientes. Cada partícula de los áridos se expone repetidamente a esta acción, obteniendo el máximo efecto de secado.

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

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

UNIDAD DE CONTROL DE LA GRANULOMETRIA
Separa y almacena los áridos secos midiendo y suministrando la cantidad necesaria de cada tamaño.

Los tamices vibratorios separan los áridos en los tamaños adecuados, desechando el tamaño necesario.

MEZCLADOR
Mide automáticamente la cantidad correcta de asfalto, mezclándolo perfectamente con los áridos en el mezclador de ejes gemelos. Los alimentadores de asfalto y áridos están conectados mecánicamente.

La bomba de alimentación asegura una presión constante en el asfalto que alimenta a la bomba medidora.

Mezclador de ejes gemelos que mezcla perfectamente el material.

Mezclador estancado para mantener la temperatura de mezclado correcta.

Las paletas desmenuan los áridos formando una cortina uniforme a través de la llama y los gases calientes, obteniendo el máximo efecto de secado.

Los fines secados se transportan mediante un tornillo a la boca del elevador de áridos secos.

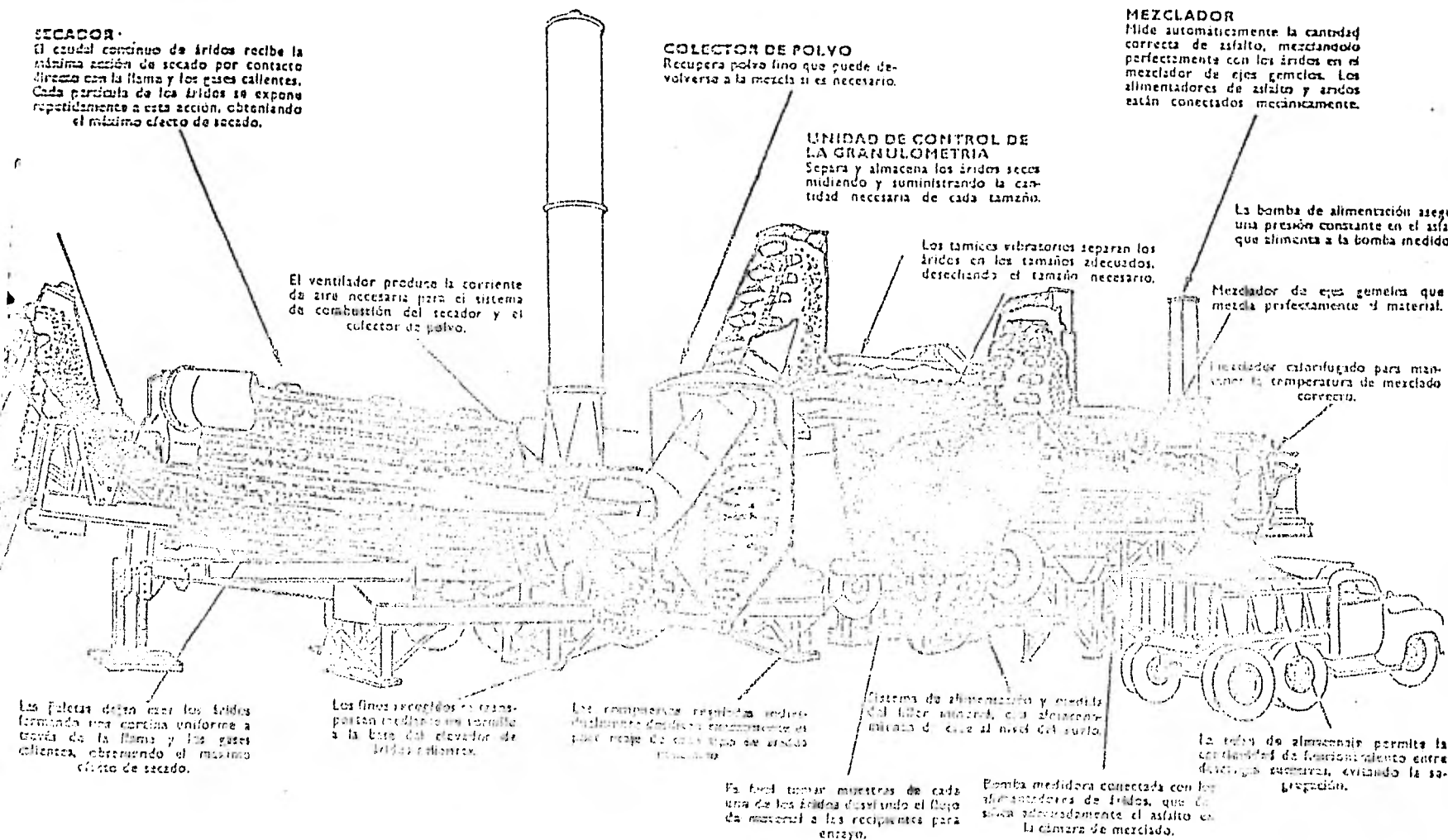
Los conos vibratorios regulan automáticamente el flujo de cada tipo de áridos.

Sistema de alimentación y medida del árido árido, con almacenamiento de éste al nivel del suelo.

Es fácil tomar muestras de cada una de las áridas desviando el flujo de material a los recipientes para ensayo.

Bomba medidora conectada con los alimentadores de áridos, que dosifica automáticamente el asfalto en la cámara de mezclado.

La tolva de almacenaje permite la continuidad de funcionamiento entre dos días sucesivos, evitando la interrupción.



- Dispositivos que permitan dosificar al agregado mineral por peso, de preferencia y sólo en casos muy especiales por volumen.
- Equipo para calentar el cemento asfáltico.
- Dispositivos para la dosificación del cemento asfáltico.
- Mezcladora, generalmente de paletas, con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- Recolector de polvo.
- Dispositivo para agregar finos.



De acuerdo a las especificaciones generales de construcción de la SAHOP, los agregados deberán tener una temperatura entre 120°C-160°C, al momento de entrar en contacto con el cemento asfáltico; y la mezcla al salir de la planta, para ser transportada al lugar de la obra tendrá de 120°C a 150°C de temperatura, con

el objeto de que tenga una temperatura mínima de 110°C al tenderse.

Antes de colocar el concreto asfáltico, se deberá aplicar un riego de liga con un producto asfáltico de fraguado medio o rápido mediante una petrolizadora Fig.III-4, sobre la superficie donde se va a colocar la carpeta. Pero antes se le dará a la base un barrido para dejarla exenta de materias extrañas. Una vez hecho esto se procede a el tendido de la mezcla con máquinas de propulsión propia con dispositivos para ajustar el espesor y ancho de la mezcla y con un sistema que permita la repartición uniforme de la mezcla sin permitir la segregación por tamaños de la misma, Fig.III-5.

Para efectuar esta operación la mezcla debe vaciarse en la tolva de la pavimentadora por medio de un camión de volteo el cual será empujado por la pavimentadora hasta terminar la cantidad depositada en su tolva, la cual es extendida en forma inmediata.

La velocidad de la máquina deberá regularse de manera que el tendido siempre sea uniforme.

En el caso de existir juntas de construcción se deberán cubrir con un producto asfáltico de fraguado rápido, para así poder proseguir con el tendido de la siguiente faja.

