



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.

OBJETIVOS.

El objetivo principal de este trabajo, es tratar de interesar a aquellas personas que trabajan en el medio de la construcción y más específicamente en el área de los pavimentos y la urbanización, puedan aplicar a la construcción de terraplenes y pavimentos, soluciones más baratas, fáciles y mejor adaptadas.

Esto es muy conveniente sobre todo en nuestro país, ya que la gran mayoría o si no es que todos los pavimentos de la República, son subdiseñados, debido principalmente a que la intensidad del tránsito, no obliga a construir bases y terraplenes con la suficiente calidad para soportar un flujo de vehículos excesivo, y en gran parte también, a las limitaciones del presupuesto para la construcción de urbanizaciones el cual si no llega mermado a su destino, si es poco. Por lo tanto, la especificación aplicada a los pavimentos, puede ser muy útil para el mejoramiento de nuestros caminos y carreteras ya que algunas zonas del país tienen suelos sumamente inestables que presentan problemas complejos cuyas soluciones pueden llegar a ser muy caras o difíciles de resolver.

Como caso particular y muy a la vista, es el subsuelo de la Ciudad de México que ha provocado que la gran mayoría de sus

avenidas y calles, se encuentren con serios problemas de deformación debido a que el diseño no ha sido adecuado y en los proyectos no se tomaron en cuenta los problemas que presentaría el suelo de cimentación de los pavimentos.

C A P I T U L O I
I N T R O D U C C I O N

1.1.- DEFINICION DE TERMINOS.

En este capítulo se da el significado preciso de los términos empleados en estas Especificaciones, dado que en la construcción de obras Viales pueden tener distintos significados en el lenguaje comun, pero se ha tomado el significado taxativo de cada uno de ellos, existen además palabras de otros idiomas o adaptaciones libres sin equivalencia castellana, sin embargo dichos términos son de uso común en el medio técnico en que se emplean.

I.I.I.- Acamellonar.- Acción de formar un camellón de materiales lateral o central.

I.I.2.- Acarreo Libre.- Es efectuado hasta una distancia de 20 metros, a partir de la cual se computa el sobre acarreo. Acarreo de materiales que se requieren en la construcción de obras de drenaje, estructuras, revestimientos, sub-base, base, estabilización de suelos, pavimentos asfálticos, agua, material producto de excavación de obras adicionales abajo de la subrasante, rebaje de terraplenes o rellenos, etc.

I.I.3.- Acero para Concreto.- Varillas, alambres, cables, barras,

soleras, ángulos, rieles, rejillas de alambres, metal desplegado u otros elementos estructurales que se emplean dentro o fuera del concreto para ayudar a éste a absorber cualquier clase de esfuerzo.

- I.I.4.- Acotamiento.- Faja comprendida entre la orilla del pavimento o superficie de rodamiento y la orilla de la corona de un camino.
- I.I.5.- Aditivo.- Substancia que se añade a productos asfálticos o al concreto hidráulico para mejorar sus características físicas y lograr ciertos resultados necesarios o convenientes.
- I.I.6.- Agujas.- Conjunto de 2 guarniciones y un carril usadas para encausar el tránsito a una vía rápida.
- I.I.7.- Arcilla.- Silicato aluminico hidratado natural, generalmente combinado con óxidos de hierro, que con el agua se hace muy plástico e impermeable y al secarse se contrae y adquiere resistencia estructural. Su tamaño de partículas es menor de 0.005 mm (malla No. 270).
- I.I.8.- Arena.- Material granular resistente de la desintegración o trituración de las rocas, su tamaño está comprendido entre la malla No. 4 (4.76 mm) y malla No. 270 (0.005 mm).
- I.I.9.- Arroyo.- Superficie de la vía pública destinada al --

tránsito de vehículos.

I.I.10.- Asfalto.- Producto residual de la destilación del petróleo.

I.I.II.- Asfalto Rebajado.- Producto resultante de la mezcla íntima de asfalto y destilados volátiles del petróleo que fluidifican al asfalto y le imparte características necesarias para diferentes usos.

I.I.12.- Bacha.- Cantidad de revoltura o materiales mezclados que en una carga puede producir una revoladora o una planta mezcladora .

I.I.13.- Banco.- Sitio aprobado por el Departamento del cual se extraen materiales naturales para terracerías, obras de drenaje, estructuras, mejoramientos, sub-bases, bases, para pavimentos.

I.I.14.- Banqueta.- Zona de la vía pública destinada al tránsito de Personas.

I.I.15.- Base.- Cepa de materiales seleccionados (grava cementada controlada) que se construye sobre la sub-base y ocasionalmente sobre la sub-rasante y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a la sub base, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

I.I.16.- Bombeo.- Curvatura transversal de la superficie de ro

damiento en las tangentes de una obra vial y que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua.

- I.I.17.-Camellón.- Lomo continuo y uniforme de materiales destinados a la construcción de pavimentos colocados temporalmente a lo largo de un tramo de una obra vial. -- Construcción de una banqueta para separar las vías de circulación de sentido contrario.
- I.I.18.- Carpeta.- Capa construida mediante mezcla asfáltica y colocada sobre la base, que sirve para proporcionar -- una superficie de rodamiento uniforme, resistente a las cargas, al desgaste, al intemperismo y que proporciona adherencia a las ruedas de los vehículos.
- 1.1.19.- Carril.- Franja continua de un arroyo, limitada por señalamiento en cuyo ancho circula una sola línea de vehículos.
- 1.1.20.- Cemento Portland.- Producto obtenido de la molienda del Clinker sujeto a ciertas Normas.
- 1.1.21.- Cemento Asfáltico.- Producto de la destilación del petróleo al que se le han eliminado solventes volátiles, aceites, con características específicas, empleados en la elaboración de concreto asfáltico.
- 1.1.22.- Calhidra.- Oxido de calcio hidratado, empleado como -- cementante hidráulico.

