

150

2ej

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**



**CARPETAS ASFALTICAS  
ELABORADAS**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**  
P R E S E N T A :  
**ELISEO VITE RAMOS**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

1991



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCION

En este trabajo se pretende resumir la importancia que tienen los materiales asfálticos, los diferentes tipos de carpetas asfálticas y los requisitos de los materiales pétreos que se utilizan en las carpetas asfálticas.

De ahí que siempre exista la inquietud de fomentar la investigación científica para mejorar la calidad de los asfaltos; así mismo es importante la ayuda que nos proporcionan las pruebas de laboratorio que nos permite determinar las propiedades tanto físicas como químicas y su comportamiento en carreteras y aeropistas de una carpeta.

En México, los materiales asfálticos son utilizados en la mayor parte de las obras de pavimentación que se construyen y generalmente con ellos se integran las obras superiores de los pavimentos, principalmente las capas de rodamiento y las que sirven de protección a la obra; de esta forma, por razones económicas y de disponibilidad de materiales, los asfaltos han sido la solución natural para los pavimentos, tomando en cuenta sus buenas propiedades de consistencia, aglutinamiento, durabilidad e impermeabilidad. El concreto hidráulico también es empleado para realizar funciones similares en los pavimentos, pero es mínimo el volumen de las obras que se realizan con éste material por su relativo costo inicial.

**CAPITULO I**  
**ANTECEDENTES HISTORICOS**

## CAPITULO I

### REVESTIMIENTOS.- ANTECEDENTES HISTORICOS

Se comprende fácilmente que las piedras naturales, por sus condiciones de dureza, tenacidad y por la posibilidad de trabajarlas con herramientas elementales, hayan sido los primeros materiales utilizados para los revestimientos de carreteras, predominando ésta clase de revestimientos, en todas las épocas, en todos aquellos sitios donde existían canteras utilizables. El arte del empleo de las piedras naturales para la construcción de carreteras ha evolucionado notablemente con el transcurso del tiempo.

De las sendas y caminos sin revestir, pasó lentamente a tipos de revestimiento más primitivos. Prescindiendo de la utilización, para éste fin, de troncos y ramas de árboles, los primeros revestimientos se construyeron con gravas rodadas o piedra recogida y a veces con grandes losas planas.

Los escritores griegos y romanos, nos dan las primeras noticias sobre estas cuestiones en la época preclásica.

En el siglo V A.C. habla Herodoto de grandes carreteras revestidas en Egipto, entre ellas, la gran calzada construída sobre un terraplén que sirvió para la construcción de la pirámide de Cheops.

En China, India y algunas regiones de la América del Sur, se han encontrado restos de antiguas carreteras revestidas con piedras.

Si bien de estas remotas épocas sólo nos han quedado escasos restos para poder formar un juicio exacto sobre el desarrollo de estos trabajos, poseemos en cambio datos bastante completos sobre los trabajos de pavimentación de la época romana. En casi todos los países que formaron parte del Imperio Romano, se encuentran restos más o menos completos de su sistema de carreteras.

Dado que en aquella época no se podía contar con una conservación cuidadosa y constante, los romanos construyeron bases de extraordinaria solidez para que resistieran largo tiempo, dicho espesor alcanza a menudo 1.00. o más.

Con la ruina del Imperio Romano, perecieron también sus organizaciones y se abandonaron también las carreteras por ellos construídas; en muchos sitios han resistido el paso de los siglos hasta llegar a nuestros días por la extraordinaria solidez de su construcción. Durante toda la Edad Media la construcción de carreteras cayó en el olvido. Solamente en el siglo XIII los Emperadores Germánicos construyeron algunas de carácter comercial. En los siglos XIV y XV las ciudades empezaron a preocuparse por la construcción de caminos en sus zonas de influencia, pero sin plan de conjunto.

En el transcurso del siglo XVIII la construcción de carreteras entró en un nuevo florecimiento, especialmente en Francia, cuyas carreteras se revistieron siguiendo los principios de las calzadas romanas.

En nuestro país, durante toda la época prehispánica, aún cuando se conoció el uso de la rueda, no se utilizaron vehículos para el transporte terrestre, efectuándose el movimiento de mercancías sobre las espaldas de trabajadores, tanto libres como esclavos.

En el momento de la llegada de los españoles, las principales rutas de mesoamérica ya estaban trazadas. Todos llevaban desde Tenochtitlán a las costas del Golfo de México y algunas zonas con quien tenían intercambio comercial.

Sin embargo todas éstas vías no se encontraban pavimentadas o revestidas con algún material ya que eran prácticamente brechas.

Tanto a Sir. Walter Raleigh como a Cristóbal Colón se les atribuye el descubrimiento del gran lago de asfalto de la isla de Trinidad; y ellos, aparentemente usaron éste material en el calafateo de sus barcos. Durante las dos últimas décadas del siglo XIX se usaron en la construcción de caminos y en otras aplicaciones especiales, considerables cantidades de asfalto del depósito de Trinidad.

**CAPITULO II**  
**ASFALTOS**

## CAPITULO II

### ASFALTOS

El asfalto se conoce hace más de 50 siglos, los Asirios, los Egipcios y los Persas lo usaron para hacer vasos y esculturas, o para decorarlos y siglos antes de la era cristiana ya se utilizaba el asfalto como aglutinante, existen numerosas inscripciones en Babilonia que mencionan muros y pavimentos de ladrillos pegados con asfalto.

Durante mucho tiempo se abandonó al parecer el uso de éste producto y la noticia más antigua que se tiene del mismo en su utilización para construcción de caminos de un tipo similar al macadam o pavimento hecho por los Incas en el Perú hacia el año 1500.

Vuelve a dejarse abandonado el asfalto más de 300 años, hasta que su aplicación en los pavimentos se usa en París en 1835 para las banquetas, las cuales fueron ejecutadas con rocas asfálticas del Val de Travers en Suiza, a mediados del siglo se usa en Inglaterra y en los Estados Unidos y a fines del mismo, ya se usaba en escala bastante importante para fijar y eliminar el polvo en los caminos.

Desde el punto de vista físico y químico el asfalto es un sólido o semi-sólido café oscuro, con propiedades adherentes, que gradualmente se licúa por calentamiento y en el cual los constituyentes predominantes son betunes (o bitúmenes) que existen en forma sólida o semi-sólida en la naturaleza, o que se obtienen por refinación del petróleo, o que son combinaciones de ambos asfaltos entre sí, o con petróleo y sus derivados.

En forma sólida es el asfalto un medio cementante (aglutinante), duro y de gran duración. Mediante el asfalto ha sido posible, el uso de roca, grava y arena, para la construcción de pavimentos permanentes, de buena calidad.

Las capas de roca cementadas o aglutinantes mediante asfalto, frecuentemente se parten antes de que el medio cementante que las une se divida. Al mismo tiempo es el asfalto uno de los conservadores mejor conocidos por el hombre y es posiblemente el material impermeabilizante más útil que existe. El asfalto es fácilmente manejable para todos los usos y puede ser transformado a formas sólidas, plásticas o líquidas; moldeado para dar cualquier forma y trabajado para revestimientos relativamente delgados.

Por medio de disolventes se le puede dar cualquier consistencia, lo mismo que por calentamiento. Los constituyentes elásticos que contiene, le imparten flexibilidad a sus derivados. No está sujeto a alteraciones por vibración y no refleja ondas de sonido, lo que hace que sea un medio absorbente excelente del sonido. El asfalto no causa daño a las personas que lo manejan y solamente se necesitan precauciones para impedir quemaduras, cuando se trabaja con compuestos preparados a altas temperaturas.

El medio cementante, usado en la capa superior del pavimento flexible, es generalmente cemento asfáltico, que liga y mantiene unidas las partículas de agregado, previamente compactadas, para formar una masa estable, sólida y capaz de resistir los esfuerzos enormes de compresión impuestos sobre su superficie por las cargas de los camiones. El asfalto protege también la mezcla de pavimentación de los efectos destructores del intemperismo, haciendo un medio de construcción sumamente resistente.

En términos generales, se compone el asfalto de tres grupos de ingredientes fundamentales: aceites, resinas y 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 y las resinas sus propiedades cementantes. Ambos, en conjunto le imparten las propiedades cementantes, conservadores e impermeabilizantes que lo caracterizan. Los aceites a su vez proveen la movilidad y la plasticidad del asfalto, haciendo que sea manejable para todos los usos. Las proporciones relativas de cada ingrediente del asfalto determinan sus consistencias y sus ca

racterísticas como medio cementante conservador.

Un asfalto compuesto fundamentalmente por asfaltenos y que contengan pocas resinas, es siempre duro, la gilsonita es un espécimen representativo de esto.- Los cementos asfálticos contienen a su vez una proporción reducida de aceites;- su consistencia se indica a base de unidades de penetración. Mientras menos - aceite tenga la combinación, más duro será el cemento asfáltico e inversamente, mientras más aceite exista, más suave será el cemento asfáltico y mayores serán sus propiedades lubricantes.

## TIPOS DE ASFALTO

Hay en general dos tipos de materiales para pavimentación: los asfaltos naturales o nativos y aquellos que son derivados del petróleo.

En realidad es arbitraria esa definición, puesto que ambas clases de materias se originan en la naturaleza y por lo tanto son productos naturales.

### Asfaltos Naturales

La teoría volcánica, admite que los hidrocarburos naturales son producidos en la masa interna del globo, por combinación directa del carbono y del hidrógeno, bajo la influencia de la presión y de la alta temperatura que reina. Estos productos sólidos, líquidos o gaseosos, enseguida aparecen en la superficie terrestre, en el curso de las erupciones volcánicas y están más o menos condensados.

La teoría hullera, atribuye a los asfaltos y al petróleo un origen vegetal análogo al de la formación de la hulla. los productos de descomposición de los vegetales, resultante de la destilación y transformación en el interior de la tierra, aparecen en la superficie a favor de la erupción volcánica y de plizamientos de la corteza terrestre.

En fin, la teoría orgánica considerada actualmente como la más probable - atribuye al petróleo un origen orgánico, principalmente animal: descomposición de organismos inferiores (infusorios, moluscos, etc), acumulados en el curso de sedimentación y consta en efecto, que la mayor parte de los grandes yacimientos de petróleo se encuentran en las regiones sedimentarias. Existen por otra parte, ciertos asfaltos nativos que seguramente provienen de una alteración especial (asfaltización) de petróleo por polimeración y parte por deshidrogenización al contacto del aire y sobre todo de aguas sulfurosas o sulfatadas con parte de los aceites ligeros

Los yacimientos de asfalto natural, se encuentran muy diseminados en la superficie del globo terráqueo.

El asfalto más viejo que se conoce es el de Judea (Valle de Jordán, Mar-muerto y sus alrededores). En las Antillas los yacimientos más importantes de asfalto son los de Trinidad y se presentan en dos aspectos, lacustres y terrestres. El asfalto lacustre forma un lago dentro de un viejo cráter (Lago de la Brea). Sólido en la superficie y siendo semilíquido a cierta profundidad, contiene 40 % de asfalto puro, soluble en bisulfuro de carbono ( $CS_2$ ). El asfalto terrestre, proveniente del desbordamiento del lago está más cargado de materias extrañas que el lacustre. En Venezuela (Lago de Bermúdez) y en Cuba, se encuentran yacimientos que ofrecen de 75 a 80 % de asfalto puro soluble en bisulfuro de carbono. En Estados Unidos se encuentran yacimientos de asfalto puro, el cual es duro y quebradizo (Gilsonita y Grahamita) que se encuentran en varias localidades, en las hendiduras de las rocas o en vetas, de las cuales se extrae como el carbón de mina. En Albania se encuentran los yacimientos lenticulares de Selenita, cuyo producto es más puro que el de Trinidad. Así también se pueden citar los yacimientos en Siria de Lattaquié.

Cualquiera que sea el origen el producto en bruto es posible depurarlo por medio del refinado. Después de su extracción, la depuración consiste en someter el producto a una fusión simple por el calor, que le separa del agua y una fracción de las materias extrañas.

El producto así obtenido es muy duro para los usos a los cuales se destina. Se corrige ésta característica con la incorporación de un solvente ó flux, - ésta incorporación se hace al mismo tiempo que el refinado para dejarlo listo para su uso, los fluxes más usados en los asfaltos, son aceites de esquistos.

### Asfaltos de Roca

Los asfaltos de roca son rocas silíceas o calcáreas impregnadas naturalmente con bitúmen puro. Generalmente se les tritura, rompe, calienta, etc. y se

utilizan ya en esa forma para compactarse y formar superficies de pavimentación.

Las rocas asfálticas varían considerablemente en su contenido de asfalto: - especímenes de rocas calcáreas, por ejemplo las de Oklahoma muestran contenidos de 3 a 4 %, en tanto que las arenas asfálticas de California tienen un 15 y 17- % de asfalto.

## TIPOS Y GRADOS DE ASFALTOS PARA PAVIMENTACION.-

Los asfaltos usados en la industria de pavimentación, varían en consistencia desde líquidos que la tienen como el agua y que son usados como medios para suprimir el polvo, hasta asfaltos sólidos pulverizados que se usan para mezclas. Los diversos tipos de asfalto incluyen los siguientes: asfaltos duros, cementos asfálticos, asfaltos líquidos de fraguado lento, asfaltos líquidos de fraguado-rápido, asfaltos líquidos de fraguado medio y asfaltos emulsificados o emulsiones de asfalto.

### Asfalto Pulverizado.-

El asfalto pulverizado es un asfalto duro que ha sido molido hasta obtener un polvo que pase la malla 10 y que logre en un 50 % pasar a través de una malla 80. Se produce por destilación bajo vacío y con arrastre de vapor o por soplado durante el cuál los gases, aceites y otros líquidos ligeros son eliminados dejando un asfalto seco, concentrado y duro.

El asfalto pulverizado se utiliza normalmente mezclado con asfaltos de fraguado lento para aumentar la consistencia, el poder cementante y para incrementar la resistencia a la intemperie. Los asfaltos pulverizados son particularmente útiles para la producción de mezclas para bacheo, que mantienen su manejabilidad durante semanas después de su preparación pero que después de tendidos y compactados poseen las características del pavimento obtenida por mezcla en caliente.

Ese tipo de mezcla es preparado recubriendo las partículas de agregado con el grado más propio de asfalto líquido de fraguado lento. El asfalto pulverizado en las proporciones debidas se mezcla después con las partículas recubiertas de aceite. Los pequeños granos de asfalto pulverizados entran en contacto y se adhieren a las películas de aceite de fraguado lento con las cuales se mezclan lentamente para formar películas de ligante de cemento asfáltico.

### Cemento Asfáltico.-

Entre el asfalto duro descrito y los asfaltos líquidos usados en tratamiento de superficie y en mezclas de bajo costo para pavimentación viene el cemento asfáltico. Se usa como filler para pavimentación en bloques, para cerrar grietas, como ligantes para concreto asfáltico de alto grado y para sellos en caliente. Diferentes grados de cemento asfáltico son designados por los límites altos y bajos determinados por su poder de penetración.

### Asfaltos Líquidos.-

Los asfaltos líquidos difieren de los cementos asfálticos en que su medio cementante está en forma líquida, manteniéndose en solución por disolventes - que si se eliminan dejarán como residuo un verdadero cemento asfáltico. Por su carácter y comportamiento, se utilizan como ligantes en pavimentación, dependen por tanto fundamentalmente del carácter y cantidad del disolvente presente.

El disolvente se lleva en el asfalto líquido para hacer un producto fluido y facilitar así su aplicación y manipulación en la construcción de carreteras. El disolvente viene a ser un sustituto del calor que se usa en el trabajo de alta calidad para hacer fluido el cemento asfáltico mientras está siendo procesado para ciertos trabajos. El solvente es más útil que el calor, porque su efecto licuante se extiende durante un período de tiempo más largo. La fluidez de un asfalto líquido es función de la cantidad del solvente contenido en el producto. Mientras más solvente exista, más fluido será el material. El carácter del solvente también afecta el comportamiento del asfalto líquido. Mientras más volátiles sean los solventes, más rápido será el período de fraguado que seguirá al uso del material y menos finos tendrán que ser usados en el agregado en la operación de mezclado en campo. Mientras menos volátil sea el solvente, mayor cantidad será requerida para llevar un asfalto hasta una penetración para obtener un grado determinado de fluidez.

## MATERIALES ASFÁLTICOS.

El material asfáltico que es soluble en bisulfuro de carbono se define - como bitúmen, el cual tiene propiedades aglutinantes y se clasifican como: sólidos, semisólidos o líquidos que se utilizan en estabilizaciones, en riegos de impregnación, de liga y de sello, en construcción de carpetas y en la elaboración de mezclas y morteros.

Los materiales asfálticos pueden dividirse en dos clases:

- 1º.- Los aceites asfálticos para caminos, que son obtenidos por la destilación directa de los aceites del petróleo; contienen una mezcla de bitúmen asfáltico con otros productos petrolíferos más ligeros como tractolina y petróleo, éstos productos son menos volátiles que la kerosina. Los aceites asfálticos, están compuestos de hidrocarburos saturados de alto peso molecular; a temperaturas ordinarias son líquidos viscosos o semilíquidos, su color es café y son poco aglutinantes o cohesivos.
- 2º.- Asfaltos rebajados.- Es un material asfáltico proveniente de la destilación de petróleo o una mezcla del mismo con aceites volátiles, - por lo que se puede considerar como disolución del bitúmen asfáltico; generalmente se emplean calientes.