Habrà que tener en cuenta que si la base donde se va a tender el concreto asfáltico está húmeda, no se realizará esta operación.

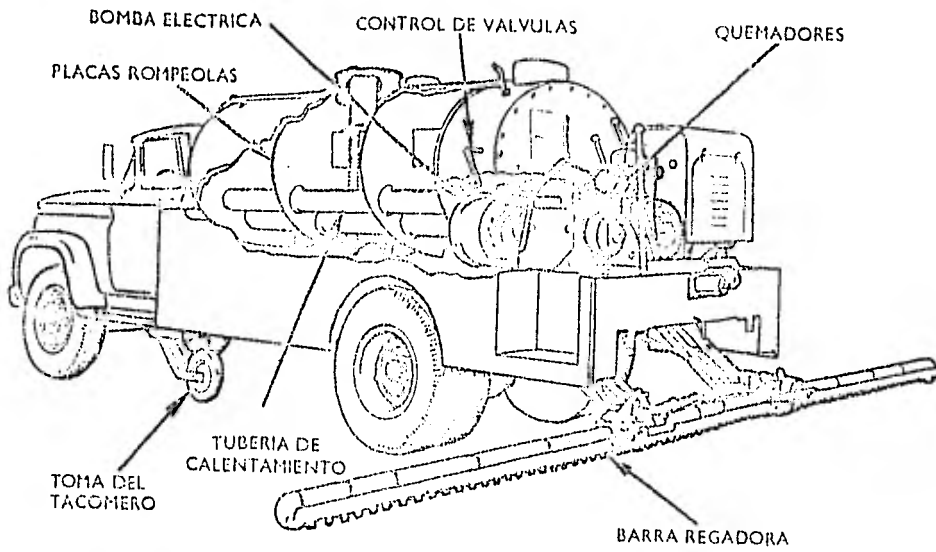
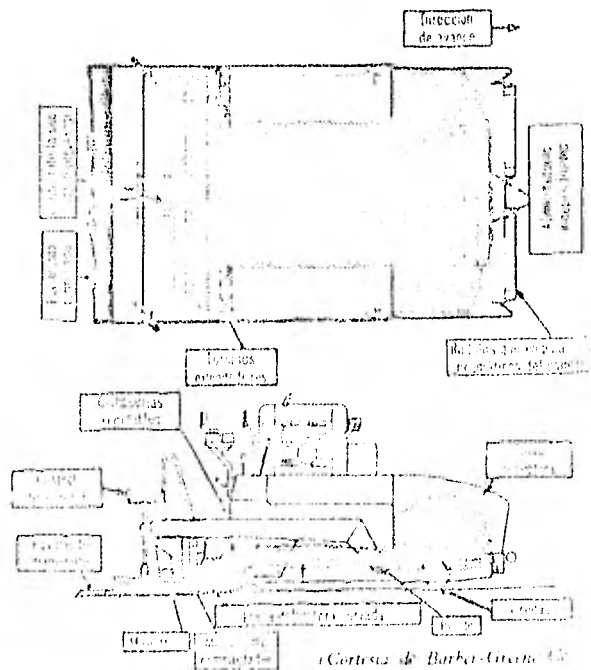


Fig. III.4 Petroliadora.

Fig. III.5 Esquema de una laminadora para pavimentos asfálticos.



Entre las principales máquinas pavimentadoras están:

--Barber Green.

--Blaw-Knox.

--Cedar Rapids.

--Pioneer.

Siendo la principal diferencia entre ellas el método de compactación inicial:

a) Las pavimentadoras Barber-Greene y Blaw-Knox tienen delante de la maestra, una barra apisonadora que le da una compactación inicial a la mezcla antes de ser alcanzada por el borde de la maestra.

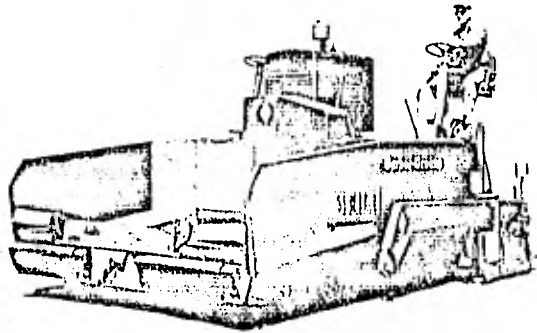
b) Las máquinas Cedar-Rapids obtienen la compactación inicial por vibración de la maestra.

c) Las pavimentadoras Pioneer tienen una barra oscilante delante de la maestra y articulada con ella, mediante la cual producen un cierto grado de compactación inicial, que es reforzado por la vibración de la maestra.

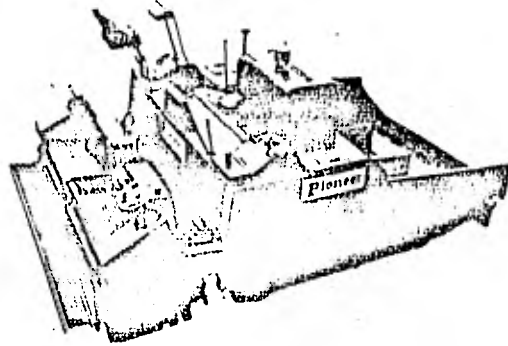
Todas estas máquinas tienen los mismos principios en lo referente a nivelación y regularización del espesor de extensión. Cuando una unidad tractora remolca la maestra sobre el material, ésta busca automáticamente el nivel en que su superficie inferior sea paralela a la dirección de tracción, dejando así, una capa de espesor definido.

Una vez terminado el tendido del concreto asfáltico, deberá aprovecharse uniformemente, para lo cual las especificaciones generales de construcción de SAHOP indican que: la tempe-

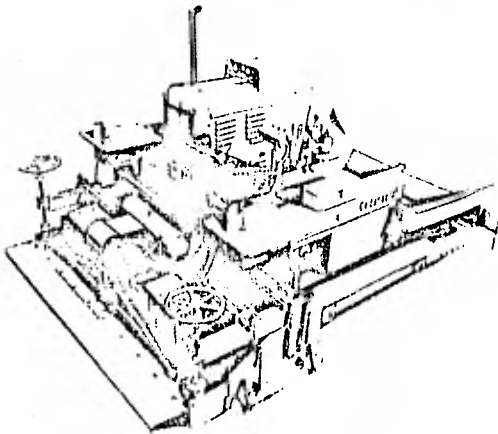
ALGUNOS TIPOS CARACTERIZTICOS DE MAQUINAS PAVIMENTADORAS.



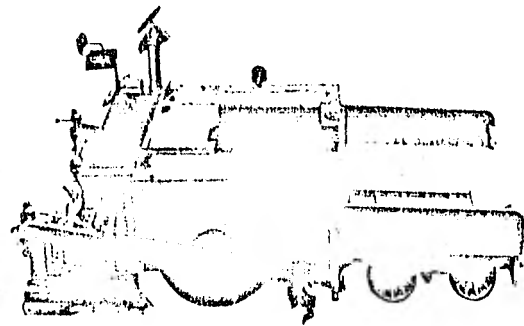
Harber-Greene



Pioneer



Cedaraplds



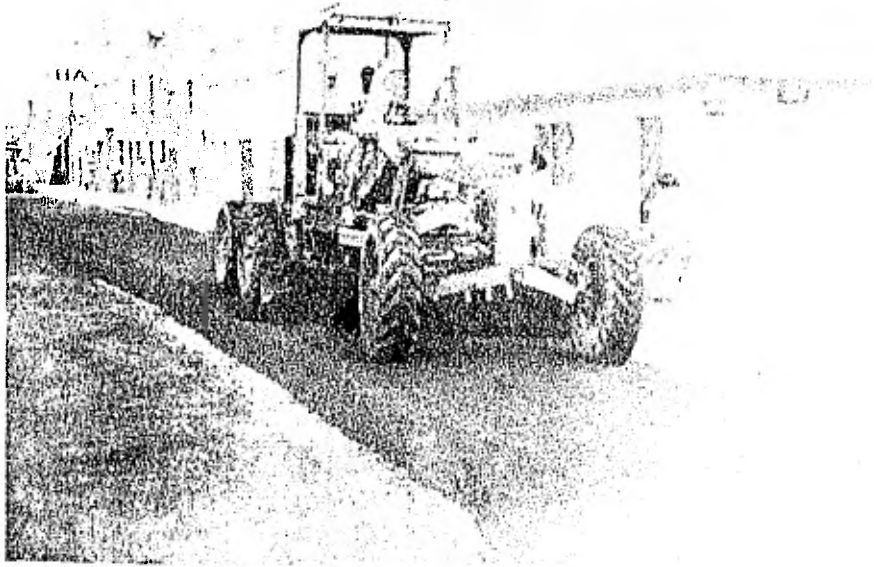
Blaw-Knox

ratura para iniciar la compactación deberá de ser de 100 a 110° C y para terminar el planchado se tendrá una temperatura mínima de 70°C.

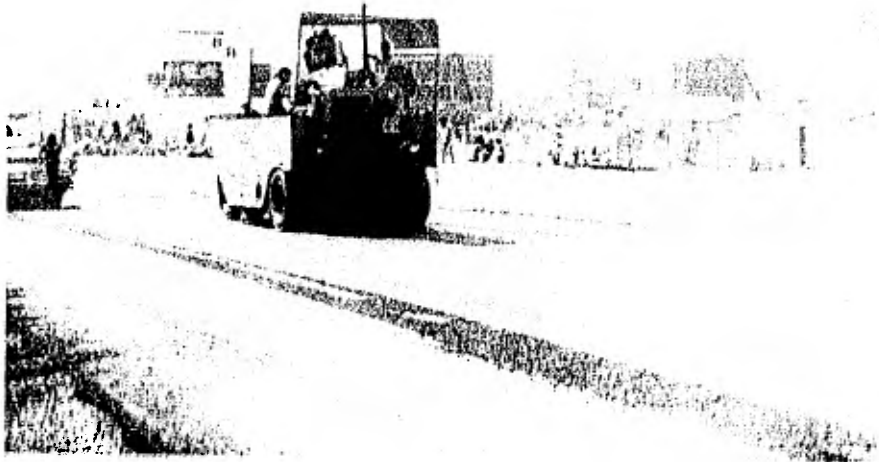
Como en la obra es difícil saber de una forma exacta la temperatura de la mezcla, el planchado se empezará tan pronto como la mezcla sea tendida y que pueda sostener a la aplanadora sin tener desplazamientos excesivos, continuándose hasta que las marcas de la máquina dejen de ser perceptibles en la superficie de la carpeta. Es conveniente que los extremos de la carpeta sean planchados primeramente, para que posteriormente el planchado hacia el centro de la carpeta. Para el caso de aeropistas la compactación se hará en forma transversal y diagonal al eje de la carpeta.

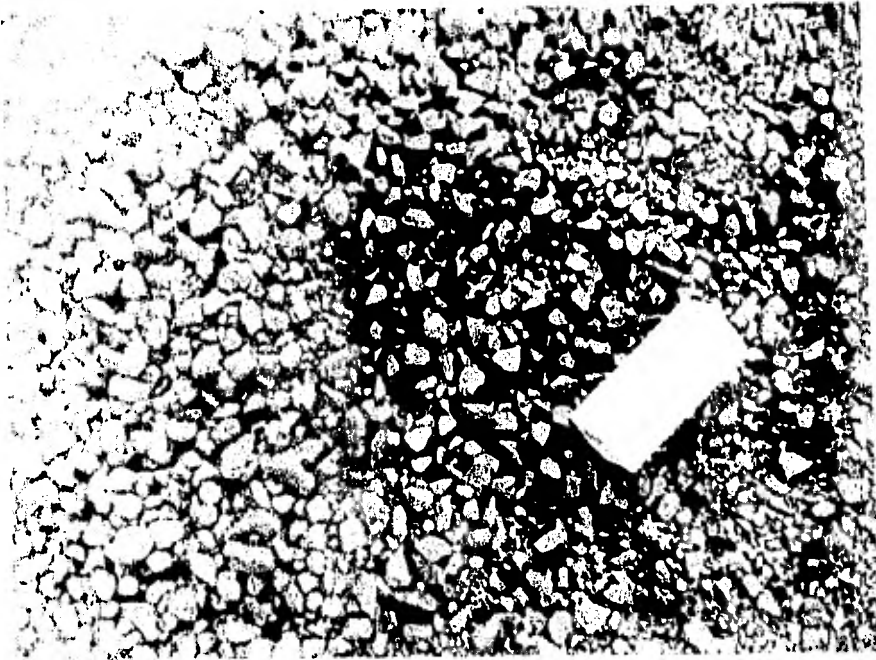
La compactación se obtiene por medio de aplanadoras de ruedas lisas, compactadoras de llantas neumáticas y posteriormente se empleará una plancha de rodillo liso para dar el acabado final, su utilización es en el orden en que se han mencionado. Las ruedas de las aplanadoras deben conservarse húmedas para evitar que la mezcla, por estar caliente, se adhiera a su superficie.

La superficie de el concreto asfáltico una vez terminada su colocación es altamente resistente a la penetración del agua, teniendo además un alto coeficiente de fricción. Cuando la carpeta resulte con una permeabilidad mayor del 10% permitida, se le dará un riego de sello. Este riego también puede aplicarse en el caso de que el proyecto así lo especifique.