Los asfaltos rebajados se conocen por los nombres:

- F.L.- Fraguado Lento, en los cuales se usa como solvente el diesel y por tanto su volatilidad es lenta.
- F.M.- Fraguado Medio, en los cuales se usa como solvente la kerosina y su volatilidad es media.
- F.R.- Fraguado Rápido, en los cuales se usa como solvente la gasolina y su volatilidad es rápida.

Estas letras están seguidas de una cifra que varía de 0 a 4 y que indican la viscosidad del producto.

Las temperaturas de los materiales asfálticos en el momento de su empleo - deberán ser las que se indican a continuación:

A).- Cementos asfálticos		de 120 ° C	a	160 ° C
B).- Asfaltos rebajados de fraguado lento	FL-0	de 20 ° C	a	30 ° C
	FL-1	de 30 ° C	a	45 ° C
	FL-2	de 75 ° C	a	85 ° C
	FL-3	de 85 ° C	a	95 ° C
	FL-4	de 95 ° C	a	100 ° C
C).- Asfaltos rebajados de fraguado medio	FM-0	de 20 ° C	a	40 ° C
	FM-1	de 30 ° C	a	60 ° C
	FM-2	de 70 ° C	a	85 ° C
	FM-3	de 80 ° C	a	95 ° C
	FM-4	de 90 ° C	a	100 ° C
D).- Asfaltos rebajados de fraguado rápido	FR-0	de 20 ° C	a	40 ° C
	FR-1	de 30 ° C	a	50 ° C
	FR-2	de 40 ° C	a	60 ° C
	FR-3	de 60 ° C	a	80 ° C
	FR-4	de 80 ° C	a	100 ° C
E).- Emulsiones asfálticas por lo general		de 5 ° C	a	40 ° C
no se les deberá aplicar calentamiento.				

Los materiales asfálticos no deben aplicarse cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 ° C; cuando exista amenaza de lluvia o cuando la velocidad del viento impida que la aplicación con petrolizadora sea uniforme.

### MEZCLAS ASFALTICAS

Una mezcla asfáltica es el producto obtenido mediante la incorporación y - distribución uniforme de un material asfáltico en un pétreo. De acuerdo con - sus características y condiciones de uso se recomienda que se elaboren con los- materiales asfálticos que se señalan en el siguiente cuadro:

MATERIAL ASFALTICO RECOMENDABLE EN LA CONSTRUCCION DE CARPETAS Y SOBRECARPETAS		
	PARA CARRETERAS	PARA AEROPISTAS
	Tránsito diario en ambos sentidos de vehículos pe- sados.	Aviones con peso total en tonela- das.
CEMENTO ASFALTICO	MAS DE 1000	MAS DE 10
ASFALTO REBAJADO	1000 MAXIMO	20 MAXIMO
EMULSION ASFALTICA	1000 MAXIMO	20 MAXIMO

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

#### Mezclas en frío.-

Las mezclas en frío pueden ser:

- a).- Mezcladas en el lugar.
- b).- Mezcladas en dosificadora.

En este tipo de mezclas el material asfáltico empleado es un asfalto reba-

jado o una emulsión asfáltica.

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

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

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

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

En la elaboración de las mezclas frías, puede hacerse en planta estacionaria o viajera, pero la mayor parte de las veces se emplea el sistema de mezclado en el lugar con motoconformadora, para lo cual se "acamellona" el material pétreo, se cubica y conocido su volumen, se extiende con motoconformadora, se le aplica la cantidad de asfalto necesario por medio de una petrolizadora entre tres o cuatro riegos, procediendo inmediatamente a revolver el material utilizando motoconformadora para homogenizar la mezcla y provocar la pérdida de solventes. Este proceso toma de 20 a 30 horas de mezclado, según las condiciones atmosféricas para un volumen de 200 m<sup>3</sup> aproximados de mezcla; posteriormente cuando la mezcla tenga la cantidad mínima de solventes se procede al tendido con motoconformadora y su compactación, para la cual se usan rodillos lisos - Tandem de 6 a 8 ton. y después compactadores neumáticos con peso de 4 a 6 tons, hasta alcanzar la compactación del 95 %.

#### Mezclas en caliente.-

Este tipo de mezclas es elaborado en planta, la que puede ser de funciona-

miento continuo o discontinuo. La diferencia, como su nombre lo indica es que mientras en una la alimentación de la mezcladora es en forma continua en la última esta alimentación se hace por pesadas.

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

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

## CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES

### EN LAS CARPETAS ASFALTICAS

Los procesos a que se somete un material asfáltico al ser empleado en --  
pavimentación, son los siguientes:

- 1).- Mezclado
- 2).- Transportación y Extendido
- 3).- Compactación
- 4).- Exposición al tráfico

La mezcla del material asfáltico con el agregado se puede realizar de va -  
rias maneras: el sistema sencillo para tratamientos de superficies, consiste en  
extender el material asfáltico sobre la superficie, cubrirlo con agregado, plan  
charlo y exponerlo después a la acción del tráfico.

Para operaciones de penetración, se extiende primero agregado grueso, que-  
se plancha.

La superficie obtenida se trata con el asfalto caliente y ocasionalmente -  
se cubre con agregado más fino.

Cuando se realiza la "mezcla en campo", se extiende para formar la carpeta,  
una mezcla previamente formada, del asfalto y el agregado. Las mezclas pueden--  
obtenerse previamente en caliente (para bajar la viscosidad) o en frío.

En ambos casos es necesario que el asfalto tenga una viscosidad suficiente  
mente baja para que cubra convenientemente a las partículas del agregado. El ma  
terial, se encuentra entonces en un estado muy poco compacto y, por tanto difie  
re radicalmente en sus propiedades del producto final.

La compactación del material se realiza normalmente por medio de un plan -

chado y ocasionalmente sólo a base del tráfico. La compactación puede considerarse como una deformación plástica del material, acompañada de una reducción de los espacios libres.

No ha sido posible llegar a tener técnicas de control de los materiales -- que permitan anticipar las condiciones que darán durante el uso en forma definitiva.

#### 1).- Mezclado.-

La mezcla del concreto asfáltico se efectúa ya sea en plantas fijas o semi transportables, que incluyen equipos para el calentamiento de los agregados. Las plantas modernas son muy superiores a las que se disponían sólo hace algunos años atrás. Los agregados se mantienen a una temperatura alrededor de 160 ° C en los compartimientos del silo de acopio. Luego son pesados con exactitud en la plataforma elevada de la planta, frecuentemente en una tolva sujeta a dicha plataforma por medio de palancas múltiples, en forma tal que en todos los casos se obtenga un grado de exactitud suficiente como para asegurar que la geometría de la mezcla cumpla rígidamente con las especificaciones. La dosificación por volúmen se permite algunas veces bajo estricto control.

La mezcla de los materiales del concreto asfáltico se efectúa en mezcladoras de doble eje con paletas, usualmente conocidas como tipo "amasadora". Dichos ejes giran en sentido contrario dentro de la mezcladora produciendo con sus paletas un desplazamiento de los materiales hacia arriba.

La velocidad de rotación es de 60 a 100 revoluciones por minuto, por lo común alrededor de 75. La capacidad de la mezcladora varía de 400 a 1800 Kg. Los agregados gruesos y finos a temperaturas de 150 a 180 grados se dejan caer en las proporciones adecuadas de la tolva de pesado a la mezcladora, distribuyéndose luego sobre la masa la cantidad especificada de "filler" frío. La boca de descarga de la tolva de pesado debe formar un ángulo recto con los ejes de la mezcladora para que se asegure un mezclado mejor y más uniforme.

Una vez que los agregados secos han sido completamente mezclados, se vierte la cantidad especificada de asfalto caliente sobre la masa en movimiento de los agregados, en forma tal que se cubra todo el largo de la mezcladora. La mezcladora continúa hasta que todas las partículas estén completamente recubiertas con el betón. El tiempo de mezclado según varias especificaciones oscila entre un mínimo de 30 segundos y un máximo de 1.5 minutos.

El resultado de la mezcla dependerá en parte, por cierto, de la velocidad de mezclado, de las condiciones generales y del diseño de la mezcladora. No debe permitirse que las paletas de la mezcladora se gasten excesivamente. Es fundamental que la mezcla de los agregados sea absolutamente homogénea. Finalizada ésta operación, se vuelca directamente la mezcla sobre el camión que ha de transportarla a la obra, ó sobre un silo de acopio del que se dispone algunas veces para evitar demoras en el transporte.

La capacidad de la mezcladora varía por lo común de 450 a 1350 Kgs. No obstante algunas plantas modernas disponen de una capacidad de 1800 ó aún 2250 Kgs. La temperatura de la mezcla oscila alrededor de 16 ° C y se determina por medio de termómetros colocados estratégicamente en la mezcladora. Una necesidad de carácter permanente, es que la mezcla sea uniforme en todos aspectos.

## 2).- Transportación y Extendido.

La transportación de la mezcla asfáltica desde su lugar de origen se efectúa en camiones, los cuales deberán ser previamente limpiados, procurando que no quede polvo o materias sueltas, ni arcilla adherida. Una vez perfectamente limpios deben lubricarse las cajas, con aceite delgado pero no disolvente del asfalto (no debe emplearse diesel ni petróleo), distribuyéndolo con escoba o cepillo y levantando la caja para que escurra, pues no debe quedar acumulado en las deformaciones del fondo.

La mezcla debe llegar al tramo a una temperatura de 110 ° C a 120 ° C, para lo cual se debe cubrir la caja del camión con una lona de protección misma que no permite la contaminación del material con polvo o cualquier otra materia

extraña.

Antes de proceder a colocar la mezcla se debe dar un riego de liga con -- FR-3 sobre la base impregnada, en proporción de 0.7 litros por metro cuadrado.- Al llegar el equipo de transporte al tramo, descarga su contenido en la máquina extendedora (finisher), que forma una franja de mezcla asfáltica, evitando se gregaciones de material y dándole una ligera compactación. Al terminar de va - ciar un camión la mezcla que acarreo, se para el tren de extendido y luego, al ensamblarse el siguiente, se reanuda el trabajo, por lo que entre vehículo y - vehículo se tiene una junta en donde debe haber una discontinuidad que deberá - ser evitada o reducida por un equipo de rastrilleros, en número de 4 a 6 por - extendedora, que tienen como misión, además de lo anterior, la de asegurar - una textura conveniente en la superficie y borrar las juntas longitudinales - - entre las franjas.

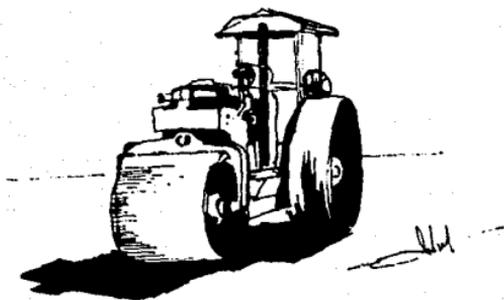
### 3).- Compactación

La compactación de un concreto asfáltico se realiza con rodillos de dos - pesos. En un comienzo se utilizó una aplanadora Tandem liviana, de no más de - 4.5 a 7 toneladas por dar la "compresión inicial", empleándose luego aplana - doras más pesadas de 7 a 11 toneladas. En todos los casos en que el ancho del - pavimento lo permite, se especifica el cilindro diagonal y transversal o cruza - do.

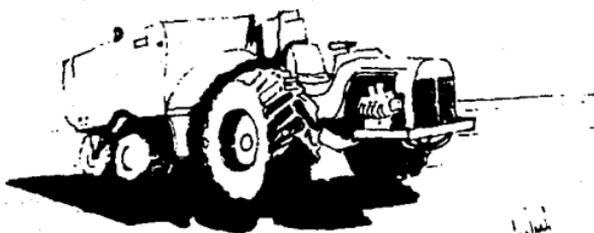
Actualmente, sin embargo, se admite que una fuerte compresión inicial es - más deseable que nociva. Por lo tanto, se especifica frecuentemente que las - aplanadoras para el rodillado inicial deben tener un peso de 9 a 11 toneladas, - o ejercer una presión de 45 a 65 kilogramos por centímetro lineal de ancho. El - aplanado final se ejecuta con un rodillo liviano Tandem de alrededor de 7 tone - ladas. En consecuencia, tratándose de ésta operación, la práctica primitiva ha sido invertida.

Para el cilindrado se siguen los requisitos usuales, tales como iniciar el

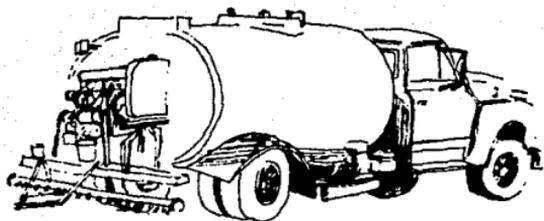
**EQUIPO DE COMPACTACION**



**APLANADORA DE TRES RODILLOS**



**COMPACTADORA CON LLANTAS NEUMATICAS**



**PIPA PETROLIZADORA**

rodillado en los bordes y avanzar hacia el centro superponiendo medio ancho de rueda trasera por vez. Es deseable además que la compactación se realice a una temperatura apropiada, ni demasiado pronto, ni demasiado después que la mezcla haya sido distribuida, aunque siempre antes de que la misma se haya enfriado.

Si el aplanado se inicia muy pronto, existe una tendencia al fisuramiento o agrietamiento del material, si se demora en cambio demasiado tiempo, la compactación es deficiente. Es necesario también que el rodillado se ejecute lo suficientemente despacio como para prevenir el peligro de desplazamiento de la mezcla por empuje. Cuando se invierte el sentido de marcha de la aplanadora deben tomarse precauciones especiales para evitar corrimientos. Esta maniobra también no debe realizarse en un mismo punto durante viajes sucesivos del rodillo. En algunas especificaciones se estipula el número de metros cuadrados o de toneladas de mezcla que pueden ser cilindradas por rodillo y por hora. Las depresiones y sobre elevaciones que aparezcan durante el primer aplanado deben ser puestas de manifiesto por medio de una regla recta de 3 mts., y corregidas con rastros calientes o mediante el agregado de más mezcla, procediéndose luego a compactar de nuevo con aplanados longitudinales y transversales.

Alrededor de los registros, cordones, etc., inaccesibles a las aplanadoras se especifica la compactación con pisones de mano calientes.

Una buena compactación de mezclas de concreto asfáltico densas, permite obtener pesos específicos aparentes de 2.30 a 2.60. Por cierto que la densidad propia de los agregados pétreos es, en sí misma, un factor determinante en la densidad final de la mezcla compactada. La relación entre el peso específico aparente y la densidad máxima teórica, como es el caso de los morteros asfálticos, permite medir el grado de densificación final. Valores de 92 a 95 por ciento son muy satisfactorios, aunque relaciones de 94 a 98 por ciento son comunes para las mejores mezclas. Los vacíos en el pavimento terminado, sin embargo pueden variar de un valor tan bajo como 0.6 por ciento a uno tan alto como 7 por ciento.

### Exposición al tráfico.-

La exposición al tráfico es una de las actividades de mayor importancia a que se ve sometida cualquier carpeta asfáltica, independientemente de su exposición a los efectos climatológicos.

Sin embargo, previa la exposición al tráfico una carpeta asfáltica se debe sellar con un material asfáltico que se cubre con un material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Los materiales pétreos que se emplean normalmente en la construcción de un riego de sello, son cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento rápido.

Las carpetas asfálticas elaboradas con agregado grueso, a menudo se dan por terminadas sin el riego de sello, aunque algunas veces sean espolvoreados con cemento portland ó arena caliente.

Muchos de los defectos de una carpeta asfáltica se llegan a manifestar cuando ésta es sometida al tráfico de vehículos, los cuales pueden ser por sobrecarga, incluyendo cargas netas excesivas, gran repetición de cargas y excesiva presión de las llantas de los vehículos que pueden causar fallas estructurales o funcionales.

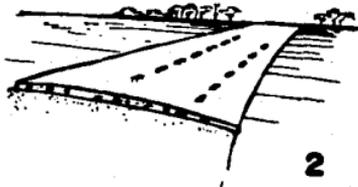
Las condiciones climatológicas y del medio ambiente que producen irregularidades de la superficie y debilitan la estructura del pavimento.

Los cambios de temperatura y la humedad ambiental, provocan la desintegración de los materiales del pavimento, fractura de los materiales de la base o sub-base, que generan finos y hacen inestable la mezcla, fallas en las terracerías por efecto de los agentes atmosféricos, empleo de materiales de calidad inferior a la especificada y técnicas de construcción deficientes.