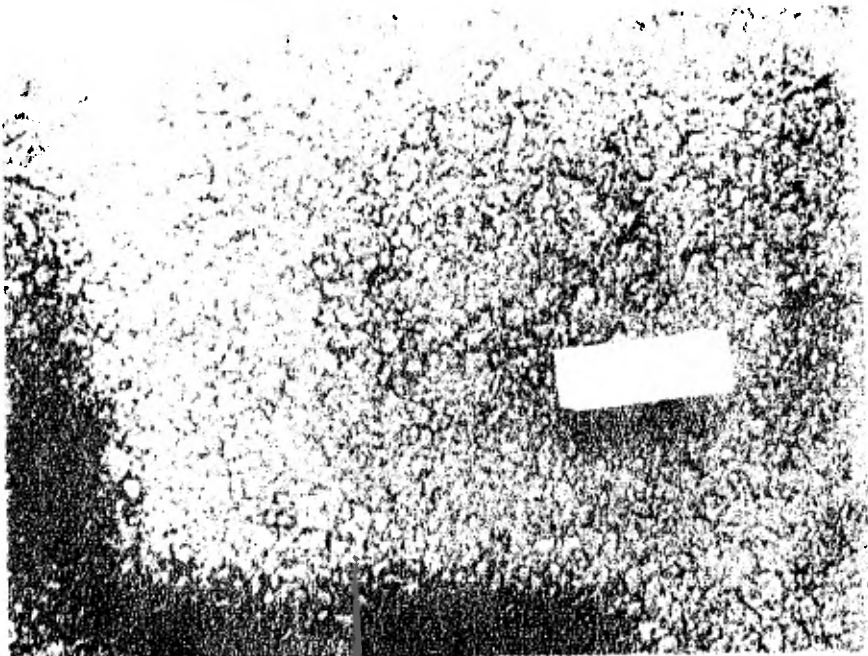
- Motoconformadora extendiendo la mezcla asfáltica.
- Compactador de Neumáticos.





- Carpeta sin compactar.

- Carpeta después de la compactación.

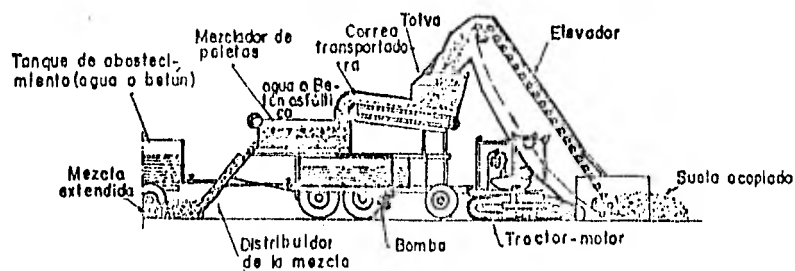


Para dar por terminada la construcción de una carpeta asfáltica deberán verificarse el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor de acuerdo a lo fijado en el proyecto, y checándolo con las tolerancias de la dependencia de carreteras encargada, (SAHOP, en el caso de México).

Las carpetas realizadas por el sistema de mezclas en el lugar, son las que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla asfáltica hecha en plantas móviles o mediante un mezclado directo sobre el camino, por medio de moto-conformadoras.

En el caso de escoger una planta móvil, primeramente se colocan los agregados en camellones sobre la base del camino, utilizándose luego una máquina semejante a la de la figura.

FIG. MAQUINA MEZCLADORA



Maquinas mezcladoras móviles

El material acamellonado es recogido por la máquina por medio de un cargador de cangilones pasando a una tolva, para

ser acarreado y luego recibir la cantidad de asfalto necesaria, una vez hecho esto la mezcla se va depositando sobre la base, mientras la máquina avanza gracias al movimiento que les es impartido por el tractor motor.

Los asfaltos recomendados para mezclas con plantas móviles son:

--Para agregados con un tamaño máximo de 1" y menos del 40% del material que pasa la malla número 10: F.R.-4, I.M.-4 y emulsiones asfálticas de fraguado rápido.

--Si el contenido de material fino excede del 40%: F.R.-3, F.M.-3. Para cuando se utilizan moto-conformadores para efectuar la mezcla en el lugar, se procederá aplicando el material asfáltico a los agregados por medio de una petrolizadora, mediante riegos parciales, empleándose las moto-conformadoras después de cada riego para el mezclado de los materiales con el objeto de que se vaya logrando cada vez una mezcla más homogénea.

Cuando se utiliza este sistema se recomiendan los asfaltos: F.R.-2, F.R.-3, F.M.-2 y F.M.-3, así como las emulsiones asfálticas.

Para hacer la compactación y tendido de la carpeta, se deberá dejar que los materiales volátiles del asfalto se disminuyan a un 25% del contenido original, y el contenido de agua no exceda de un 2%.

Para este tipo de mezcla cada proyecto fijará la longitud máxima de los tramos en que se pueda elaborar dicha mezcla.

El equipo para la compactación de este tipo de carpetas es: rodillo liso tipo tándem o un compactador neumático. La forma de planchado será de forma análoga a la de una carpeta de concreto asfáltico.

Para dar por terminada la carpeta se procederá a darle un riego de sello.

Deberá tenerse en cuenta para la elaboración de este tipo de mezclas que, en caso de que el agregado contenga bastante humedad o se prevea alguna lluvia, no se podrá llevar a cabo la elaboración por ningún motivo.

Debido a que las mezclas asfálticas fabricadas en instalaciones mezcladoras que cuentan con los controles adecuados y teniendo en consideración la economía que dan su uso se ha generalizado; y dentro de las ventajas que se obtienen con su utilización se pueden citar:

1.- En el caso de no existir una planta estacionaria a una distancia razonable de la obra, existen plantas móviles, las cuales vienen por paquetes y que al armarse, a una distancia conveniente de la obra, se evitan los acarrees en exceso.

2.- Los agregados pueden clasificarse, secarse, calentarse y mezclarse de tal forma que todas las partículas queden completamente envueltas con una capa de asfalto.

3.- El mezclado es relativamente independiente de las condiciones atmosféricas, ya que aún habiendo llovido los agregados se pueden secar, permitiendo esto el continuar trabajando la planta.

4.- Puede controlarse de una manera exacta, la cantidad de asfalto, así como su calentamiento de tal forma que se obtenga la viscosidad adecuada para tener una buena mezcla.

5.- Las mezclas asfálticas obtenidas de esta manera pueden extenderse por medio de terminadoras mecánicas o bien con motoconformadoras en su defecto.

Las carpetas asfálticas hechas por el sistema de riegos se distinguen entre sí, por el sistema constructivo que se utilice, de penetración:

Se construyen mediante uno o más riegos, hasta 3, de materiales asfálticos sobre capas de material pétreo de diferentes tamaños, triturados o cribados, colocadas primeramente.

La penetración invertida invierte el procedimiento, es decir que primero se rocía el material asfáltico sobre la base ya preparada, para que posteriormente se cubra o reseque con el material pétreo.

La clasificación de los agregados así como las cantidades de éstos y de cemento asfáltico, contenido en los productos diluidos o en las emulsiones en lt/m^2 serán de acuerdo a las especificaciones de SAHOP.

Las carpetas formadas por un sólo riego forman unas capas de un espesor muy delgado en contra del desgaste, por lo que su utilización se escoge para:

Calles de ciudades sin urbanizar, viejas superficies asfálticas, mejoramiento de caminos revestidos, o para cuando se quiera un camino por donde circule un tránsito pesado por un corto tiempo.

CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS, PARA CARPETAS CONSTRUIDAS
PARA EL SISTEMA DE RIEGOS

MATERIAL PETREO	% Que pasa por malla	% Que se retiene en malla
Núm. 0	3.81 cm (1 1/2")	2.54 cm (1")
Núm. 1	2.54 cm (1")	1.27 cm (1/2")
Núm. 2	1.27 cm (1/2")	0.63 cm (1/4")
Núm. 3-A	0.95 cm (3/8")	Núm. 8
Núm. 3-B	0.63 cm (1/4")	Núm. 8

CANTIDADES DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE CARPETAS
ASPALTECAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS

Material Pétreo	Un riego	Dos riegos	Tres riegos	Cuatro riegos
Núm. 0				de (0.6 a 1.1) 0 de 30 a 40
Núm. 1			de (0.6 a 1.1) 1 de 20 a 26	de (1.4 a 1.8) 1 de 15 a 25
Núm. 2		de (0.6 a 1.1) 2 de 8 a 12	de (1.0 a 1.4) 2 de 8 a 12	de (0.8 a 1.1) 2 de 8 a 12
Núm. 3	de (0.9 a 1.2) 3-A de 8 a 10	de (0.8 a 1.1) 3-B de 6 a 8	de (0.7 a 1.0) 3-B de 6 a 8	de (0.7 a 1.0) 3-B de 6 a 8

NOTA. Los valores dentro de paréntesis corresponden al material
anfólico (l/m²) y los valores subrayados al material pétreo (l/m³).

Para la construcción de este tipo de carpetas se tienen las etapas siguientes:

--Se dará un barrido a la base.

--Sobre esta base se aplicará un riego de material asfáltico, del tipo y en la cantidad por metro cuadrado, especificado en el proyecto. Este riego deberá darse cuando la temperatura ambiente sea mayor a 5°C y no existan vientos fuertes que impidan un riego uniforme.

--Dicho riego se cubrirá con una capa de uno de los materiales pétreos 3-A o 3-B, de acuerdo a lo especificado para el proyecto. El tendido se hará por medio de esparcidores mecánicos o en su defecto con pala de mano. Una vez tendido el material se distribuirá uniformemente por medio de rastras de cepillos metálicos o de fibra, con el objeto de dejar exenta de ondulaciones, bordos y depresiones a la superficie.

--Se procederá al planchado inmediato, utilizando rodillos lisos con un peso mínimo de 5 ton. y máximo de 8 toneladas.

--Se dará la apertura del tránsito al camino, y cada vez que se marquen las rodadas o se formen ondulaciones se deberá rastrear y planchar el material hasta ver el material pétreo excedente.

Las carpetas de 2 o 3 riegos (riegos múltiples) son parecidas en su construcción, a las de un sólo riego, con la diferencia de que se les aplicarán más riegos y por lo tanto, también más capas de agregados, con el objeto de lograr una superficie de mayor calidad que pueda soportar mayores cargas. El tamaño máximo de los agregados aumenta de acuerdo al número de capas que forman la carpeta como se puede observar en las tablas an-

teriores. Su tendido se hace de un tamaño mayor a uno menor.

Las etapas constructivas se harán de acuerdo a los lineamientos mencionados anteriormente para el caso de carpetas con un sólo riego con la variante de que en cada capa se repetirán las operaciones ya mencionadas, hasta dar por terminada la carpeta.

Para cualquier tipo de carpeta, por el sistema de riegos siempre es bueno el considerar la etapa del año en que se vaya a construir ya que el uso de los cementos asfálticos y los asfaltos rebajados se recomienda para etapas calurosas, pero cuando no se pueda hacer la construcción en una época calurosa se recomienda utilizar emulsiones asfálticas como aglutinante.

Los cementos asfálticos utilizados son de 150-200 y 200-300 de penetración, y los asfaltos rebajados utilizados son F.R.-4, F.R.-5 y F.M.-5.

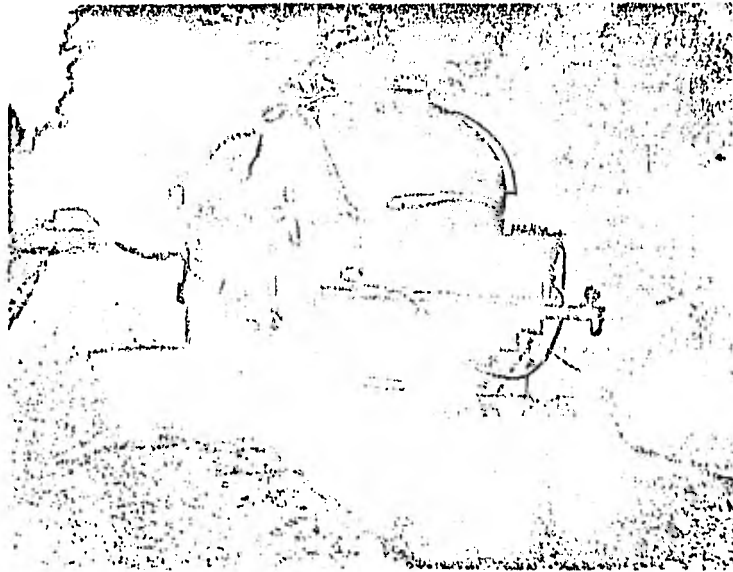
Con el término Macadam se conocían en un principio todos los pavimentos contruidos en etapas sucesivas de piedra triturada y acomodada en forma manual o mecánica. El procedimiento era según lo describe el Ing. J. L. Macadam de nacionalidad inglesa: "Colocar piedra machacada, sobre la superficie, coincidiendo estrechamente sus aristas para formar una superficie duradera y sólida".

Pero ahora en la construcción de este tipo de pavimentos, se le adiciona un blindaje asfáltico en cada capa de materiales pétreos, con el objeto de cementar y formar una capa más resistente e impermeable. En las construcciones modernas de este ti-

po de pavimentos la carpeta tiende a ser del espesor de una pie
dra, es decir que el tamaño máximo del agregado grueso se aprox
ima al espesor del pavimento completo, lo cual proporciona una
buena estabilidad debido a que las piedras más grandes no tie-
nen ninguna tendencia a deslizarse u ondularse. Para poder cum-
plir esto los agregados deben ser bastante fuertes y duros, pa-
ra evitar que un excesivo planchado con aplanadora, arruine el
enclavamiento entre las piedras individuales. Para la construc-
ción de un pavimento de este tipo se llevan a cabo las siguien-
tes operaciones (semejantes al de 3 riegos):

- Colocación y compactación del agregado grueso.
- Apisonado del agregado grueso.
- Aplicación del material asfáltico.
- Colocación de las piedras acñadoras (tamaño menor), hasta
llenar todos los huecos de agregado grande.
- Segundo apisonado, para asegurar que todos los huecos queden
cubiertos.
- Barrido para quitar piedras sueltas.
- Segunda aplicación del material asfáltico.
- Se puede llegar a un tercer riego de material asfáltico si-
guiendo la secuela descrita.
- Aplicación de riegos de sello: para esto una o más capas de
material asfáltico con piedras pequeñas sirven como sello y su-
perficie de desgaste.
- Apisonado y barrido para dar una superficie uniforme.

CONSTRUCCION DEL MACADAM.



IV. RECONSTRUCCION DE CARPETAS ASFALTICAS.

Las fallas en los pavimentos se deben casi siempre a un proyecto inadecuado de la mezcla para el tránsito a que se diseñó o bien, a una compactación insuficiente durante la construcción.

Un exceso de asfalto en mezclas con un elevado porcentaje de finos puede dar lugar a onculaciones de la carpeta, en tanto que un contenido insuficiente de asfalto da lugar a agrietamientos o a una desintegración de la superficie.