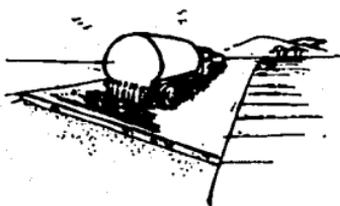
## ESQUEMA DE CONSTRUCCION DEL ASFALTO



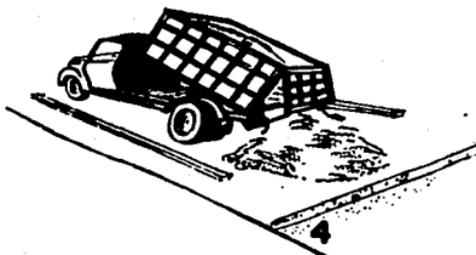
1



2



3



4

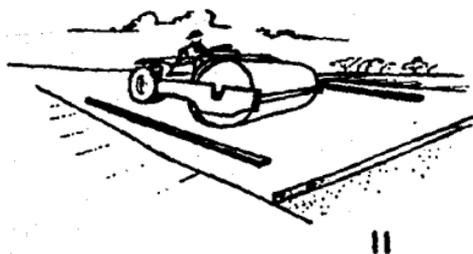
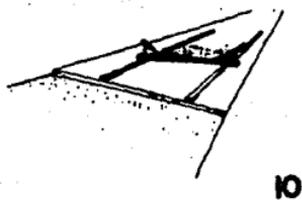
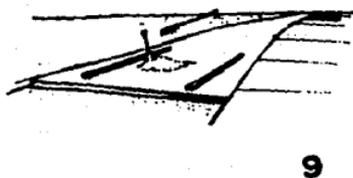
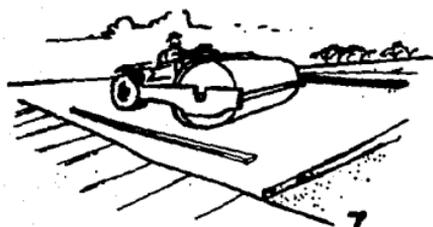


5



6

# ESQUEMA DE CONTRUCCION DEL ASFALTO



**CAPITULO III**  
**DIFERENTES TIPOS DE CARPETAS ASFALTICAS**

## CAPITULO III

### DIFERENTES TIPOS DE CARPETAS ASFALTICAS.

#### INTRODUCCION.-

Una carpeta asfáltica puede definirse como la capa o conjunto de capas materiales apropiados, comprendidos entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

En otras palabras, la carpeta es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos por el proyecto. La estructura o disposición de los elementos que lo constituyen, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una gran variedad de posibilidades, de tal suerte que puede estar formado por una sola capa o más comúnmente, por varias y, a su vez, dichas capas pueden ser de materiales naturales seleccionados, sometidos a muy diversos tratamientos; su superficie de rodamiento propiamente dicha puede ser una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados. De hecho, la actual tecnología contempla una gama muy diversa de secciones estructurales diferentes y elegir la más apropiada para las condiciones específicas del caso que se trate, por cierto no es una tarea sencilla a la que se enfrenta un especialista.

De un modo bastante arbitrario y con fines fundamentales prácticos, los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. Sin embargo, la rigidez o flexibilidad que un pavimento exhibe no es fácil definir tan adecuadamente como para permitir una diferenciación precisa entre uno y otro tipo de pavimento; es hasta cierto punto materia de juicio al precisar qué tan rígido puede ser un pavi-

mento flexible o qué tan flexible puede llegar a ser un pavimento rígido.

El hecho es que los pavimentos se diferencian y definen en términos de los materiales de que están constituidos y de cómo se estructuran esos materiales - y no por la forma en como distribuyen los esfuerzos y las deformaciones producidas por los vehículos a las capas inferiores, lo que constituirá quizá un criterio de clasificación más acertado.

Para fines de este trabajo se considerará un pavimento rígido aquel cuyo elemento fundamental resistente sea una losa de concreto hidráulico; en cualquier otro caso, el pavimento se considerará flexible.

#### PAVIMENTOS FLEXIBLES.-

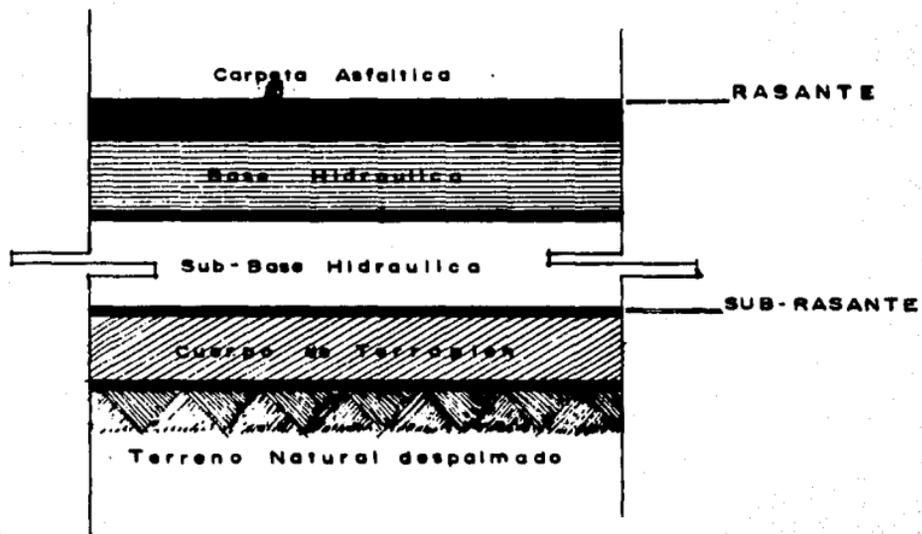
Las siguientes pueden considerarse las características fundamentales de un pavimento flexible, considerado como un conjunto:

- A).- La Resistencia Estructural
- B).- La Deformabilidad
- C).- La Durabilidad
- D).- El Costo
- E).- Los Requerimientos de Conservación
- F).- La Comodidad

A).- La Resistencia Estructural..

La primera condición que debe cumplir el pavimento es soportar las cargas impuestas por el tránsito dentro del nivel de deterioro y paulatina destrucción previstos por el proyecto. Las cargas del tránsito producen esfuerzos normales y cortantes en todo punto de la estructura. La metodología teórica para el análisis de resistencia de los pavimentos es proporcionada por la Mecánica de Suelos y es sabido que en ese campo las teorías de falla de mayor aceptación hoy son las de esfuerzo cortante; como consecuencia, en el estudio de los pavimen-

## Pavimento Flexible



tos flexibles suele considerarse a los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural; correspondientemente, la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos resulta ser la prioridad fundamental.

Además de los esfuerzos cortantes, actúan en los pavimentos esfuerzos de tensión que se desarrollan en los niveles superiores de la estructura.

#### B).- La Deformabilidad.-

En algunos aspectos importantes el problema de la deformabilidad de los pavimentos tiene un planteamiento opuesto a la de la resistencia. Con respecto a la deformación, dada la naturaleza de los materiales que forman las capas del pavimento, la deformabilidad suele crecer mucho hacia abajo y la terracería es mucho más deformable que el pavimento propiamente dicho y dentro de éste, la subrasante, capa inferior, es mucho más deformable que las capas superiores.

Las cargas de tránsito producen en el pavimento deformaciones de varias clases. Las elásticas son de recuperación instantánea y suelen denominarse plásticas dentro de la tecnología, a aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora. Bajo carga móvil y repetida, la deformación plástica tiende a hacerse acumulativa y puede llegar a alcanzar valores inadmisibles.

#### C).- La Durabilidad.-

Las incertidumbres prácticas ligadas a la durabilidad de un pavimento flexible, son grandes y difíciles de tratar, aún al nivel más general. Será difícil definir cuál es la durabilidad deseable que haya de lograrse en un caso dado. Evidentemente que ésta está ligada a una serie de factores económicos y sociales del propio camino; en una obra modesta, la duración del pavimento puede ser mucho menor que la del camino, con tal de que la serie de reconstrucciones que entonces se requieran valgan menos que el costo inicial de un pavimento mucho más durable, más el valor que pueda darse a las interrupciones de servicio que a las reconstrucciones del lugar; por el contrario en obras de muy alto tránsito y gran importancia económica se requerirán pavimentos muy duraderos a fin de no tener que recurrir a costosas interrupciones de un tránsito importante.

#### D).- El Costo.-

Como todas las estructuras de ingeniería un pavimento representa un balance entre la satisfacción de requisitos de resistencia y estabilidad en general, por un lado y el costo, por otro. Un diseño correcto será el que llegue a satisfacer los necesarios requerimientos del servicio a costo mínimo. Naturalmente - que para lograr el equilibrio podrá seguirse una gran cantidad de posibles líneas de conducta y de aquí emana uno de los aspectos de diseño más inciertos y de los que demandan mayor criterio.

De hecho, la primera disyuntiva se tiene al elegir el tipo de pavimentos a emplear en cada caso; los pavimentos rígidos, flexibles ó semirígidos son ventajosos ó inconvenientes según los casos, hablando comparativamente. En general - los pavimentos rígidos demandan poco gasto de conservación y se deterioran poco pero su costo de construcción es alto y están circunscritos a la disponibilidad de los materiales necesarios y a un equipo de construcción especializado. Los pavimentos flexibles requieren de una menor inversión inicial, pero una conservación más costosa.

Otro de los factores que intervienen en forma decisiva en los costos de un pavimento y para cuya definición no existen tampoco reglas fijas confiables es el relativo a las normas de construcción a que han de sujetarse los diferentes materiales para cumplir con los requerimientos de un proyecto determinado. La compactación, por ejemplo, incluye un gran número de incertidumbres importantes que han de resolverse sobre la marcha con base en la experiencia y el sentido común de los proyectistas y constructores.

#### E).- Los Requerimientos de la Conservación..

Una gran cantidad de incertidumbres de las que se plantean en la práctica

de los pavimentos tienen que ver con su conservación. Los factores climáticos - influyen decisivamente en la vida de los pavimentos, por lo que el proyecto ha de tomarlos en cuenta para su previsión, a fin de dejar a la conservación una - tarea razonable; sin embargo, es obvio que tales factores involucran muchos ele - mentos de estimación difícil, a pesar de lo cual ésta debe intentarse siempre, - conjugando la experiencia precedente con una buena información de las condicio - nes locales.

La intensidad del tránsito también se refleja en el aspecto que ahora se - analiza, se trata ahora de prever el crecimiento futuro, tanto del número como del tipo de vehículos circulantes.

Otro factor a tomar en cuenta en la conservación de los pavimentos es el - futuro comportamiento de las terracerías, sus deformaciones, derrumbes, satura - ciones locales, etc., pues de otra manera podrá llegarse a graves problemas de - conservación y de reconstrucción.

Las condiciones de drenaje y subdrenaje de la vía terrestre son seguramen - te uno de los puntos más importantes para definir tanto la vida de un pavimento como su necesidad de conservación.

La degradación estructural de los materiales constitutivos por carga repe - tida, es otro aspecto importante a reflejarse en los requerimientos de conserva - ción.

Frecuentemente los pavimentos sufren falta de conservación sistemática, - con lo que su vida se acorta imprevisiblemente. Esto sucede sobre todo invocan - do escasez de recursos o impostergables necesidades sociales para la construc - ción de obras nuevas. Evidentemente ambas razones no pueden ignorarse, pero una red de carreteras y aeropistas es un costoso patrimonio nacional del que muchas cosas dependen y que tampoco pueden dejarse deteriorar en forma indiscriminada.

#### F).- La Comodidad..

Especialmente en grandes autopistas y caminos de primer orden, los problemas y métodos del diseño de los pavimentos deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad de proyecto. Evidentemente dentro de éste requisito quedan incluidos otros muchos, de los que la seguridad es el más importante, la estética y su efecto en las reacciones psicológicas del conductor, merece también consideración.

#### TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.-

Las fallas de los pavimentos pueden posiblemente dividirse en tres grupos fundamentales, de origen bien diferenciado.

##### 1).- Fallas por insuficiencia estructural.-

Se trata de pavimentos contruidos con materiales inapropiados en cuanto a resistencia o con materiales de buena calidad, pero en espesor insuficiente. En términos generales ésta es la falla que se produce cuando las combinaciones de la resistencia al esfuerzo cortante de cada capa y los respectivos espesores no son los adecuados para que se establezca un mecanismo de resistencia apropiado.

##### 2).- Fallas por defectos constructivos.-

Se trata de pavimentos quizá bien proporcionados y formados por materiales suficientemente resistentes, en cuya construcción se han producido errores o defectos que comprometen el comportamiento conjunto.

##### 3).- Fallas por fatiga.-

Se trata de pavimentos que originalmente estuvieron quizá en condiciones apropiadas, pero que por la continuada repetición de las cargas del tránsito sufrieron efectos de fatiga, degradación estructural y, en general, pérdida de re

sistencia y deformación acumulada. Estos fenómenos están grandemente asociados al número de repeticiones de la carga, las fallas de fatiga resultan claramente influenciadas por el tiempo de servicio; son las fallas típicas de un pavimento que durante mucho tiempo trabajó sin problemas.

## PAVIMENTOS RIGIDOS.-

Como ya se dijo un pavimento rígido tiene como elemento estructural fundamental una losa de concreto. Esta se apoya sobre una capa de material seleccionado, a la que se le dá el nombre de sub-base; cuando la subrasante del pavimento tenga una calidad suficientemente buena, la losa de concreto puede colocarse directamente sobre ella, prescindiéndose así de una sub-base especial. De lo que se trata es de que la losa de concreto tenga un apoyo suficientemente uniforme y estable, como para garantizar que no quede totalmente falta de soporte; como se logre ésto y qué capas de suelo hay que proporcionar para ello, depende de la calidad de los materiales que se estén utilizando, de los niveles de compactación que se empleen y de condiciones locales de clima y drenaje.

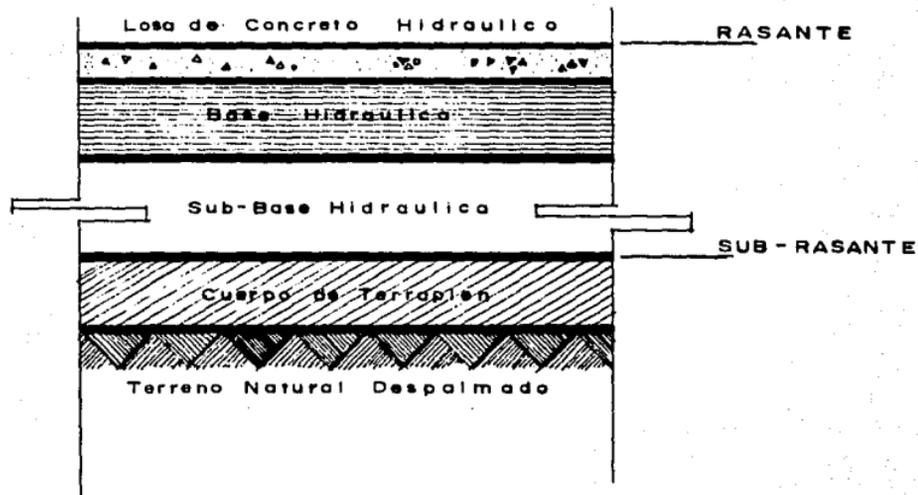
Los concretos que se utilizan en la losa suelen ser de resistencia relativamente alta, generalmente comprendida entre 200 y 400 k/cm<sup>2</sup>. Las losas pueden ser de concreto simple, reforzado o pre-esforzado. Cuando se utiliza concreto simple o reforzado, el tamaño de las losas es similar, tendiendo generalmente a ser cuadradas de 3 a 5 m. de lado, pero en la actualidad existe una tendencia a aumentar su área. El concreto pre-esforzado permite la utilización de superficies continuas de área muy superior; éste hecho, unido a los considerables ahorros de espesor que es posible lograr en éste caso, induce a una tendencia en favor del uso cada vez más frecuente del concreto pre-esforzado.

Los factores que afectan al espesor de la losa son principalmente el nivel de carga que han de soportar las presiones de inflado de las llantas de los vehículos, el módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto que en ella se utilice.

## PROPIEDADES DE LA SUB-BASE Y SUELOS DE APOYO.-

La preocupación en torno a la calidad del apoyo que se ofrezca a las losas de concreto data apenas de fines de la Segunda Guerra Mundial; antes de esa época, las losas se colocaban directamente sobre el material de terracería, dotado a lo más de una capa subrasante, pero sin establecer ninguna diferenciación de-

## Pavimento Rígido



criterio si los materiales en contacto con el concreto eran arenas, arcillas ó limos. El incremento del tráfico de vehículos pesados en las carreteras y en la aparición de aviones más grandes en aeropuertos, pusieron de manifiesto la influencia de un apoyo adecuado en la vida de las losas de concreto y, como consecuencia, en la actualidad se ha establecido la norma de construir una sub-base apropiada en todas las carreteras del tráfico pesado y en la mayoría de las aeropistas. Esta sub-base consiste de una o más capas de materiales granulares, muchas veces estabilizados; solamente cuando la subrasante cumpla de por sí las características que se estiman deseables para la sub-base podrá evitarse el - construiría en forma especial.

Las principales funciones de la sub-base de un pavimento rígido, son las siguientes:

- 1.- Proporcionar apoyo uniforme a la losa de concreto.
- 2.- Incrementar la capacidad portante de los suelos de apoyo, respecto a la que es común en las terracerías y capa subrasante.
- 3.- Reducir a un mínimo las consecuencias de los cambios de volúmen que puedan tener lugar en el suelo que forme las terracerías o subrasante.
- 4.- Reducir a un mínimo las consecuencias de la congelación en los suelos de las terracerías o de la capa subrasante.
- 5.- Evitar el bombeo.

## TIPOS DE FALLAS MAS COMUNES EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS.-

Las fallas en los pavimentos rígidos pueden deberse a 2 causas principales:

La primera se refiere a deficiencias de la propia losa y comprende por un lado defectos del concreto propiamente dicho, tales como utilización de materiales y agregados no adecuados, desintegración por reacción de los agregados con los álcalis del cemento, problemas derivados de uso de sales para proteger al concreto de los fríos extremos en las zonas de clima severo, etc. y, por otro lado, defectos de construcción o de insuficiencia estructural en la losa, tales como inapropiada colocación o insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga, insuficiente resistencia ante las restricciones de fricción impuestas a los pavimentos de la losa por la sub-base, alabeo de las losas o mal comportamiento de las juntas de contracción y expansión.

La otra causa principal de falla en los pavimentos rígidos se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, sub-base, subrasante y aún terracería y terreno de cimentación. De éste tipo son las fallas por bombeo, la distorsión general, la ruptura de esquinas o bordes, por falta de apoyo necesario y otras del mismo estilo.

Frecuentemente las fallas obedecen a una combinación de causas, antes que a una sola, de manera que los problemas de diagnóstico y corrección se hacen complicados.

Otros defectos comunes que causan la desintegración del concreto son el fabricarlo con una mezcla demasiado húmeda, el uso de agregados con excesivo contenido de finos o los problemas ya comentados, derivados del uso de sales. Durante el período de curado, los concretos sufren a veces agrietamientos excesivos por contracción; las grietas típicas de éste estilo son cortas y distribuidas al azar sobre la superficie de la losa, tanto en la dirección longitudinal como en transversal. Este agrietamiento es independiente de las cargas del tránsito.

Los movimientos del terreno de cimentación o de espesores importantes de material de terracería compresible, conduce al agrietamiento de las losas cuando

do los asentamientos diferenciales son importantes en tramos cortos y ocurren con rapidez. De todas maneras, la experiencia indica que la flexibilidad de los pavimentos rígidos ante estos problemas es bastante mayor de lo que generalmente se piensa. También es relativamente común que las grietas que por ésta causa se puedan llegar a producir no lleguen a plantear graves deficiencias en el funcionamiento del pavimento, especialmente si se van sellando apropiadamente a medida que se producen.

En las aeropistas es relativamente frecuente que se produzcan daños estructurales sistemáticos en las zonas de canalización de tránsito, siendo esto indicativo de que actúan cargas que exceden el nivel de proyecto, sea por su magnitud o por el número de sus repeticiones, por lo que la aeropista que presente éste defecto deberá ser estructuralmente reforzada.

## PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE SUB-BASES Y BASES.

Los procedimientos de construcción para las sub-bases, se realizan de la siguiente manera:

### Exploración

Se requiere efectuar una exploración completa de la zona en que se construirá la obra vial, con la finalidad de encontrar posibles bancos para pavimentación.

Para éste fin se hace uso de las fotografías aéreas, los reconocimientos de tipo terrestre, ya sea que se realicen a pié, en vehículo o en bestias.

Los materiales que se pueden utilizar para la construcción de sub-base o bases de pavimento, varían desde gravas, arenas de río o depósitos (aglomerados) o materiales ligeros o fuertemente cementados (conglomerados) o roca masiva. Existen materiales que aunque son finos como el "sascab" de la Península de Yucatán, de origen calcáreo, que cuando son de baja plasticidad, se comportan muy bien en éstas capas; en cambio otros materiales que a simple vista parecen resistentes, pueden comportarse mal en las bases, como son los materiales pumfíticos, que por un lado son fácilmente deleznable y al desmoronarse producen cambios volumétricos de las capas y, por otro lado, son de tipo resiliente, es decir, que presentan rebote, o sea que bajo las cargas reducen su volumen en forma importante, pero al cesar la carga lo recobran; materiales como éstos son los "jales" que existen alrededor de Guadalajara, Jal., la piedra "pomez" o el "tezontle" tan abundante en la zona del eje volcánico, desde Colima hasta Veracruz. Estos pueden utilizarse en sub-bases o terracerías, si están contenidos en materiales finos, como tepetates de plasticidad aceptable. Hay otros que son muy duros de extraerse, pero que se intemperizan, como las lutitas y pizarras que no deben usarse en sub-bases o bases a menos que se utilicen en zonas áridas.

### Muestreo, Pruebas de Laboratorio y Elección de Bancos.-

Una vez que se han localizado probables bancos, se realizan sondeos preliminares, para verificar la calidad de los materiales, y si los resultados son positivos, se realizan sondeos definitivos con mayor número que los anteriores, para conocer la extensión del banco y la variabilidad del material.

Los sondeos pueden ser a cielo abierto, cuya profundidad varía de 2.00 a -- 4.00 m. en materiales poco o nada cementados; para materiales con regular cementación y rocas, se realizan perforaciones con máquina rotatoria.

Realizados los sondeos se efectúan los muestreos, que pueden ser en forma estratificada o integrales cuando se toman de los sondeos a cielo abierto o de frentes de ataque de bancos antiguos. De las máquinas rotatorias se toman como muestra los trozos de materiales que se recuperan en los tubos utilizados. A -- los materiales muestreados se realizan las pruebas necesarias y de acuerdo a -- los resultados y a la localización se hace la elección definitiva de bancos.

### Extracción y Acarreo de Materiales.-

Para realizar la extracción de los materiales, se debe tomar en cuenta que aquellos que se encuentran en forma masiva se deben obtener en tamaños accesibles, que en obras viales son del orden de 25 cm. como máximo. Para ello, en -- primer lugar se barrena la roca, se coloca dinamita, se colocan los estopines -- y se lleva a cabo la explosión. De acuerdo a la cantidad de explosivos que se colocan en los barrenos, a la posición en que se encuentran éstos y a la dureza de la roca será el tamaño máximo de los fragmentos que se producen.

Una vez que se aflojó el material, se carga a los vehículos de transporte por medio de diferentes máquinas que se usan de acuerdo a la dificultad que presenta por el tamaño máximo de los fragmentos; así, se puede realizar la carga por medios manuales, de palas frontales o de palas mecánicas.

### Tratamientos Previos.-

En seguida se efectúan los tratamientos previos, o sea los que se llevan a cabo antes de llegar a la obra; éstos tratamientos pueden ser de cribado o de trituración; en la mayoría de los casos en que se necesita alguna estabilización, principalmente de tipo químico, también se realiza como tratamiento previo, y en todos éstos casos se requieren plantas para realizar éste tipo de trabajos.

### Acarreo a la Obra.-

Los materiales tratados previamente, o los que pueden llevarse en forma directa del banco se acarrean a la obra donde se acamellonan, es decir, se hace un acordonamiento de sección constante para medir su volumen, en caso de que exista faltante, se realizan los recargues necesarios. Para acamellonar los materiales se utilizan motoconformadoras.

### Tratamientos en la Obra.-

A los materiales que lo requieren, se les efectúan los tratamientos en el tramo, que en general son estabilizaciones mecánicas aunque en ocasiones son de tipo químico. Para realizar éstos tratamientos, con el material que constituye el mayor volumen, una vez acamellonado y medido, se forma una capa en parte de la corona de la obra, y sobre ella se coloca el material que se le va a mezclar en forma acordonada; si es necesario, se disgrega para luego mezclarlos con motoconformadora hasta homogeneizarlos, después de lo cual conviene volver acamellonarlos para comprobar el volumen, pues la suma de los volúmenes de materiales separados es mayor que cuando están unidos. Para realizar la revoltura en la obra, también se pueden utilizar mezcladoras mecánicas, que para realizar su trabajo requieren que los materiales ya estén debidamente disgregados.

### Compactación.-

Enseguida se efectúa la compactación del material, para lo cual se requiere humedecerlo con una cantidad de agua cercana a la óptima; ésta humedad óptima de campo, en general es menor que la de laboratorio, porque las máquinas que se utilizan son de gran peso, aunque se debe compensar el agua que se evapora mientras que se hacen los tratamientos. El agua no se riega de una sola vez, sino que se distribuye en varias pasadas de la pipa.

El material acamellonado se abre parcialmente hacia la corona de la obra y pasa la pipa haciendo un primer riego, luego la motoconformadora abre una nueva cantidad de material y la coloca sobre el ya humedecido, vuelve a pasar la pipa y así sucesivamente hasta que se proporciona toda el agua necesaria; inmediatamente se homogeneiza la humedad en todo el material por medio de la motoconformadora, que hace cambios sucesivos del material hacia un lado y otro sobre la corona de la obra.

Ya que se consiguió uniformar la humedad en todo el material, se distribuye a través de la corona para formar la capa con el espesor suelto necesario. Se debe cuidar que el material no se segregue, es decir, que no se separen los finos de los gruesos; para ello es conveniente que el material húmedo se coloque en el centro de la corona y se vaya distribuyendo hacia los lados por medio de la, ó las motoconformadoras que operan a una velocidad moderada, más bien baja.

Una vez que se tiene extendido el material, se procede a la compactación hasta alcanzar el grado solicitado en el proyecto, la cual puede ser entre 95 y 100 %

La compactación se realiza con maquinaria pesada de rodillos vibratorios (ver figura siguiente), ya sean metálicos lisos o de un solo tambor, o cajas con neumáticos; el peso de éstos puede variar entre 15 y 25 ton.



**RODILLO VIBRATORIO DE UN SOLO TAMBOR (LISO)**



**RODILLO VIBRATORIO DE UN SOLO TAMBOR  
(PATA DE CABRA)**

## CLASIFICACION DE TIPOS DE CARPETAS ASFALTICAS

Las carpetas asfálticas se clasifican en cuatro tipos, incluyendo las losas de concreto hidráulico para pavimentos:

- 1.- Carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar.
- 2.- Carpetas de concreto asfáltico.
- 3.- Carpetas asfálticas por el sistema de riego.
- 4.- Losas de concreto hidráulico.

A continuación se hace una descripción de los procesos de ejecución, especificaciones, materiales, equipo y tolerancias permitidas en cada uno de los tipos de carpetas antes mencionados.

### 1.- Carpetas Asfálticas por el Sistema de Mezcla en el Lugar.-

Son las que se construyen en caminos, patios y plataformas de trabajo mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y un material-asfáltico.

Los materiales asfálticos que empleen en la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, serán rebajados de fraguado rápido o medio o emulsiones de rompimiento medio o lento.

Los materiales asfálticos que se empleen en los riegos de liga, serán cementos asfálticos, rebajados o emulsiones de rompimiento rápido del tipo fijado en el proyecto.

### Proceso de Ejecución.-

Antes de proceder a la construcción de la carpeta por el sistema de mezclado en el lugar, la base deberá estar debidamente preparada e impregnada.

El Representante de la Dependencia Contratante fijará en cada caso, el lapso que debe transcurrir entre la impregnación de la base y la iniciación de la construcción de la carpeta.

Salvo orden en contrario, se dará un riego de liga, con petrolizadora, en toda la superficie que cubrirá la carpeta, utilizando un material asfáltico del tipo y la cantidad que fije el proyecto. Este riego deberá darse antes de iniciar el tendido de la mezcla asfáltica, dejando transcurrir, entre ambas operaciones, el tiempo necesario para que el material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta deberá estar barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo; además no deberá haber material encharcado.

De acuerdo a las necesidades de la obra se fijará la longitud máxima de los tramos en que se podrá depositar los materiales pétreos, para la elaboración de la mezcla asfáltica.

Cuando se empleen motoconformadoras para efectuar la mezcla de los materiales pétreos y asfáltico, deberá aplicarse éste último por medio de petrolizadora y en el número de riegos que se ordene, sobre el material pétreo parcialmente extendido. Después de cada riego se procederá a revolverlos con objeto de facilitar la incorporación del material asfáltico al pétreo.

Una vez que haya aplicado toda la cantidad de material asfáltico fijado, se efectuará un mezclado final hasta obtener un producto homogéneo.

Cuando se utilicen mezcladoras ambulantes para efectuar la mezcla de los materiales pétreo y asfáltico, el procedimiento será fijado en campo, de acuerdo con el equipo que haya sido autorizado. Al final del mezclado, el producto deberá ser homogéneo.

CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR



MEZCLA DE LOS MATERIALES PETRED Y ASFALTICO CON MOTOCONFORMADORA



En la construcción de carpetas por el sistema de mezclado en el lugar, no deberá regarse material asfáltico si el pétreo contiene una humedad superior a la de la absorción, o tiene agua superficial, aún cuando se usen aditivos, - - excepto cuando se empleen emulsiones en cuyo caso se fijará la humedad aceptable. Cuando el material pétreo contenga una humedad excesiva, deberá procederse a su oreado, extendiéndolo por medio de una motoconformadora u otro equipo autorizado, hasta lograr que el material tenga una humedad que no perjudique su adherencia con el asfalto.

La mezcla asfáltica elaborada con asfaltos rebajados se curará oreándola, para lo cual se revolverá con motoconformadora u otro equipo, el tiempo suficiente para que se volatilice una parte del disolvente y se obtenga así la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla, fijada en el proyecto.

Cuando se elaboren las mezclas asfálticas con emulsiones de rompimiento medio o lento, se aplicará si se ordena, un riego previo de agua para dar la humedad fijada.

Una vez curada la mezcla asfáltica perfectamente, se tenderá en el ancho y espesor fijados en el proyecto. Esta operación deberá hacerse con motoconformadora o con otra clase de equipo adecuado.

Después de tendida la mezcla asfáltica y antes de iniciar la compactación se verificará que la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla, sea la fijada en el proyecto; de encontrarse correcta se iniciará la compactación utilizando un rodillo liso tipo Tandem, adecuado para dar un acomodo inicial a la mezcla; a continuación se compactará la mezcla utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuadas para alcanzar un mínimo de 95 % del peso volumétrico máximo que fije el proyecto, inmediatamente después se empleará una plancha lisa adecuada para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas, Para obtener un mejor acomodo de las partículas que forman la carpeta, se procurará realizar el planchado a las horas en que la temperatura ambiente o la acción de los rayos solares propicien ésta operación.

Para la compactación, el planchado inicial se hará de la siguiente forma:

El rodillo liso tipo Tándem o el compactador neumático, deberá moverse paralelamente al eje realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro, en las tangentes; y del lado interior hacia el exterior, en las curvas.

La longitud de tramos de tendido y compactación de la mezcla asfáltica, se fija previamente.

Cuando la carpeta quede compactada, se procederá a efectuar el recorte de las orillas de la misma, con objeto de ajustar el ancho y alineamiento conforme al proyecto, teniendo cuidado de que el efectuarlo no se dañe la base. El material producto del recorte se retirará del área de trabajo, depositándolo en un lugar adecuado.

Sobre la carpeta terminada se dará un riego de sello, cuando ésta resulte con mayor permeabilidad del 10 % permitido.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, espesor, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y con las siguientes tolerancias:

- A).- Ancho de la carpeta, del eje a la orilla para caminos - - - + 5 cm.
- B).- Profundidad de las depresiones observadas, colocando una regla de 3.00 m. de longitud para caminos, paralela y normalmente al eje - - - - - + 1 cm.
- C).- En espesor para caminos, la raíz cuadrada promedio de los cuadrados de las diferencias calculadas, restando al espesor real obtenido en cada punto de prueba el espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba, siempre deberá ser igual o menor que 0.11 del valor real promedio de la carpeta; además, el valor absoluto de la diferencia -

entre los espesores real y de proyecto, correspondiente al 93 % como mínimo, de las determinaciones realizadas para la carpeta, siempre deberá ser igual o menor que el 20 % de los espesores de proyecto. Lo anterior se puede expresar también de la siguiente manera:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.11\bar{e}$$

Para Carpeta

$$|e_r - e| \leq 0.2e$$

En el 93 % de los casos como mínimo.

En donde :

$e$  = Espesor de proyecto

$e_1, e_2, \dots, e_n, e_r$  = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

$\bar{e} = e_1 + e_2 + \dots + e_n$  = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.

$N$  = Número verificaciones de espesor real hechas en el tramo. La longitud del tramo en camino será de un kilómetro o menos, y la superficie máxima de patios y plataformas la fijará el Representante de la Dependencia Contratante.

La distribución de los puntos donde se llevan a cabo los sondeos para las verificaciones de espesor y compactación y aquellos en donde se determinen los niveles para fines de espesores y tolerancia, deberá ser indicada en las figuras

ras III-1 y III-2 respectivamente. Además, se harán los sondeos o se determinarán los niveles que se consideren como necesarios para controlar las fracciones de tramo comprendidas entre las separaciones indicadas y las que se originaron por razones de procedimiento de construcción o de interrupciones en la obra. Se tomará en cuenta adicionalmente lo siguiente:

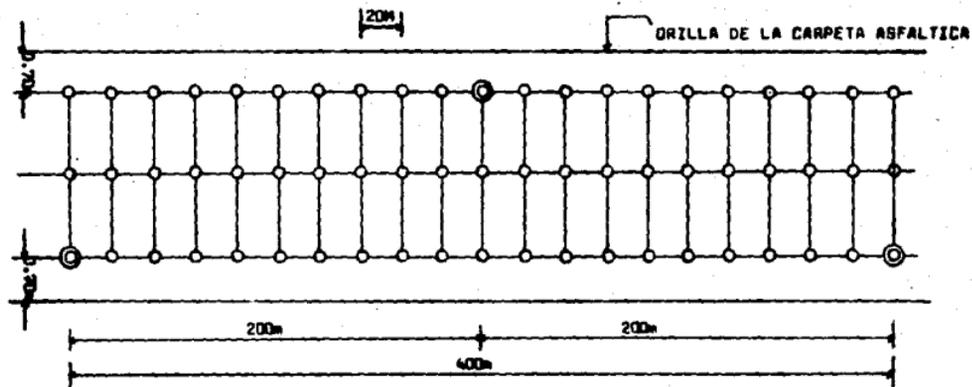
A).- Para los sondeos:

- 1).- No deberá dañarse la parte contigua a los mismos.
- 2).- El espesor de la carpeta determinado a partir de los sondeos realizados, deberá ser igual al espesor fijado en el proyecto, con la tolerancia indicada en el inciso (c) enunciado anteriormente.
- 3).- Se rellenará el hueco en cada uno de los sondeos usando el mismo tipo de material de carpeta, compactando el material de relleno hasta obtener el grado fijado en el proyecto y deberá enrasar la superficie con la original de la carpeta.