Un agrietamiento por fatiga se puede deber a una deflexión excesiva del pavimento, debida a una estructura inadecuada o a que el terreno sea elástico; también la mezcla se puede volver quebradiza, debido a que el asfalto se haya endurecido o por una cantidad insuficiente de asfalto. El remedio de estas fallas depende de la magnitud de los daños, siendo probable una reconstrucción en el caso de estar generalizadas las fallas. Pero antes de efectuar la reconstrucción de una carpeta asfáltica, debe hacerse una investigación para determinar los medios más accesibles para repararla.

Los pavimentos, se pueden averiar por muchas razones, entre las cuales encontramos:

- 1.- Envejecimiento.- Es decir que la carpeta se encuentra excesivamente seca, pero no ha presentado ningún fenómeno de disgregación, lo que se corrige aplicando un riego negro.
- 2.- Disgregación.- Se aprecian pérdidas de material superficial en virtud del desgaste producido por el tráfico o al uso de una mezcla pobre. Su reparación se hará limpiando la superficie y

aplicando una capa de sellada ya sea con arena, gravilla o una lechada asfáltica.

3.- Grietas largas.- Se pueden deber a contracciones o asentamientos, en el caso de que su anchura sea mayor a los 3mm. deberán rellenarse para evitar daños en la base, haciendo que una lechada asfáltica penetre en la grieta; o llenar la grieta con una mezcla pobre de arena y asfalto, debiéndose verter en éste último método un asfalto de tipo F.R.-1 en cantidad suficiente para cerrar la parte superior de la grieta.

4.- Grietas en forma de ondulaciones o en piel de cocodrilo.- Se deben generalmente a una falla de la base o a que el terreno en que se encuentra es sumamente flexible. Para este tipo de fallas hay tres formas de reparación:

a) Por medio de un bacheo profundo, en cuyo caso sería una reparación permanente, llevándose a cabo los siguientes pasos:

--Eliminar el material dañado de la carpeta, hasta la profundidad en que se haya producido la falla, pudiendo en ocasiones tener que eliminar parte del terreno de la base de dicha carpeta. Esta avería se debe generalmente a la acción del agua, por lo que deben tomarse medidas necesarias para eliminarla.

--Al haber quitado las capas de la base y la carpeta, se deberá extender la excavación por lo menos 30 cms. por fuera del perímetro de la zona agrietada, con el objeto de que el material de reparación se encuentre unido a un material sano, en caso de no tomar esta precaución se presen-

tarían de nueva cuenta las grietas alrededor de la reparación.

--Una vez sacado el material dañado las caras cortadas deberán ser rectas y verticales, debiendo darse a la excavación una forma de apoyo rectangular, en la que se pueda colocar el material de relleno.

--La zona excavada se llenará con una base de material pétreo, compactada por capas en el caso de ser necesario.

--Se le dará un riego de liga a la base colocada.

--Se terminará la capa aplicando una mezcla asfáltica. Siendo preferible el aplicar una mezcla caliente pero en caso de no poder tenerla se empleará una mezcla fría, obteniendo buenos resultados también.

b) Parches superficiales.- Cuando se trata de este caso se tomará como una reparación provisional, la cual lleva los siguientes pasos:

--Barrido de la zona agrietada.

--Se aplicará un riego de liga, para posteriormente aplicar una capa delgada de mezcla asfáltica, teniendo un cuidado especial en la terminación de los bordes, en los que se eliminarán los agregados gruesos antes de la compactación.

--Se compactará la zona reparada.

c) Tratamiento superficial con agregados que cubrirán la zona en reparación, también se trata de una reparación provi-

sional, en la que se efectúan los siguientes pasos:

--Barrido de la superficie.

--Se aplica un riego con la cantidad de asfalto necesaria, pudiendo en ocasiones perder asfalto debido a las grietas por lo que le dará una cantidad mayor de asfalto, durante el riego, estando esta cantidad entre 0.6 y 1.0 lt/m^2 .

--Se esparcirán los agregados, sobre el asfalto.

--Se compactará este tratamiento por medio de compactadores de llantas neumáticas.

En el caso de tener que elevar el nivel de la zona de reparación se podrá aplicar un segundo riego.

5.- Baches.- Son roturas de la carpeta que penetran hasta la base o más, para su reparación existen dos métodos:

a) Con mezcla asfáltica.- Lleva los siguientes pasos para efectuar la reparación:

--Limpiar el bache muy bien por medio de un barrido.

--Se deben dar a las caras interiores del bache una forma vertical.

--Se impregna el bache con un asfalto diluido o con una emulsión.

--El hueco es relleno con una mezcla asfáltica. En el caso de ser profunda el bache, la mezcla deberá compactarse por capas. El relleno debe sobresalir de 5 a 6 mm del nivel del pavimento.

--Se dará una compactación a la mezcla.

b) Por penetración.- En este caso la secuela a seguir es:

--Limpiar el bache con un barrido.

--Dar a las caras internas un acabado vertical.

--Aplicar un riego de liga.

--Rellenar con piedra y asfalto el bache, debiendo colocarse primeramente la piedra que es fijada por medio de la compactación, y aplicar posteriormente el asfalto.

6.- Exudación e inestabilidad.- Se producen en pavimentos con un exceso de asfalto, dando lugar a que la superficie se vuelva resbaladiza, pudiendo provocar ondulaciones en la carpeta.

Para arreglar esto se puede:

a) Eliminar el exceso de asfalto de la carpeta:

--Para lo cual el exceso de asfalto y las ondulaciones se pueden arrancar en frío con una moteconformadora o con una máquina especial. Pero para lograr esto la superficie debe de ser adecuada, lo cual no se tiene siempre.

Por otro lado, se han utilizado con éxito un tipo de máquinas regularizadoras de discos combinada con una hoja recta montados sobre una motoniveladora. La eliminación de la mayor parte del material se hace por medio de los discos, en tanto que la hoja regulariza la superficie.

También se puede eliminar el exceso de asfalto por medio de una máquina primeramente caliente la superficie del pavimento antes de cortarla por medio de una serie de ho-

jas. Su utilización es bastante cara por lo que se emplea más en pavimentos urbanos.

Una vez eliminada la superficie deteriorada se puede dejar al pavimento sin ningún tratamiento extra, lo cual nos da una superficie de rodamiento bastante áspera y no muy deseada.

b) Aplicar una nueva carpeta, para lo cual es preferible la aplicación de una mezcla en caliente, pudiéndose emplear, también, un sellado con una lechada asfáltica. Se puede hacer también por medio de un tratamiento superficial con gravilla.

7.- Depresiones.- Provocadas, casi siempre, por asentamientos del terreno, mostrando ondulaciones alargadas. En ciertos casos puede haber una diferencia bastante brusca en el nivel de las diversas partes del pavimento, por lo que es necesario reponer la uniformidad de la carpeta, pudiéndose lograr esto con:

a) Una mezcla asfáltica que deberá aplicarse de acuerdo a los siguientes pasos:

--Barrido de la zona hundida,

--Aplicación de un riego de liga.

--Llenar la zona con una mezcla asfáltica, si la parte afectada es bastante larga se recomienda el extenderlo con motoconformadora, y en el caso contrario se puede colocar a mano.

--Compactación de la mezcla.

--En ocasiones es bueno el aplicar un sellado con arena,

extendiéndolo unos 30 cms. fuera de la zona reparada, para evitar así la penetración del agua al material de relleno.