B).- En las nivelaciones para verificar los espesores:

- 1).- Se nivelará la corona de la base, terminada, utilizando nivel fijo y comprobando la nivelación. Para cada sección transversal, que deberán estar, en el caso de las carreteras a una distancia máxima de 20 mts. una de la otra, se tomarán los puntos que se indican en las figuras.
- 2).- Una vez terminada la carpeta se volverán a nivelar los mismos puntos y para las mismas secciones a que se refiere el inciso anterior.
- 3).- A partir de las cotas de ambos seccionamientos, en todos los puntos antes indicados se obtendrán los espesores de la carpeta compactada. Estos espesores deberán ser iguales al fijado en el proyecto, con la tolerancia indicada anteriormente en el inciso (c).

PUNTOS DE VERIFICACION  
CARPETA ASFALTICA EN CAMINOS

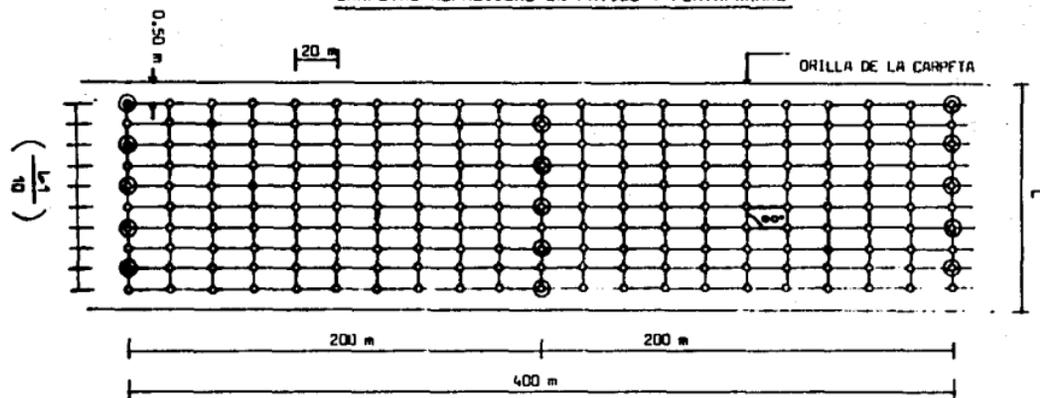


- PUNTOS DE NIVELACION
- ◎ PUNTOS DE SONDEOS EN CARPETAS

FIG. III.1

PUNTOS DE VERIFICACION

CARPETAS ASFALTICAS EN PATIOS Y PLATAFORMAS



- PUNTOS DE NIVELACION
- ⊙ PUNTOS DE SONDEO
- L = ANCHO DE LA CARPETA ASFALTICA EN MTS.

FIG. III-2

## 2.- Carpetas de Concreto Asfáltico.-

Las carpetas de concreto asfáltico son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos y materiales pétreos.

En la elaboración de los concretos asfálticos se emplean exclusivamente cementos asfálticos.

Los materiales asfálticos que se emplean en el riego de la liga, son cementos asfálticos, asfaltos rebajados o emulsiones de rompimiento rápido, del tipo fijado en el proyecto.

Cuando se requiere un aditivo para los materiales asfálticos, éste se fija previamente.

Cuando se usan para ahogar elementos sumergidos en agua de mar, se deberán hacer los ensayos de laboratorio a fin de dar la dosificación adecuada para lograr: primero que se hundan y después que liguen los elementos que se pretenden ahogar a pesar de la presencia del agua.

Los procesos iniciales de construcción son similares al de las carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, con la diferencia de que la construcción del concreto asfáltico de éste tipo de carpetas, se elabora en plantas estacionarias que constan de:

A).- Secador con inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo - igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta.

B).- A la salida del secador existe un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.

C).- Cribas para clasificar el material pétreo cuando menos en tres tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas, material pétreo - disponible para la mezcla.

D).- Tolvas para almacenar material pétreo, que lo protegen de la lluvia y del polvo, con una capacidad que asegura la operación de la planta cuando me - -

nos durante 15 minutos, sin ser alimentadas; están divididas en compartimientos para almacenar los materiales pétreos, por tamaños.

E).- Dispositivos que permiten dosificar los materiales pétreos por peso - y excepcionalmente por volumen.

F).- Equipo para calentar en forma controlada, el cemento asfáltico que garantice que éste no será contaminado, provisto de un termómetro con graduación de 20° C a 210 ° C.

G).- Dispositivos que permiten dosificar el cemento asfáltico, con una -- aproximación de un 2 %, en más o menos de la cantidad fijada.

H).- Mezcladora, equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.

I).- Recolector de polvo.

J).- Dispositivos para agregar finos.

El material pétreo deberá ser calentado y secado para que la humedad que contenga sea inferior a 1 %, antes de introducirlo a la mezcladora.

La temperatura del material pétreo deberá estar comprendido entre 120 ° C. y 160 ° C. en el momento de agregarle el cemento asfáltico y la temperatura de la mezcla deberá estar comprendida entre 120 ° C. y 150 ° C. al salir de la planta de elaboración

El transporte del concreto asfáltico deberá efectuarse en vehículos con caja metálica cubierto con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto. La superficie interior de la caja deberá estar siempre libre de residuos de concreto asfáltico, para evitar que la mezcla se adhiera a la misma.

El concreto asfáltico deberá tenderse con una máquina especial para éste - trabajo, de propulsión propia, con dispositivos para ajustar el espesor y el ancho de la mezcla tendida, y dotada de un sistema que permita la repartición uniforme de la mezcla sin que se presente segregación por tamaños en la misma. Deberá estar dotada de un calefactor en la zona de acabado superficial. La mezcla deberá vaciarse dentro de la caja receptora de la máquina y ser inmediatamente tendida por ésta, en el espesor y anchos fijados en el proyecto. La velocidad de la máquina debe regularse de manera que el tendido sea siempre uniforme en espesor y acabado. Las juntas de construcción longitudinales, en caso de que el tendido se haga en dos o más fajas, con un intervalo de más de un día entre faja y faja, deberán impregnarse de preferencia con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente faja. Las juntas transversales deberán recortarse aproximadamente a 45 ° con respecto a un plano horizontal antes de iniciar el siguiente tendido y también deberán impregnarse con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido del siguiente tramo. Con la frecuencia necesaria deberán limpiarse perfectamente todas aquellas partes de la máquina en que hayan podido quedar residuos de mezcla.

Se fijará la longitud de los tramos en que podrá tenderse el concreto asfáltico, de acuerdo con el equipo de compactación de que disponga y de la temperatura ambiente durante las horas laborables.

El concreto asfáltico deberá tenderse a una temperatura ambiente de 110 ° C.

Para la compactación, el planchado se efectuará de la siguiente manera:

- 1).- En caminos, el rodillo liso tipo Tándem o el compactador neumático deberá moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro en las tangentes; y del lado interior hacia el exterior en las curvas.

- 2).- En patios y plataformas, adicionalmente al recorrido señalado en el párrafo anterior, el equipo deberá pasarse en direcciones perpendiculares y oblicuas con respecto al eje de la superficie.

La temperatura del concreto asfáltico, al iniciarse el acomodo deberá ser de 100 ° C, a 110 ° C; generalmente la compactación de la carpeta deberá terminarse a una temperatura mínima de 70° C.

En las orillas de la carpeta se formará un chaflán cuya base será igual a 1.5 veces al espesor de la carpeta; para ello se utilizará concreto asfáltico adicional colocado inmediatamente después de tendido, o bien haciendo los ajustes necesarios en los extendedores. El chaflán se compactará con el equipo adecuado.

No deberá tenderse concreto asfáltico sobre una base húmeda, escarchada o cuando esté lloviendo.

En caminos, sobre la carpeta terminada se dará un riego de sello, cuando éste resulte con mayor permeabilidad del 10 % permitido.

En patios y plataformas, cuando se indique, la carpeta terminada se sellará con el procedimiento que fije el proyecto.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, se verificarán el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y con las siguientes tolerancias;

- A).- Ancho de la carpeta, del eje a la orilla, para caminos, patios y plataformas - - - - - + 2 cms.
- B).- Profundidad de las depresiones observadas, colocando una regla de 3 mts. de longitud para caminos y de 5 mts. de longitud para patios y plataformas, paralela y normalmente al eje: para caminos, patios y plataformas. - - - - 0.5 cms.

C).- Similar al inciso (c), para terminado de carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar.

La distribución de los puntos de los sondeos para las verificaciones de espesor y compactación, será igual a lo señalado en carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, observándose las condiciones señaladas para los sondeos en los incisos (A) y (B) y las figs. III-1 y III-2.

### 3.- Carpetas asfálticas por el Sistema de Riego.-

Son las que se construyen mediante uno, dos o tres riegos de materiales asfálticos, cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos de diferentes tamaños triturados y/o cribados.

Los materiales pétreos que se empleen en la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de riegos, se denominarán como se indica en la tabla siguiente:

DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO.	QUE PASE POR MALLA DE	Y SE RETENGA EN MALLA DE
1	24.5mm (1")	12.7 mm (1/2")
2	12.7mm (1/2")	6.3 mm (1/4")
3-A	9.5mm (3/8")	Núm. 8
3-B	6.3mm (1/4")	Núm. 8
3-E	9.5mm (3/8")	Núm. 4

Los materiales asfálticos que se empleen en la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de riegos, serán cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento rápido.

### Proceso de Ejecución.-

Antes de proceder a la construcción de la carpeta por el sistema de riegos la base deberá ser debidamente preparada e impregnada. El Representante de la Dependencia Contratante fijará en cada caso, el lapso que debe transcurrir entre la impregnación de la base y la iniciación de la construcción de la carpeta.

En la construcción de carpetas por el sistema de riegos, las cantidades de los distintos tamaños de materiales pétreos que se empleen, así como las de cemento asfáltico, serán fijadas por el proyecto. En términos generales esas cantidades dadas en litros por metro cuadrado, estarán comprendidas dentro de los límites que se indican en la siguiente tabla:

MATERIALES	TIPO DE CARPETA		
	TRES RIEGOS	DOS RIEGOS	UN RIEGO
Cemento Asfáltico	0.6 - 1.1		
Material Pétreo 1	20.0 - 25.0		
Cemento Asfáltico	1.0 - 1.4	0.6 - 1.1	
Material Pétreo 2	8.0 - 12.0	8.0 - 12.0	
Cemento asfáltico			0.7 - 1.0
Material Pétreo 3-A			8.0 - 10.0
Cemento Asfáltico	0.7 - 1.0	0.8 - 1.1	
Material Pétreo 3-B	6.0 - 8.0	6.0 - 8.0	
Cemento Asfáltico			0.8 - 1.0
Material Pétreo 3-E			9.0 - 11.0

Para la construcción de carpeta de un riego, en terminos generales se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

- a).- Se barrerá la base impregnada.
- b).- Sobre la base superficialmente seca se dará un riego de material - - asfáltico, del tipo y en la cantidad fijados previamente.
- c).- Se cubrirá el riego de material asfáltico con una capa de uno de los materiales pétreos 3-A o 3-E en la cantidad que fije el proyecto.
- d).- Se rastreará y planchará el material pétreo.
- e).- Transcurrido un tiempo no menor de tres días se recolectará mediante barrido y se removerá el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico.

Para la construcción de carpetas de dos riegos, en términos generales, se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

- a).- Se barrerá la base impregnada.
- b).- Sobre la base superficialmente seca se dará un riego de material asfáltico, del tipo y en la cantidad que fije el proyecto.
- c).- Se cubrirá el riego de material asfáltico con una capa de material - - pétreo número 2, en la cantidad que fije el proyecto.
- d).- Se rastreará y planchará el material pétreo.
- e).- Se dará sobre el material pétreo un segundo riego de material asfáltico, del tipo y en la cantidad que fije el proyecto.
- f).- Se cubrirá el segundo riego de material asfáltico con una capa de material pétreo 3-B, en la cantidad que fije el proyecto.
- g).- Se rastreará y planchará el material pétreo.
- g).- Transcurrido un tiempo no menor de tres días, se recolectará y removerá el material pétreo 3-B excedente que no se adhiera al material - - asfáltico del segundo riego, depositándolo en un lugar adecuado.

Para la construcción de carpetas de tres riegos, en términos generales; se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

- a).- Se barrerá la base impregnada.
- b).- Sobre la base superficialmente seca se dará un riego de material asfáltico, del tipo y en la cantidad que fije el proyecto.

- c).- Se cubrirá el riego de material asfáltico con una capa de material pétreo número 1, en la cantidad que fije el proyecto.
- d).- Se rastreará y planchará el material pétreo.
- e).- Se dará sobre el material pétreo un segundo riego de material asfáltico, del tipo y en la cantidad que fije el proyecto.
- f).- Se cubrirá el segundo riego de material asfáltico con una capa de material pétreo número 2, en la cantidad que fije el proyecto.
- g).- Se rastreará y planchará el material pétreo.
- h).- Se dará sobre el material pétreo un tercer riego de material asfáltico, del tipo y en la cantidad que fije el proyecto.
- i).- Se cubrirá el tercer riego de material asfáltico con una capa de material pétreo 3-B, en la cantidad que fije el proyecto.
- j).- Se rastreará y planchará el material pétreo.
- k).- Transcurrido un tiempo no menor de tres días, se recolectará y removerá el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico del tercer riego, depositándolo en un lugar adecuado.

En el proceso de trabajo de las carpetas por el sistema de riego, la aplicación del material pétreo deberá hacerse inmediatamente después de aplicado el material asfáltico. Entre la terminación de la capa correspondiente al material pétreo número 2 y el siguiente riego de material asfáltico deberá transcurrir un lapso de tiempo, el cual no será menor de cuatro días.

El tendido de los materiales pétreos se hará con esparcidores mecánicos.

Inmediatamente después de tendido el material pétreo, para tener una mejor distribución del mismo, se le pasará una rastra ligera con cepillos de fibra o de raíz, dejando así la superficie exenta de ondulaciones, bordes y depresiones.

Los materiales pétreos tendidos y rastreados, como se describe anteriormente, se plancharán inmediatamente con rodillo liso ligero, únicamente para acomodar las partículas del material, teniendo especial cuidado en el planchado de materiales pétreos número 3, para no fracturar las partículas del material pétreo por exceso de planchado.

Los materiales pétreos número 3, acomodados con rodillo liso, se plancharán inmediatamente con compactador de llantas neumáticas, pasando una rastra con cepillo de fibra o de raíz, las veces que se considere necesario, manteniendo uniformemente distribuido el material y evitar que se formen bordos y ondulaciones. Los compactadores de llantas neumáticas deberán tener un peso máximo de cuatro mil quinientos (4,500) kilogramos y se pasarán alternadamente con la rastra, el número de veces que sea necesario para asegurar que el máximo de material pétreo sea adherido al material asfáltico; después de que se autorice que se abra al tránsito el tramo, se continuará rastreando para evitar que se formen ondulaciones en el material pétreo excedente. Cuando se observe que ya no se adhiere más material pétreo, y antes de tres días, se recolectará todo el sobrante con cepillos de fibra o raíz, dejando la superficie libre de material suelto, el cual se removerá al lugar que se considere más adecuado.

Todos los planchados, cualquiera que sea el tipo de rodillo o compactador usado, se harán en los caminos: en las tangentes, de las orillas de la carpeta hacia el centro; y en las curvas, del lado interior hacia el lado exterior.

Durante la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de riego, no deberá permitirse el tránsito de vehículos sobre ellas. Así mismo, esta suspensión deberá continuar por un período no menor de veinticuatro (24) horas, después de tendido y planchado el material.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, esta se verificará previamente dentro de las tolerancias siguientes:

- 1).- Ancho de la carpeta, del eje a la orilla - - - - - + 5 cms.
- 2).- Pendiente transversal, para caminos - - - - - + 0.5 %
- 3).- Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de tres metros de longitud, paralela y normalmente al eje. - - - - - 1 cm .

#### Losas de Concreto Hidráulico para Pavimentos.-

Son elementos estructurales de secciones diversas que se construyen de con

creto hidráulico, simple o armado, para servir como carpetas de rodamiento en caminos o en otras estructuras y que han sido diseñadas para resistir el tránsito de vehículos. El pavimento se construye sobre una base o sub-base cuya calidad esté de acuerdo a lo especificado en el proyecto, o bien; pueden tenderse sobre estructuras de los que va a formar parte integral, tal es el caso de las losas de cubierta en los muelles, piso de rodamiento en los puentes y de losas que en general no descansan sobre el suelo sino sobre apoyos elevados.

Los materiales que se emplean normalmente para la construcción de losas de concreto hidráulico son los siguientes:

- 1).- Cemento portland, cemento portland puzolánico, cemento portland de -  
escorias y cemento de escorias.
- 2).- Agregado fino (arena).
- 3).- Agregado grueso (grava).
- 4).- Agua.
- 5).- Aditivos.
- 6).- Acero.
- 7).- Accesorios para juntas.
- 8).- Material para relleno de juntas.

Los accesorios y los materiales para rellenar juntas, que se emplean en la construcción de losas de concreto hidráulico, son fijados por el proyecto.