8.- Grietas a lo largo de los bordes.- Normalmente se deben a falta de sustentación lateral o a una excesiva humedad a lo largo del borde del pavimento.

La reparación de este tipo de fallas se reduce a tener sistemas de conservación preventiva que eviten el agrietamiento como un sellado con arena o gravilla y en casos más avanzados deberá ser necesario el rellenar las grietas, aplicar un parche superficial o sustituir el pavimento completo.

Como se ha podido notar, las labores de mantenimiento así como las de pavimentación, requieren de la atención de un personal experimentado, con conocimiento en el diseño y la construcción de pavimentos asfálticos. De aquí que antes de emprender una repavimentación se debe elaborar un plan técnico, en el cual deberá intervenir un laboratorio para determinar, tramo por tramo, la calidad y espesor de cada capa del pavimento existente.

ESPECIFICACIONES PARA CEMENTOS ASFALTICOS

Características	Método de ensayo AASHO	Método de ensayo ASTM	Industriales y especiales	Pavimentación			
Penetración 25°C, 100 gr.5seg.	T-49	D-5	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Viscosidad a 135°C. Saybolt-Furol, SSF Cinemática, centistokes.	-	E-102	120+	100+	85+	70+	50+
	-	D-445	240+	200+	170+	140+	100+
Punto de inflamación (vaso abierto Cleveland), °C	T-48	D-92	232+	232+	232+	232+	177+
Ensayo en horno en película delgada. Penetración después del ensayo, 25°C, 100gr.5 seg., % de la original	T-179 T-49	- D-5	- 52+	- 50+	- 45+	- 42+	- 37+
Ductilidad: A 25°C, cms. A 15,6°C, cms.	T-51	D-113	100+	100+	100+	60+	-
	-	-	-	-	-	-	60+
Solubilidad en C Cl ₄ , %	T-44*	D-4*	99,5+	99,5	99,5+	99,5+	99,5+
Condiciones generales.	El asfalto se preparará por destilación del petróleo. Será uniforme en su naturaleza y no formará espuma al calentarlo a 177°C.						

*Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º1 del método AASHO, T-44, o el n.º1 del Método ASTM D-4.

ESPECIFICACIONES PARA ASFALTO FLUIDIFICADO DE CURADO RAPIDO (RC)

Características	Método de ensayo AASHO	Método de ensayo ASTM	GRADOS					
			RC-0	RC-1	RC-2	RC-3	RC-4	RC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C	T-79	D-1310	-	-	26,7	26,7	26,7	26,7
Viscosidad Furol a 25°C, seg.			75-150	-	-	-	-	-
" " a 50°C, seg.			-	75-150	-	-	-	-
" " a 60°C, seg.	T-72	D-88	-	-	100-200	250-500	-	-
" " a 82,2°C, seg.			-	-	-	-	125-250	300-600
Destilación:								
Destilado (porcentaje del total destilado a°C):								
A 190°C,			15+	10+	-	-	-	-
A 225°C,			55+	50+	40+	25+	8+	-
A 260°C,	T-78	D-402	75+	70+	65+	55+	40+	25+
A 316°C			90+	88+	87+	83+	80+	70+
Residuo de destilación a 360°C, porcentaje en volumen por diferencia.			50+	60+	67+	73+	78+	82+
Ensayos sobre el residuo de destilación:								
Penetración, 25°C, 100gr., 5 seg.	T-49	D-5	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
	T-51	D-113	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Ductilidad, 25°C, cms.	T-44*	D-4*	99,5+	99,5+	99,5+	99,5_	99,5x	99,5+
Solubilidad en CCl ₄ , %								
Condiciones generales.	El material no contendrá agua.							

*Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º1 del Método AASHO T-44, o el n.º1 del Método ASTM D-4.

ESPECIFICACIONES PARA ASFALTO FLUIDIFICADO DE CURADO MEDIO (MC)

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS					
			MC-0	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C.	T-79	D-1310	37,8	37,8	65,6	65,6	65,6	65,6
Viscosidad Furoi a 25° C, seg.			75-150	—	—	—	—	—
" " a 50° C, seg.			—	75-150	—	—	—	—
" " a 60° C, seg.	T-72	D-88	—	—	100-200	250-500	—	—
" " a 62,2° C, seg.			—	—	—	—	125-250	300-600
Destilación: Destilado (porcentaje del total destilado a 380° C): A 225° C. A 250° C. A 316° C. Residuo de la destilación a 350° C, porcentaje en volumen por diferencia.	T-78	D-402	25— 40-70 75-93 50+	20— 25-65 70-90 60+	10— 15-55 60-97 67+	5— 5-40 60-85 73+	0 30— 40-90 73+	0 20— 20-75 82+
Ensayos sobre el residuo de destilación: Penetración, 25° C, 100 gr., 5 seg. Ductilidad, 25° C, cms.* Solubilidad en C Cl ₄ , %	T-49 T-51 T-44**	D-5 D-113 D-4**	120-200 100+ 93,5+	120-200 100+ 93,5+	120-200 100+ 93,5+	120-200 100+ 93,5+	120-200 100+ 93,5+	120-200 100+ 93,5+
Condiciones generales.			El material no contendrá agua.					

- ° Si la penetración del residuo es superior a 200 y su ductilidad a 25° C es inferior a 100, el material será aceptable si su ductilidad a 15,0° C es 100+.
- ** Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO T-4el n.º 4, o 1 del Método ASTM D-4.

ESPECIFICACIONES PARA ASFALTO FLUIDIFICADO DE CURADO MEDIO (MC)

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS					
			MC-0	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5
Punto de Inflamación, vaso abierto, °C.	T-79	D-1310	37,8	37,8	65,6	65,6	65,6	65,6
Viscosidad Furol a 25° C, seg.			75-150	—	—	—	—	—
» » a 50° C, seg.			—	75-150	—	—	—	—
» » a 60° C, seg.	T-72	D-88	—	—	100-200	250-500	—	—
» » a 82,2° C, seg.			—	—	—	—	125-250	300-600
Destilación: Destilado (porcentaje del total destilado a 360° C): A 225° C. A 260° C. A 316° C. Residuo de la destilación a 360° C, porcentaje en volumen por diferencia.	T-78	D-402	25— 40-70 75-93 50+	20— 25-65 70-90 60+	10— 15-55 60-97 67+	5— 5-40 55-85 73+	0 30— 40-80 70+	0 20— 20-75 82+
Pruebas sobre el residuo de destilación: Penetración, 25° C, 100 gr., 5 seg. Ductilidad, 25° C, cms. Solubilidad en CCl ₄ , %	T-49 T-51 T-44**	D-5 D-113 D-4**	120-300 100+ 99,5+	100-300 100+ 99,5+	120-300 100+ 99,5+	120-300 100+ 99,5+	120-300 100+ 99,5+	120-300 100+ 99,5+
Condiciones generales.			El material no contendrá agua.					

Si la penetración del residuo es superior a 200 y su ductilidad a 25° C es inferior a 100, el material será aceptable si su ductilidad a 15,0° C es 100+.

Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO T-4el n.º 4, o 1 del Método ASTM D-4.

ESPECIFICACIONES PARA ASFALTO FLUIDIFICADO DE CURADO LENTO (SC)

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS					
			SC-0	SC-1	SC-2	SC-3	SC-4	SC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C.	T-43	D-92	65,5+	65,5+	79,4+	93,2+	107,2+	121,1+
Viscosidad Furoi a 25° C, seg.			75-150	—	—	—	—	—
» » a 50° C, seg.			—	75-150	—	—	—	—
» » a 60° C, seg.	T-72	D-88	—	—	100-200	250-500	—	—
» » a 92,2° C, seg.			—	—	—	—	125-250	300-600
Agua %	T-55	D-95	0,5—	0,5—	0,0	0,0	0,0	0,0
Destilación:								
Total destilado a 350° C.	T-78	D-402	15-40	10-30	5-25	2-15	10—	5—
Ensayo del flotador sobre el residuo de destilación a 50° C, seg.	T-50	D-132	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150	70-200
Residuo asfáltico de penetración 100, %		D-243	40+	50+	60+	70+	75+	80+
Ductilidad del residuo asfáltico de penetración 100, a 25° C, cms.	T-51	D-113	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubilidad en C Cl ₄ , %	T-44 ^a	D-4 ^b	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+

^a Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO T-44, o el n.º 1 del Método ASTM D-4. Si el material no cumple las condiciones de solubilidad será aceptable si la solubilidad en sulfuro de carbono es 99 % +, y la proporción de botón (material soluble en sulfuro de carbono) soluble en tetracloruro de carbono es 99,95 %

ESPECIFICACIONES PARA ASFALTO FLUIDIFICADO DE CURADO LENTO (SC)

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS					
			SC-0	SC-1	SC-2	SC-3	SC-4	SC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C.	T-43	D-92	65,6+	65,6+	79,4+	93,3+	107,2+	121,1+
Viscosidad Furol a 25° C, seg.			75-150	—	—	—	—	—
» » a 50° C, seg.			—	75-150	—	—	—	—
» » a 60° C, seg.	T-72	D-88	—	—	100-200	250-500	—	—
» » a 92,2° C, seg.			—	—	—	—	125-250	300-600
Residuo %	T-55	D-95	0,5—	0,5—	0,0	0,0	0,0	0,0
Destilación:								
Total destilado a 360° C.	T-70	D-402	15-40	10-30	5-25	2-15	10—	5—
Ensayo del flotador sobre el residuo de destilación a 50° C, seg.	T-60	D-133	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150	75-200
Residuo asfáltico de penetración 100, %		D-243	40+	50+	60+	70+	75+	80+
Estabilidad del residuo asfáltico de penetración 100, a 25° C, cms.	T-51	D-113	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubilidad en C Cl ₄ , %	T-44°	D-4°	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+

Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO T-44, o el n.º 1 del Método ASTM D-4. Si el material no cumple las condiciones de solubilidad será aceptable si la solubilidad en sulfuro de carbono es 99 % +, y la proporción de betún (material soluble en sulfuro de carbono) soluble en tetracloruro de carbono es 99,95 %

ESPECIFICACIONES PARA EMULSIONES ASFALTICAS

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS			
			Ruptura rápida		Ruptura media	Ruptura lenta
			RS-1	RS-2	MS-2	SS-1
ENSAYOS SOBRE LA EMULSION Miscibilidad Furof a 25° C, seg. " " " a 50° C, seg. Residuo de la destilación, % Sedimentación, 3 días, % Demulsibilidad: 35 ml. de Cl ₂ Ca, 0,02 N, % 35 ml. de Cl ₂ Ca, 0,02 N, % Tamizado (retenido en el tamiz n.º 20) % Mezcla con cemento %	T-53	D-244	20-100 — 57-62 3—	— 75-400 62-69 3—	100+ — 62-69 3—	20-100 — 57-62 3—
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO Penetración, 25° C, 100 gr., 5 seg. Solubilidad en C, Cl ₄ , % Ductilidad, 25° C, cms.	T-49 T-44** T-51	D-5 D-4* D-113	100-200 97,5+ 40+	100-200 97,5+ 40+	100-200 97,5+ 40+	100-200* 97,5+ 40+

* Para algunos usos especiales, tales como emulsión asfáltica diluida para capas de sellado, puede preferirse un residuo de penetración inferior. En tales casos la penetración del residuo a 25° C debe ser 40-60 y el grado se designará como SS-1h.

** Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO, T-44, o el n.º 1 del Método ASTM D-4.

ESPECIFICACIONES PARA EMULSIONES ASFALTICAS

Características	Método de ensayo AASHTO	Método de ensayo ASTM	GRADOS			
			Ruptura rápida		Ruptura media	Ruptura lenta
			RS-1	RS-2	MS-2	SS-1
PRUEBAS SOBRE LA EMULSION						
Penetración Furol a 25° C, seg.			20-100	—	100+	20-100
» a 50° C, seg.			—	75-400	—	—
Pérdida de la destilación, %			57-62	62-69	62-69	57-62
Estabilidad, 5 días, %			3—	3—	3—	3—
	T-59	D-244				
Estabilidad:						
1 ml. de Cl ₂ Ca, 0,02 N, %			60+	50+	—	—
1 ml. de Cl ₂ Ca, 0,02 N, %			—	—	30—	—
Residuo (retenido en el tamiz n.º 20) %			0,10—	0,10—	0,10—	0,10—
» la con cemento %			—	—	—	2,0—
PRUEBAS SOBRE EL RESIDUO						
Penetración, 25° C, 100 gr., 5 seg.	T-49	D-5	100-200	100-200	100-200	100-200*
Estabilidad en C, Cl ₂ , %	T-44 ⁶⁰	D-4*	97,5+	97,5+	97,5+	97,5+
Estabilidad, 25° C, cms.	T-51	D-113	40+	40+	40+	40+

Para algunos usos especiales, tales como emulsión asfáltica diluida para capas de sellado, puede preferirse un residuo de penetración inferior. En tales casos la penetración del residuo a 25° C debe ser 40-60 y el grado se designará como SS-1h.

Salvo que se emplea tetracloruro de carbono como disolvente en lugar de sulfuro de carbono, el procedimiento n.º 1 del Método AASHTO, T-44, o el n.º 1 del Método ASTM D-4.

R E F E R E N C I A S

1. Hugh A. Wallace y J. Rogers Martin, ASPHALT PAVEMENT ENGINEERING (1969).
2. Clarkson H. Oglesby y Laurence I. Hewes, INGENIERIA DE CARRETERAS (1980).
3. The Asphalt Institute, MANUAL DEL ASFALTO (1977).
4. Manuel Enrique Echegaray del Solar, PRONTUARIO DE LA ASIGNATORA DE PAVIMENTOS (1969).
5. Antonio Miguel Saad, TRATADO DE CONSTRUCCION, Tomo I (1980).
6. Jesús Moncayo V., MANUAL DE PAVIMENTOS (1980).
7. Félix Orús Asso, MATERIALES DE CONSTRUCCION (1981).
8. Jesús González Hermosillo, PAVIMENTOS DE CAMINOS Y AEROPISTAS (1969).
9. Gustavo Rivera G., EMULSIONES ASFALTICAS (1981).
10. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION, parte cuarta y octava (1974).