#### Proceso de Ejecución.-

- 1 .- Las losas deberán reunir todas las características fijadas en el proyecto, tanto en dimensiones, calidad de los materiales y calidad en la mano de obra.
- 2 .- Todas las sub-bases terminadas deberán recibir un riego de impregnación con asfaltos rebajados o con emulsiones asfálticas, de acuerdo con lo señalado en el proyecto.
- 3 .- Si no es necesario hacer sub-base ni base, por ser de buena calidad -

la subrasante existente, sobre ésta, una vez afinada y nivelada, se construye directamente la losa de rodamiento de concreto hidráulico.

- 4 .- Antes de iniciar el colado de concreto, se humedecerá uniformemente - la sub-base impregnada, evitando la formación de charcos.
- 5 .- Antes de iniciar el colado o armado se autorizarán las superficies de base que estén debidamente preparadas para recibir el concreto.
- 6 .- Las cimbras serán de preferencia metálicas o de madera en pocos usos. Cuando se utilice cimbra deslizante para la carpeta de concreto hí -- dráulico, el ancho de la sub-base o base, cuando aquella falte, será de 60 cms. mayor a cada lado de los carriles de circulación.
- 7 .- Las cimbras se apoyarán en terreno compactado y nivelado adecuadamente, para que al colocarlas queden apoyadas uniformemente en toda su longi tud en la correcta elevación. Antes de colocar el concreto se harán - las correcciones necesarias en el alineamiento y en la nivelación de las cimbras, las cuales deberán deformarse lo menos posible y ser ca paces de soportar equipo de construcción pesado. Deberán tener un pe ralte mínimo igual al espesor de la losa de concreto por colar.
- 8 .- Las cimbras deberán fijarse con estacas en número y posición con - - veniente, a efecto de que no se desvfen más de 4 mm. de su alineamien to en cualquier dirección; así mismo deberán permanecer en su lugar - cuando menos 8 horas después del colado. En caso de bajas temperatu ras, se podrá aumentar el número de horas para iniciar el descimbra - do. Inmediatamente después del fraguado inicial deberá empezarse el - colado y después de la remoción de la cimbra, la corrección de los - bordes expuestos del pavimento.
- 9 .- Todas las juntas longitudinales y transversales, deberán ajustarse a los detalles y a la ubicación señalados en el proyecto. Las juntas -

transversales pueden ser en todo lo ancho del pavimento y pueden -  
hacerse aserradas, cuando el concreto esté todavía fresco y sin grietas, pero con tal consistencia que la acción de la sierra no lo desmo-  
rone.

- 10 .- Cuando las juntas sean de "ranura falsa" o paño debilitado, deberán -  
construirse con una profundidad igual a la cuarta parte del espesor -  
de la losa, más 6 mm. En todos los casos, el sellado de este tipo de  
juntas, deberá hacerse antes de permitir el tránsito, incluyendo el -  
equipo a usarse.
- 11 .- Las juntas longitudinales de construcción machihembradas, pueden ser-  
formadas bien sea con cimbra deslizante o con cimbra estándar de -  
acero.
- 12 .- El relleno de las ranuras deberá hacerse dentro de un plazo tal que  
la presencia en ella de cuerpos extraños no propicie la falla de orilla  
al producirse las expansiones de las losas.  
  
Antes del relleno se deberá limpiar y secar la ranura con aire a pre-  
sión. Los métodos de aplicación, los materiales de sello que se utili-  
cen, deberán ser previamente autorizados.
- 13 .- El acero de refuerzo en pavimentos de losas individuales con juntas,-  
debe consistir en mallas de alambres especiales o en parrillas de va-  
rillas, de acuerdo a lo especificado en el proyecto.
- 14 .- La dosificación, mezclado, colado, vibrado y curado de concreto hi-  
dráulico, deberá efectuarse de acuerdo a las especificaciones que se  
señalen en el proyecto y a las Normas de Construcción de la S.C.T.
- 15 .- Para dar por terminada la construcción de las losas de concreto hi-  
dráulico, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección en su  
forma, espesor, anchura y acabado de acuerdo con lo fijado en el pro-

yecto y con las siguientes tolerancias:

A).- Para caminos:

- |   |       |                     |
|---|-------|---------------------|
| 1).- Anchura de la superficie, del eje a la orilla.   | ----- | + 1 cm.             |
| 2).- Pendiente transversal con respecto a la de proyecto.   | ----- | $\pm$ 5 %           |
| 3).- Profundidad máxima de las depresiones observadas, colocando una regla metálica de 3.00 m. de longitud, paralela al eje del camino y con espaciamento de 2.00 m. entre cada prueba. | ----- | 0.5 cm.             |
| 4).- En el 80 % como mínimo del número total de los espesores determinados.   | ----- | er $\geq$ e         |
| 5).- En el 20 % como máximo del número total de los espesores determinados.   | ----- | er $\geq$ - 0.5 cm. |

B).- Para patios y plataformas:

- |   |       |             |
|---|-------|-------------|
| 1).- Anchura de la superficie, del eje a la orilla.   | ----- | $\pm$ 1 cm. |
| 2).- Niveles de la rasante con respecto al proyecto.  | ----- | $\pm$ 0.1 % |
| 3).- Profundidad máxima de las depresiones, observadas colocando una regla metálica de 5.00 mts. en dirección paralela al eje del patio o - | ----- | 0.5 cm.     |

plataforma y con espaciamento de 2.00-  
entre cada prueba.

- 4).- En el 80 % como mínimo del número total - - - - -  $e_r \geq e$   
de los espesores determinados.
- 5).- En el 20 % como máximo del número total - - - - -  $e_r \geq -0.5$  cm.  
de los espesores determinados.
- e = espesor del proyecto  
 $e_r$  = espesor real

La determinación de los espesores se hará por medio de nivelaciones y la -  
distribución de los puntos donde se lleven a cabo estas determinaciones deberá -  
ser la indicada en las figs. III-1 y III-2 correspondientes para caminos, patios  
y plataformas. Se tomará adicionalmente lo siguiente:

- A).- Se nivelará la corona de la sub-base terminada, utilizando nivel fijo -  
y comprobando la nivelación, tomando los puntos que indican en las fi  
guras a que se refiere éste inciso.
- B).- Una vez terminadas las losas de pavimento, se volverán a nivelar los -  
mismos puntos a que se refiere el párrafo anterior.
- C).- A partir de las cotas de ambos seccionamientos, en todos los puntos -  
antes indicados se obtendrán los espesores de la losa terminada. Es -  
tos espesores deberán ser iguales al fijado en el proyecto, con la to  
lerancia indicada en los incisos (A) y (B) del párrafo 15.

## RUTA CRITICA

La programación de cualquier tipo de obra, es pieza fundamental para correcta optimización de recursos humanos y financieros; por lo que en la construcción de todas las vías de comunicación, ésta se hace siempre presente.

Una de las herramientas más frecuentes y usadas en la Ingeniería, para la realización de una obra es la Ruta Crítica, la cual es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades competentes de un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo.

Para que la Ruta Crítica cumpla con sus objetivos, es conveniente hacer una serie de consideraciones que se mencionan a continuación, sin las cuales difícilmente se obtienen resultados óptimos:

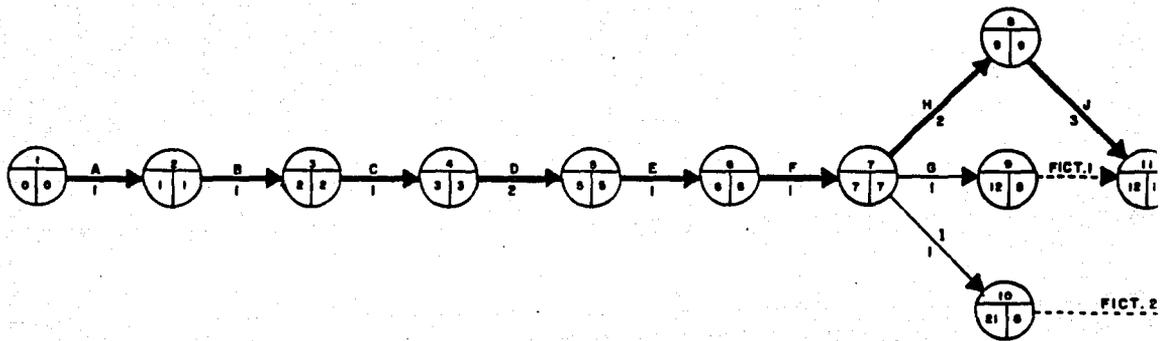
- Procedimiento de construcción.
- Recursos disponibles.
- Volúmen de obra.
- Calidad.
- Rendimientos de mano de obra y maquinaria.
- Condiciones de la localidad donde se ejecuta la obra.
- Accesibilidad a la obra.
- Etcétera.

Indudablemente que la construcción de carpetas asfálticas no podía escapar a una programación de una ruta crítica y como ilustración de este capítulo, se efectúa un ejemplo sencillo de ésta.

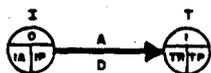
LISTA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCION DE UN KILOMETRO DE CAMINO

A).- Localización (Fijación de los puntos obligados).	
B).- Trazo preliminar (Poligonal).	
C).- Nivelación de la preliminar.	
D).- Secciones de topografía.	
E).- Secciones en planta de la línea a pelo de tierra.	
F).- Trazo definitivo.	
G).- Nivelación del trazo.	
H).- Obtención de las secciones transversales del terreno.	
I).- Localización de obra de arte.	
J).- Desmote para construcción - - - - -	50 %
K).- Cortes y préstamos. - - - - -	50 %
L).- Acarreos de material - - - - -	50 %
M).- Formación de terraplenes y compactación. - - - - -	50 %
N).- Construcción de obras de drenaje - - - - -	50 %
O).- Riego asfáltico (impregnación). - - - - -	50 %
P).- Tendido del asfalto - - - - -	50 %
Q).- Compactación de la carpeta asfáltica. - - - - -	50 %
R).- Desmote para construcción (2º) - - - - -	50 %
S).- Cortes y préstamos (2º). - - - - -	50 %
T).- Acarreos de material (2º) - - - - -	50 %
U).- Formación de terraplenes y compactación (2º)- - - - -	50 %
V).- Construcción de obras de drenaje (2º). - - - - -	50 %
X).- Riego asfáltico (impregnación ) (2º) - - - - -	50 %
Y).- Tendido del asfalto (2º) - - - - -	50 %
Z).- Compactación de la carpeta asfáltica (2º). - - - - -	50 %

# RUTA CRITICA

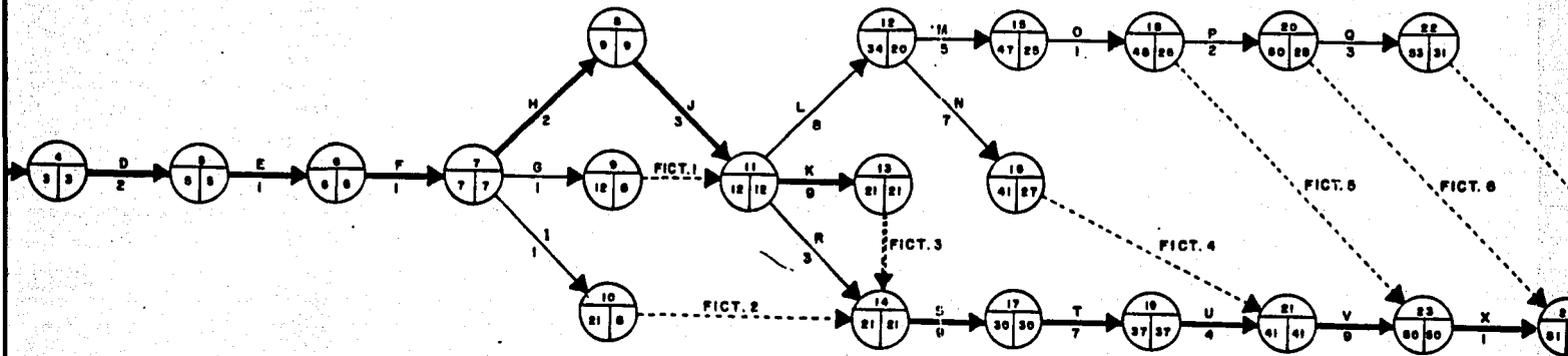


## SIMBOLOGIA



- ▶ LINEA DE RUTA CRITICA**
- ▶ UNICAMENTE ACTIVIDAD**
- - - - -▶ ACTIVIDAD FICTICIA**

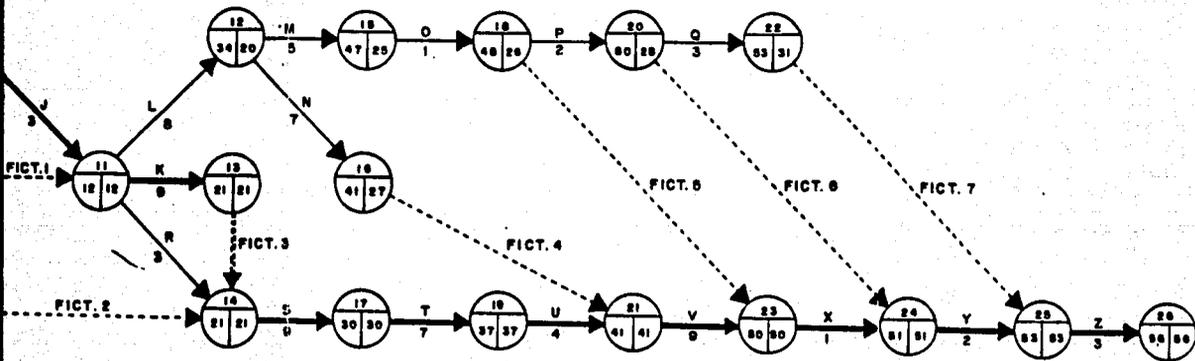
# RUTA CRITICA



RUTA CRITICA

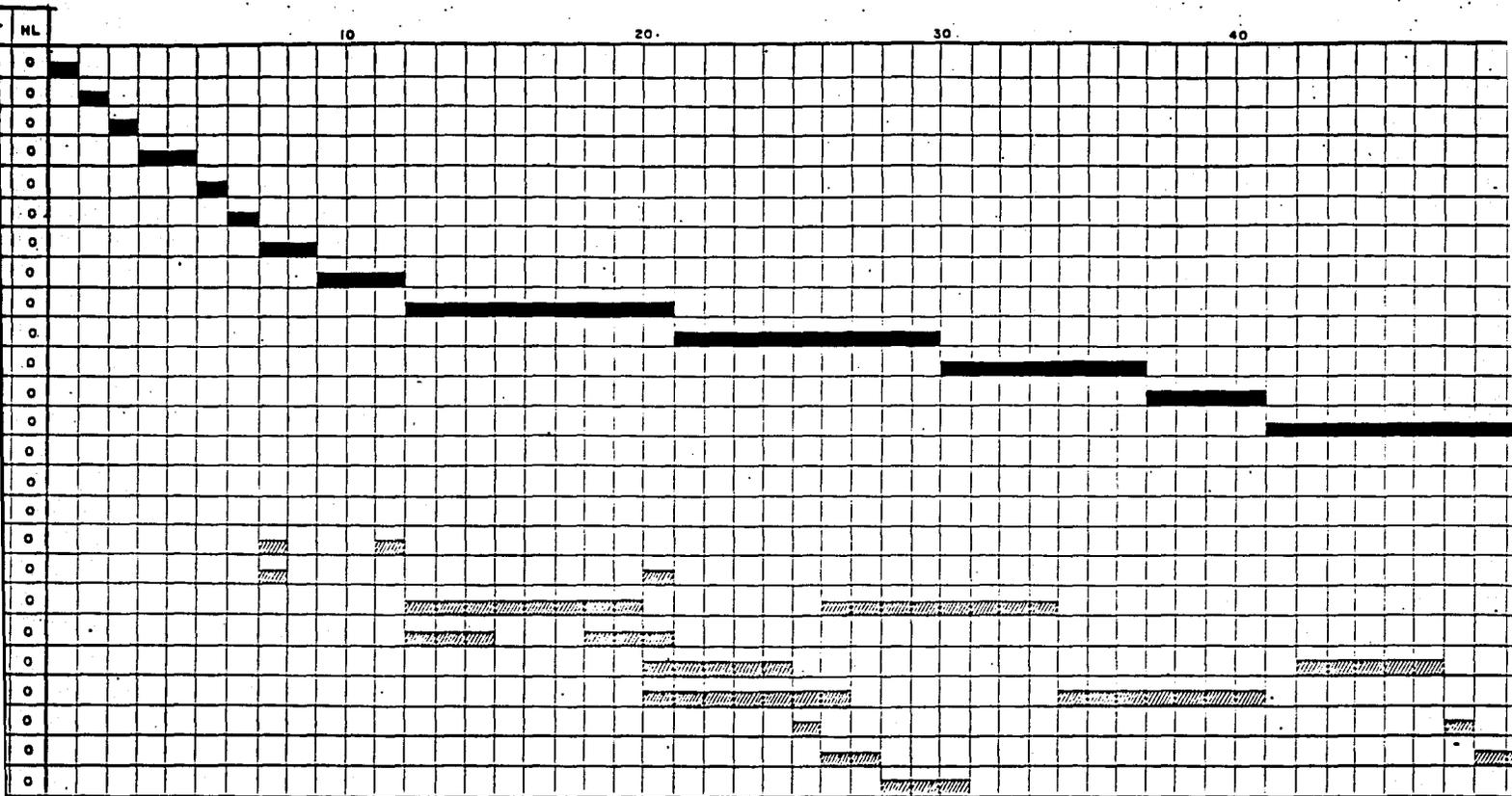
TE ACTIVIDAD

FICTICIA





# DIAGRAMA DE BARRAS DE LA RUTA CRITICA



# DE BARRAS DE LA RUTA CRITICA

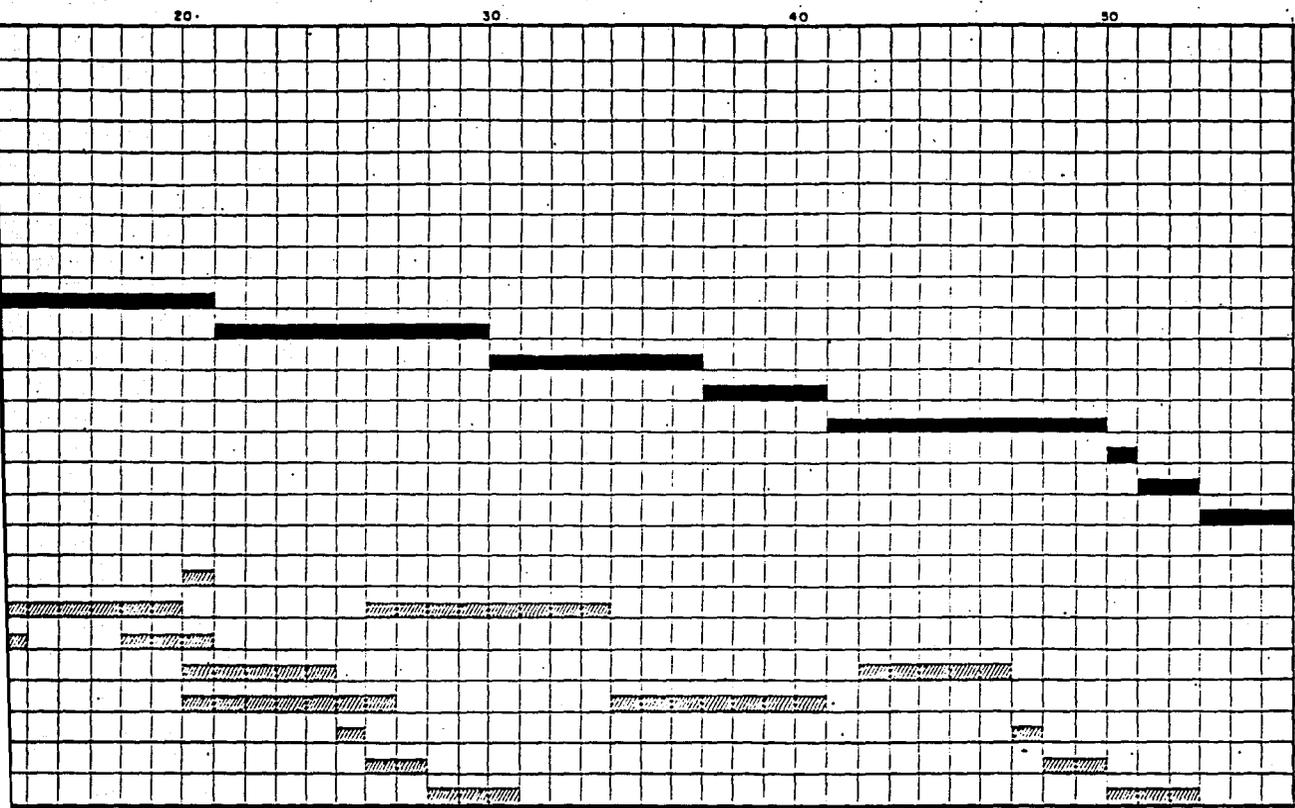


TABLA DE TIEMPOS Y MARGURAS

ACTIVIDAD		DURACION (DIAS)	$I_p$	$I_R = T_R - D$	$T_p = I_p + D$	TR	$H_T = T_R - T_p$	$H_L = T_p - I_p - D$
NOMBRE	NUMERO							
A	1 - 2	1	0	0	1	1	0	0
B	2 - 3	1	1	1	2	2	0	0
C	3 - 4	1	2	2	3	3	0	0
D	4 - 5	2	3	3	5	5	0	0
E	5 - 6	1	5	5	6	6	0	0
F	6 - 7	1	6	6	7	7	0	0
G	7 - 9	1	7	11	8	12	4	0
H	7 - 8	2	7	7	9	9	0	0
I	7 - 10	1	7	20	8	21	13	0
J	8 - 11	3	9	9	12	12	0	0
FICT.1	9 - 11	0	8	12	8	12	4	4
FICT.2	10 - 14	0	8	21	8	21	13	13
K	11 - 13	9	12	12	21	21	0	0
L	11 - 12	8	12	26	20	34	14	0
R	11 - 14	3	12	18	15	21	6	0
FICT.3	13 - 14	0	21	21	21	21	0	0
M	12 - 15	5	20	42	25	47	22	0
N	12 - 16	7	20	34	27	41	14	0
S	14 - 17	9	21	21	30	30	0	0
O	15 - 18	1	25	47	26	48	22	0
FICT.4	16 - 21	0	27	41	27	41	14	14
T	17 - 19	7	30	30	37	37	0	0
U	19 - 21	4	37	37	41	41	0	0
P	18 - 20	2	26	48	28	50	22	0
FICT.5	18 - 23	0	26	48	26	48	22	22
V	21 - 23	9	41	41	50	50	0	0
Q	20 - 22	3	28	50	31	53	22	0

ACTIVIDAD		DURACION (DIAS)	$I_p$	$I_R = I_R - D$	$T_p = I_p + D$	TR	$H_T = T_R - T_p$	$H_L = T_p - I_p - D$
NOMBRE	NUMERO							
FICT.6	20 - 24	0	28	50	28	50	22	22
X	23 - 24	1	50	50	51	51	0	0
FICT.7	22 - 25	0	31	53	31	53	22	22
Y	24 - 25	2	51	51	53	53	0	0
Z	25 - 26	3	53	53	56	56	0	0

## DEFINICIONES:

$I_p$ :	Tiempo de iniciación más próximo de la actividad
$I_r$ :	Tiempo de iniciación más remoto de la actividad
$T_p$ :	Tiempo de terminación más próximo de la actividad
$T_r$ :	Tiempo de terminación más remoto de la actividad
$D$ :	Duración de la actividad
$A$ :	Actividad
$I$ :	Evento inicial
$T$ :	Evento final
$H_T$ :	Holgura total
$H_L$ :	Holgura libre

## **C A P I T U L O   I V**

### **REQUISITOS DE LOS MATERIALES PETREOS PARA CARPETAS ASFALTICAS**

## CAPITULO IV

### REQUISITOS DE LOS MATERIALES PETREOS PARA CARPETAS ASFALTICAS

Los materiales empleados para la elaboración de las mezclas asfálticas son principalmente pétreos, asfaltos o aglutinantes y en algunos casos es necesario agregar a éstos un aditivo ó filler.

#### MATERIALES PETREOS PARA CARPETAS ASFALTICAS.-

Son los materiales seleccionados que recubiertos total ó parcialmente por una película de asfalto, forman la carpeta de rodamiento y que deben satisfacer los siguientes requisitos:

##### 1º.- Clasificación

Los materiales pétreos para carpeta se clasifican en tres grupos:

- a).- Materiales naturales que no requieren ningún tratamiento, tales como arenas de río y limos para mejoramiento; gravas con arena, arenas gráníticas, areniscas, etc.
- b).- Materiales naturales o escorias de fundición que requieren un tratamiento previo a su uso, de cribado, disgregación, lavado y trituración.
- c).- Mezclas de materiales del grupo (a) ó del grupo (b) ó de ambos.

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

Una vez determinadas éstas características el siguiente paso será el o los tratamientos necesarios para obtener el material apropiado para elaborar la mezcla; si el material presenta una plasticidad alta, será necesario lavarlos a fin

de eliminarle los finos perjudiciales. Si el material no cumple con la prueba de desgaste, no deberá usarse, ya que con el paso del equipo de compactación puede sufrir degradación con lo que quedarían partículas nuevas sin cubrir con asfalto o sueltas, lo que provocaría desprendimientos.

### 2º Condiciones de uso.-

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas deben tener las siguientes características principales:

- a).- Tener la resistencia para soportar, sin sufrir fracturas, las cargas producidas por las aplanadoras metálicas durante la construcción.
- b).- Tener afinidad con el asfalto, si es que en su estado natural, ésta no es buena, se puede mejorar: por lavado, con la trituration o con el empleo de aditivos.
- c).- Tener baja absorción y alta densidad.
- d).- No presentar tendencia marcada a romperse en forma de laja, principalmente si se van a emplear en tratamientos superficiales.
- e).- Tener las partículas de material una superficie exenta de arcilla o limo que pudiera impedir una buena adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto.

### 3º Requisitos de uso.-

- a).- Los materiales pétreos para carpetas asfálticas y construídas por el sistema de riego superficiales y para riego de sello, deberán satisfacer los requisitos de desgaste y granulometría.

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

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

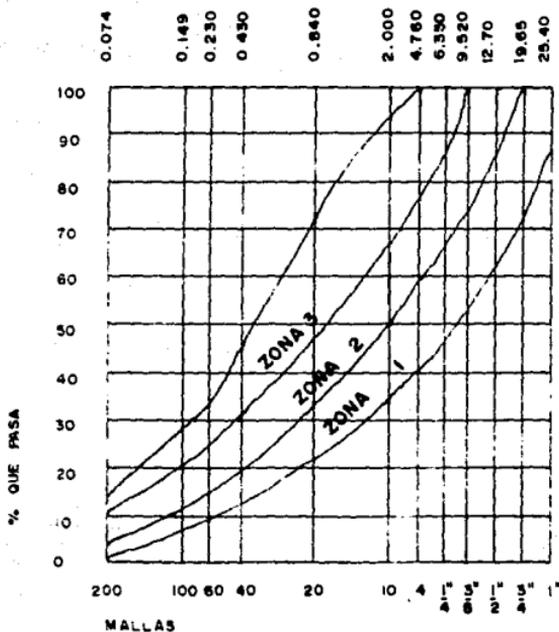
La composición granulométrica representa gráfica o numéricamente la distribución de los diferentes tamaños de las partículas que componen el material. Se acostumbra representar la composición granulométrica por medio de curva dibujada en una gráfica que tenga por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas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

Ver fig. IV-1 "Gráfica de curva granulométrica".

En terminos generales puede decirse que la mayor estabilidad de un material se alcanza cuando se reduce al mínimo de la cantidad de vacíos y para que esto pueda lograrse, se requiere una sucesión adecuada de tamaños que permita que los huecos dejados por las partículas mayores sean ocupados por partículas de menor tamaño y que a la vez, en los huecos que dejen éstas últimas se acomoden partículas más finas y así sucesivamente. Es pertinente dejar claro, que la determinación de los tamaños por medio de cribas, da idea de éstos, en sólo dos dimensiones, por lo que un material cuyas partículas afecten las formas de placas o agujas puede presentar una gran cantidad de vacíos aún cuando su curva granulométrica indique una sucesión adecuada de tamaños. Así mismo, cuando se presenten variaciones de consideración en la densidad de las partículas de diferentes tamaños, la curva granulométrica no dará una idea correcta de la sucesión de tamaños, en éste caso sería indispensable hacer la corrección para convertir los porcentajes expresados en peso o porcentajes expresados en volúmen.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

FIG. IV.1.- GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



## AGREGADOS PARA CONCRETOS ASFALTICOS MODERNOS.-

Como en otros tipos de pavimentos, se prefiere para los concretos asfálticos las rocas no porosas, más duras y tenaces. En las especificaciones se estipula con frecuencia que el por ciento de desgaste no superará el valor de 5, aún cuando valores comprendidos entre los límites 4 y 7 por ciento o aún más altos, pueden encontrarse en las especificaciones estándar. Cuando se puede disponer de basalto, se especifica un desgaste máximo de 4. En la región de los calcáreos se tolera a veces un desgaste de 7 por ciento. El agregado pétreo debe ser "bien graduado". No se permiten, por cierto, partículas alargadas, blandas ni materiales extraños de ninguna especie. En otras palabras, el agregado debe ser limpio y durable. Algunas veces puede usarse también grava sin triturar cuando la superficie de sus partículas es rugosa y adhesiva. Cualquier agregado cuestionable será cuidadosamente estudiado con respecto a su afinidad con los materiales bituminosos.

### Requisitos.-

El agregado grueso se seca completamente, por lo común en cilindros giratorios calentados por vapor o fuego directo. Luego es elevado y clasificado por zarandeo en distintos tamaños, ó combinación de tamaños, que se acopian en silos. El número de silos de acopio usualmente no excede de 4. Con frecuencia se establece en las especificaciones la obligación de instalar un pirómetro en el conducto de descarga del secador, con el objeto de indicar la temperatura del agregado en ese punto.

La granulometría del agregado se verifica constantemente. En general se establece en las especificaciones que el ingeniero, una vez que el contratista haya encontrado fuentes de piedra de calidad satisfactoria fijará, los métodos para la mezcla en obra ó granulometría que deberá cumplir el agregado dentro de los límites estipulados.

Las arenas (y algunas veces cerniduras pétreas como agregado fino) se emplean para aumentar la densidad de las mezclas. Estos materiales deben pasar por la criba de 6.4 mm. ó la malla No. 10, y ser retenidos por la malla No. 200. Es usual se permita como tolerancia que más o menos 5 por ciento del material pase por la malla No. 200. Por lo común se agrega polvo mineral (filler) a todas las mezclas para capas superiores, aunque no siempre.

Recientemente se han especificado granulometrías para mezclas tipo topeka y concretos asfálticos que cubren un amplio rango de tamaños. Cuando la granulometría para el agregado o pétreo grueso se dá por separado de la correspondencia al agregado fino ó arena, la determinación de la granulometría resultante para la mezcla total exige muchos análisis de laboratorio.

Tratándose de capas bases, a menudo se permite que el agregado pétreo tenga un tamaño máximo de hasta 63.5 mm. (2 1/2"). El máximo tolerante está gradualmente influenciado por el espesor de la capa a construir. Algunas veces se acepta el 75 por ciento de éste espesor como valor determinante para fijar el diámetro de la criba que regula el tamaño máximo.

#### MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE CARPETAS ASFALTICAS.-

Son los materiales pétreos que por sus características físicas se seleccionan para emplearse en la construcción de carpetas asfálticas.

#### Materiales.-

Los materiales pétreos seleccionados que se empleen en la construcción de carpetas y mezclas asfálticas, requieren o no lavado, deberán ser de los tipos que se indican a continuación:

- 1)- Materiales que requieren ser cribados.
- 2)- Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados.
- 3)- Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados.

Los materiales que requieren ser cribados son los pocos o nada cohesivos, - que al extraerlos quedan sueltos y que deben ser cribados según una de las si- guientes condiciones:

- A).- Por una malla, para eliminar el desperdicio de tamaños mayores de veinticinco (25) milímetros (1"); diecinueve (19) milímetros (3/4"); trece (13) milímetros (1/2"); o seis (6) milímetros (1/4").
- B).- Por dos mallas, para eliminar el desperdicio de tamaños mayores de: - veinticinco (25) milímetros (1"); diecinueve (19) milímetros (3/4"); y los tamaños menores que en cada caso se especifiquen.
- C).- Por tres mallas, para eliminar el desperdicio de tamaños mayores de: - veinticinco (25) milímetros (1"); diecinueve (19) milímetros (3/4"); - y obtener además, en cada caso, materiales separados con tamaños máximos de trece (13) milímetros (1/2"); y seis (6) milímetros (1/4").
- D).- Por varias mallas, para producir los materiales pétreos necesarios para la construcción de carpetas por el sistema de riego.

Los materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados son los poco o nada cohesivos, o bien materiales cohesivos que al extraerlos resultan con terrones que pueden disgregarse y que, según su composición granulométrica, contienen en cada caso, partículas mayores que la dimensión requerida. Estos materiales deberán ser triturados y cribados según una de las condiciones establecidas anteriormente.

Los materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados, pueden - provenir de piedra extraída de mantos de roca, de piedra de pepena o de piedra suelta de depósitos naturales o desperdicios. Estos materiales deberán ser triturados y cribados según una de las condiciones establecidas anteriormente.

## PRUEBAS DE LABORATORIO A LOS MATERIALES PETREOS PARA CARPETAS ASFALTICAS.

La manera más común empleada para hacer uso del asfalto en la elaboración de carpetas para caminos, es mezclándolo con un agregado pétreo. Sin embargo no cualquier tipo de agregado pétreo puede emplearse para formar las carpetas asfálticas. De ahí la necesidad de que se conozcan sus características físicas para saber si es apto o no.

Para conocer las características físicas de los agregados que se pretendan emplear en la construcción de carpetas asfálticas es necesario llevarles a cabo pruebas de laboratorio tales como peso volumétrico seco y suelto, granulometría, densidad, absorción, desgaste, adherencia con el asfalto, índice de plasticidad, contracción lineal y determinación de la pérdida por intemperismo acelerado en material seco.

A continuación se hace una breve descripción de estas pruebas.

a).- **Peso volumétrico seco y suelto.**- La obtención del peso volumétrico seco y suelto de los materiales pétreos para carpetas asfálticas tiene por objeto hacer conversiones de pesos de material a volúmenes.

La prueba se ejecuta de la siguiente manera:

Se toma por cuarteos una cantidad determinada de la muestra representativa - que se pretende ensayar y se seca y se disgrega para luego llenar un recipiente cuyo volumen es conocido, dejando caer el material desde una altura de 20 cms. sin apretar dicho material en el recipiente y sin mover éste para evitar que el material se acomode por los movimientos del recipiente.

Hecho lo anterior el material se enrasa dentro del molde y se pesa. A éste peso se le resta el peso del recipiente y se divide entre el volumen del mismo, obteniéndose así, el peso volumétrico seco y suelto del material pétreo.

b).- **Granulometría.**- La determinación de la composición granulométrica de un material pétreo que se pretenda emplear en la elaboración de carpetas asfálticas.

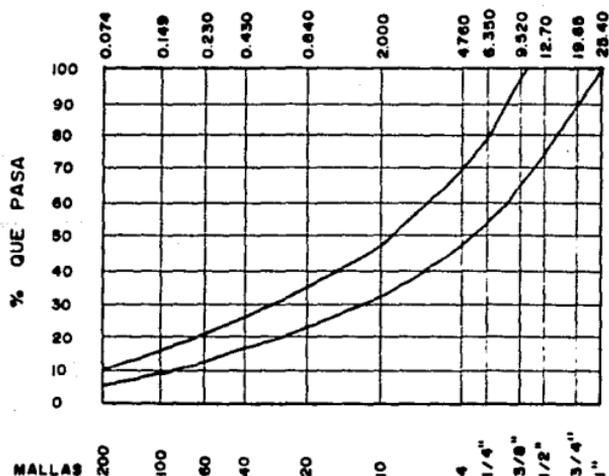
ticas, es de primordial importancia, porque en función de ellas se puede conocer de antemano que clase de textura tendrá la carpeta.

La prueba granulométrica se ejecuta de la siguiente manera:

Se pesa una determinada cantidad de material obtenida por cuarteos de la muestra representativa y se pasa por las mallas de 1" (25.40 mm.), 3/4" (19.05 mm.), 1/2" (12.70 mm.), 3/8" (9.52 mm.), 1/4" (6.35 mm.), No. 4 (4.76 mm.), No. 10 (2.00 mm.), No. 20 (0.840 mm.), No. 40 (0.420 mm.), No. 60 (0.250 mm.), No. 100 (0.149 mm.), y 200 (0.074 mm.), anotándose los retenidos en cada malla. Se calcula el retenido parcial con respecto a la muestra ensayada.

Después se calculan los porcentajes acumulativos y luego los porcentajes pasando. Con éstos últimos se dibuja la curva granulométrica del material, empleando un eje de coordenadas y anotando en el eje de las ordenadas, a escala aritmética los porcentajes pasando y en el eje de las abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas. Observando en qué zona de granulometría cae el material ensayado, según lo mostrado por las especificaciones, se puede decir si el material está bien o mal graduado y qué textura tendrá la carpeta que se elabore con dicho material.

**GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA  
CURVAS PARA CONCRETOS ASFALTICOS**



c).- Densidad y absorción.- Para ejecutar las pruebas de densidad y absorción de los materiales pétreos que se emplearán en la elaboración de las carpetas asfálticas, se toma material del retenido en la malla de 3/8" y se pone a saturar durante 24 horas, después de lo cual se extrae el material del agua y se seca superficialmente con un lienzo absorbente e inmediatamente se pesa, (Ph).

En esas condiciones se sumerge el material en un picnómetro con agua y se observa qué cantidad de ella desaloja, anotándose dicho volumen de agua como - V. Se extrae el material y se pone a secar en un horno durante 12 horas a temperatura de 100 a 110 ° C. Después de ello se saca el material del horno, se deja enfriar y se pesa obteniéndose el peso seco, Ps. Con éstos datos se obtiene la densidad y la absorción del material así.

$$\begin{aligned} \text{Densidad aparente} &= \frac{Ps}{V} \\ \% \text{ de absorción} &= \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos se comparan con las especificaciones correspondientes.

d).- Desgaste.- Esta prueba tiene por objeto conocer la calidad del material desde el punto de vista de su desgaste ya sea por el grado de alteración del agregado, por la presencia de planos débiles y aristas de fácil desgaste. -- Cuando se trata de analizar el desgaste de piedras en trozos se emplea la maquina Deval, pero cuando se trata de agregados se emplea la máquina Los Angeles, denominándose al resultado Desgaste Los Angeles.

La prueba se ejecuta de la siguiente manera: La muestra a ensayar se lava para eliminar el polvo que tenga adherido y luego se seca a peso constante en un horno y después se criba a través de las mallas 3", 2 1/2", 1", 3/4", - 12", No. 4, No. 8 y No. 12 para conocer su graduación.

Después se emplea una cantidad determinada de cada tamaño para ejecutar la

prueba, así como el peso en Kgs. de la carga abrasiva y el número de revoluciones que deberá darse a la máquina. La muestra seleccionada se pesa (P1), - se coloca junto con las esferas en la máquina y ella se hace girar hasta completar las revoluciones especificadas. Se saca la muestra de la máquina y se lava a través de la malla No. 12 secando el retenido de ésta en un horno y se pesa (P2). La pérdida por desgaste será:

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

e).- Adherencia con el asfalto.- Esta prueba tiene por objeto el conocer si el material pétreo que se pretende emplear en la elaboración de carpetas es de características hidrofílicas o hidrofóbicas. Se dice que un material es hidrofílico cuando tiene más afinidad por el agua que por el asfalto, e - hidrofóbico en caso contrario.

Si un material empleado para formar una carpeta asfáltica es hidrofílico, dicho material atraerá al agua y desalojará a la película de asfalto que lo recubre y por lo tanto queda destruída la adherencia existente entre el - agregado y el asfalto y por lo tanto se presentará la falla de la carpeta o por la pérdida de estabilidad al separarse el asfalto. De lo anterior se puede decir que es imprescindible el conocer con anterioridad a su uso, qué características presenta el agregado con relación a la adherencia con el asfalto. La falta de adherencia del asfalto con el material pétreo puede presentarse por la existencia de una película fina de polvo adherido al material pétreo ó debido a las características hidrofílicas del material que no es más que un fenómeno de tensión superficial entre las fases agregado-asfalto y agua.

Para conocer si un material tiene una buena o mala adherencia con un determinado asfalto, debe ejecutarse la prueba de Desprendimiento por Fricción

El procedimiento consiste en verificar por duplicado la prueba de desprendimiento por fricción, tomando como testigo un material que haya comprobado tener buena afinidad con el asfalto.

De la mezcla preparada en las mismas condiciones como se va a emplear en la obra, se toman 300 grs., y se colocan en un frasco de vidrio y se le agrega agua hasta cubrir dicha mezcla, dejándola en reposo 24 horas. Si después de ese tiempo el desprendimiento del asfalto del agregado es de considerable, el material puede clasificarse como altamente hidrofílico.

Si no ha ocurrido un desprendimiento apreciable de la película de asfalto, el frasco con su contenido deberá agitarse vigorosamente por tres períodos de cinco minutos cada uno, debiendo examinarse la mezcla dentro del frasco después de cada agitada de cinco minutos. Si no se nota un desprendimiento de asfalto al terminar el 3er. período de agitación, ó que haya habido un desprendimiento ligero comparado al del testigo, puede considerarse como adherencia normal con el asfalto.

En caso contrario, se dirá que el material tiene adherencia regular o baja, según sea el desprendimiento ocurrido del asfalto, siendo necesario aumentar dicha adherencia, ya sea empleando un adicionante, o tratando de ver si dicha adherencia se mejora cambiando el tipo de asfalto, triturando el material a un tamaño menor ó lavando el agregado pétreo.

F).- Contracción lineal.- La contracción lineal de los finos del material pétreo, nos indica la presencia de mucha o poca actividad de la arcilla que contenga. Si la arcilla se presenta en forma de película delgada adherida al material pétreo, provoca una adherencia baja del asfalto con el agregado pétreo. Si la arcilla se encuentra en grupos o terrones, serán puntos débiles y de falla de la carpeta, en presencia del agua.

La contracción lineal es la disminución en una dimensión de la masa del suelo expresada como un porcentaje de la dimensión original cuando su contenido de humedad se reduce desde una cantidad igual a la humedad del límite líquido del material hasta el límite de contracción del mismo.

g).- Determinación de la pérdida por intemperismo acelerado en material seco. La prueba de intemperismo acelerado, al determinar la resistencia a la desintegración de los agregados pétreos, causados por los esfuerzos desarrollados

al formarse cristales de sulfato de sodio o de magnesio en los huecos o fisuras del agregado, es un índice del grado de alteración que puede alcanzarse por la acción de los agentes atmosféricos. Estos datos son muy valiosos principalmente cuando no se cuenta con información adecuada del comportamiento del material expuesto a las condiciones de intemperismo existentes en la región.

Deberá hacerse únicamente cuando se tengan dudas acerca de la calidad del material que pretenda emplearse en la elaboración de carpetas asfálticas. El equipo necesario será:

Un juego de mallas Tyler estándar de abertura cuadrada de las siguientes denominaciones: 1/2" (38.1 mm), 1" (25.40 mm), 3/4" (19.05 mm), 1/2" (12.70 mm) y No. 4.

Charolas de peltra, una balanza de 5 kilogramos de capacidad y 1 gramo de sensibilidad, solución saturada de sulfato de sodio, magnesio, horno a temperatura de 100 a 110° C.

El procedimiento de prueba se detalla a continuación: Prepárese una solución saturada de alguna de las sales en agua, de manera de obtener no solamente una saturación, sino presencia en exceso de cristales al momento de hacer la prueba. La disolución se hace a una temperatura de 25 a 30 ° C. y se mantiene a una temperatura de 21 ° C. por lo menos cuarenta y ocho horas antes de emplearla. Deberá agitarse perfectamente cuando va a iniciarse cada ciclo. Se recomienda emplear las siguientes cantidades de sal para asegurar la presencia de cristales en la solución.

Solución de sulfato de sodio, si es anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 350 gramos por litro si posee agua de cristalización ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), 750 gramos por litro. Solución de sulfato de magnesio, ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), (Sal de Epsom) 1,400 gramos por litro.

Existen dos procedimientos de prueba que se aplican de acuerdo con la forma en que se presenta el material.

I.- Si el material es graduado, la pérdida en material retenido en la malla No. 4, se calculará como sigue: Se determinará la composición granulométrica del material retenido en la malla No. 4, se deberán obtener, por separado, las cantidades de muestra indicadas en cada uno de los diferentes tamaños que deberán ser ensayados individualmente.

T A M A Ñ O	CANTIDAD MUESTREO	GR.
De No. 4 a	12.7 mm (1/2")	300
De 12.7 mm (1/2") a	19.5 mm (3/4")	500
De 19.05 mm (3/4") a	25.4 mm (1")	1000
De 25.4 mm (1") a	38.1 mm (1-1/2")	1500
De 38.1 mm (1-1/2") a	50.8 mm (2")	1500

Si en la muestra original el material que pasa la malla de 25.4 milímetros (1") y se retiene en la 12.7 milímetros (1/2") es menor de 5% del total del material mayor de la malla No. 4, no deberá hacerse la prueba en dicho tamaño y se le considerará una pérdida por intemperismo al promedio obtenido para el tamaño inmediato anterior y posterior. Una consideración semejante se hará para el material que pasa la malla de 50.8 milímetros (2") y se retiene en la 25.4 milímetros (1"). Las muestras de material de cada tamaño, previamente secadas en horno hasta peso constante se colocarán por separado en charolas que contengan la solución saturada de sulfato de sodio o magnesio, de manera que queden perfectamente cubiertas y se mantendrán por espacio de 16 a 18 horas a temperatura de 21 ° C. Finalizando el periodo de saturación las muestras se sacarán de la charola, se escurrirán y se secarán hasta peso constante, a temperatura de 100 a 110° C, se dejarán enfriar y se colocarán nuevamente en el recipiente con solución de sulfato de sodio o magnesio. El ciclo anterior se repetirá cinco veces y al terminar el último, se lavarán las muestras hasta eliminar todo el sulfato de sodio o magnesio, después de lo cual se secarán hasta peso constante.

Cada muestra se cribará sobre malla inferior y se anotará el peso del -

material retenido; la diferencia de este peso con el peso original, expresada como porcentaje de éste último, representará la pérdida por intemperismo de cada tamaño ensayado.

Se calcula la pérdida total por intemperismo acelerado del material - - grueso (retenido en la malla NO. 4), multiplicando los porcentajes de material de cada tamaño ensayado, por la pérdida determinada y dividiendo entre ellos estos productos. La suma de ellos representará la pérdida total del material ensayado.

## COMENTARIOS

## COMENTARIOS

Toda obra de ingeniería, aún antes de ser terminada requiere una atención - constante a su conservación. Naturalmente las carreteras no son una excepción, - ya que por sus características especiales quedan expuestas al ataque permanente - de los agentes naturales y al efecto de las cargas que soportan sus elementos es - tructurales. Por esto es indispensable someterlas a una vigilancia continua y - concederles especial atención a fin de mantenerlas en las mejores condiciones de servicio.

Sin exagerar, se puede asegurar que los trabajos de conservación de una ca - rretera deben considerarse desde que se efectúa su localización, ya que entre - - varias alternativas de ruta, equivalentes en otros aspectos, debe elegirse aque - lla que ofrezca la mayor seguridad y ventajas para su futuro mantenimiento aún - cuando el costo inicial no sea precisamente el menor, pues los incrementos anua - les en los costos de conservación superan generalmente el incremento en la in - versión. El estado en que se encuentran los caminos y en particular su superfi - cie de rodamiento, influye en forma decisiva en los costos de operación y como - consecuencia, en los precios de los artículos de primera necesidad. Es pues vi - tal para el país que la red nacional de carreteras se conserve en las mejores - condiciones de servicio.

En México la inversión anual que se destina para la conservación y construc - ción de pavimentos es muy importante, dadas las condiciones climáticas tan diver - sas que existen, a la grán extensión territorial y a la población tan dispersa - que requiere de comunicación en forma adecuada para la comercialización de pro - ductos alimenticios, energéticos, textiles, etc...

Dice Manuel Ballesteros, en su Historia de la Cultura, que "si hubiéramos de buscar definiciones para lo que es la actividad histórica del hombre, podríamos - decir que la vida se le presenta al hombre mismo como un continuo viajar, como - un deseo de ir a algún sitio, de llegar a una meta" y, para cumplir esta acti - vidad histórica, el hombre ha tratado de allanar dificultades y vencer tropiezos.

Para su viaje, ha construido los caminos y para su meta ó descanso de ese ir y venir, las ciudades y las viviendas. Unos y otros tienen su realización sobre el suelo, y para que cumplan mejor su cometido las vías de comunicación terrestres y los lugares de estar, han tenido que ser dotados de condiciones especiales en lo que se concierne a los suelos sobre los cuales se han materializado. Estas condiciones especiales se refieren a lo plano de la superficie y a la permanencia de ésta característica, junto con otras, ante los agentes destructivos: tránsito y condiciones climatológicas. "

Todo indica que el crecimiento del transporte por carretera seguirá con el mismo ritmo explosivo que hasta ahora ha tenido; en otras palabras, el transporte por carretera se duplicará en el período de los próximos 10 años. Muchos de los conceptos de hoy en día referentes a automóviles, también sufrirán cambios circunstanciales como resultado del progreso de la ciencia. Es fácil darse cuenta que los problemas de ingeniería en el campo de caminos serán mucho más difíciles en el futuro que los que pueden presentarse actualmente, por lo que habría que desarrollar técnicas y métodos nuevos, así como recubrimientos novedosos, que los lleguen a resolver.

## BIBLIOGRAFIA

Pavimentos de Caminos y Aeropistas

Ing. Jesús González Hermosillo.

Aspectos Químicos de los Asfaltos y Mezclas Asfálticas

Profr. Quim. Manuel Madrazo

Práctica Vial Americana

Laurence Isley Hewes

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres

Alfonso Rico y Hermilo del Castillo

Apuntes de Movimiento de Tierras

Facultad de Ingeniería

Manual de Pavimentos

Jesús Moncayo V.

S.C.T. Normas de Construcción

Pavimentos Tomo X .- Ed. 1981

U.N.A.M.

Facultad de Ingeniería

Sección de Construcción

Apuntes de Ruta Crítica

Prontuario de la Asignatura de Pavimentos

Ing. Manuel Enrique Echegaray del Solar

# I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I - PLANEACION	3
I.1 - Análisis de la demanda	3
I.2 - Oferta de infraestructura	9
I.3 - Evaluación financiera y económica	26
CAPITULO II - PROYECTO	32
II.1 - Estudios Meteorológicos y Topográficos	32
II.2 - Proyecto Aeronáutico	37
II.3 - Proyecto Geométrico y Drenaje en Aeropuertos	49
II.4 - Diseño Estructural de pistas, rodajes y plataformas	55
II.5 - Proyecto de Instalaciones Industriales	71
II.6 - Proyecto de Ayudas Visuales	78
II.7 - Proyecto Arquitectónico	87
CAPITULO III - CONSTRUCCION	95
III.1 - Procedimiento constructivo de aeropuertos	96
III.2 - Reconstrucción de aeropuertos	113
III.3 - Construcción de edificaciones	116
III.4 - Construcción de Instalaciones Industriales	121
III.5 - Control de obra y Control de Calidad	129
CAPITULO IV - ASPECTOS LEGALES Y ECONOMICOS DE LA OBRA	136
CONCLUSIONES	144
BIBLIOGRAFIA	147