- 1.1.23.- Cimbra.- Conjunto de obra falsa y molde para efectuar un colado de una estructura.
- 1.1.24.- Coladera de Guarnición.- Elemento de fierro o concreto que va colocado en la guarnición y lleva una rejilla para desalojar el agua pluvial de los arroyos.
- 1.1.25.- Colado.- Depósito de revoltura o mezcla de concreto en un molde o cimbra.
- 1.1.26.- Colchón.- Capa de materiales de terracerías o revestimiento, colocada encima de una tubería.
- 1.1.27.- Compactación.- Operación mecánica para lograr una reducción del volumen de vacíos: espacios y agua en un material, con el objeto de aumentar su peso volumétrico y proporcionar capacidad de carga. En la construcción de elementos de concreto hidráulico se refiere a su acomodo por medio de picado, apizonado o vibrado.
- 1.1.28.- Concreto Asfáltico.- Mezcla uniforme de material pétreo de dimensiones y características fijadas con cemento asfáltico. Esta mezcla es necesario hacerla en caliente para que el asfalto esté fluido y envuelva todo el material pétreo proporcionado características de manejabilidad y endurecimiento cuando se enfría.
- 1.1.29.- Concreto Hidráulico.- Producto elaborado con grava, arena, cemento portland y agua, dosificando adecuadamente para proporcionar la resistencia y consistencia requerida.

- 1.1.30.- Contratista.- Persona o Sociedad que mediante contrato celebrado con el Departamento tiene a su cargo la ejecución de una obra.
- 1.1.31.- Contrato de Obra.- Acto bilateral mediante el cual se crean y se precisan los derechos y las obligaciones que recíprocamente requieren el Departamento y el Contratista respecto a la ejecución de determinada obra, que el primero encomienda al segundo, quién lo debe - llevar a cabo de acuerdo con un proyecto y las Especificaciones generales de construcción, dicho convenio se celebra mediante un documento escrito.
- 1.1.32.- Curado.- Riego de agua o aplicación de membranas im--permeables o materiales húmedos, a los moldes o superficies expuestas de concreto hidráulico, de suelo es--tabilizado con cemento, de mamposterías juntas con mortero de cemento o de zampeados juntas con mortero-cemento. Conjunto de operaciones que tienen por objeto, mediante el oreado, lograr que el solvente del material asfáltico empleado en las mezclas con mate--riales pétreos se volatilice hasta un límite previamente fijado.
- 1.1.33.- Derecho de Vía.- Zona que queda bajo la jurisdicción de alguna Institución u Oficina Gubernamental destinada para la construcción y conservación del Servicio - Público que lo origina.

1.1.34.- Despalme.- Remoción de la capa superficial del terreno natural que, por sus características, no es adecuado para la construcción, ya sea que se trate de bancos, de cortes o de sitios destinados a terraplenes.

1.1.35.- Desplante.- Superficie, compactada o sin compactar, en uno o varios niveles, sobre la cual se asienta una estructura.

1.1.36.- Dirección.- Dirección General de Obras Públicas o cualquier funcionario que ejerza los derechos que ésta le haya delegado.

1.1.37.- Drenes Ciegos.- Zanjas, con tubería en su interior o sin ella, rellenas con piedras, grava y arena, que tienen por objeto coleccionar y desalojar agua de un suelo, de un lecho de roca o de una terracería.

1.1.38.- Ductos.- Son tubos de cemento ahogados en masas de concretos que sirven de protección a cables de alumbrado público, semáforos, teléfonos, etc., y que vana cierta profundidad de la rasante.

1.1.39.- Emulsión Asfáltica.- Producto que se obtiene por la dispersión estable de un cemento asfáltico en agua.

1.1.40.- Especificaciones.- Conjunto de Normas a que deben sujetarse los Contratistas del Departamento del Distrito Federal, para llevar a cabo el trabajo que se les haya encomendado.

- 1.1.41.- Equipo.- Toda clase de maquinaria y herramientas adecuadas y necesarias para la ejecución de una obra así como los vehículos empleados en la transportación de los materiales que intervienen en la misma.
- 1.1.42.- Estabilización de Suelos.- Incorporación a un suelo , de un determinado producto estabilizante, para disminuir su plasticidad y aumentar su resistencia.
- 1.1.43.- Estimación.- Evaluación que mensualmente y en la fecha fijada por el D.D.F., harán de común acuerdo ésta y el Contratista, de la obra ejecutada en ese lapso , considerando los precios unitarios de los conceptos y el número de unidades ejecutadas por el Contratista y que servirá de base para hacer los pagos parciales correspondientes a las obras contratadas. En todos los casos el D.D.F. podrá de acuerdo con la obra ejecutada, estimar porcentajes de avance en cada concepto de la obra.
- 1.1.44.- Estructura.- Arreglo o disposición de materiales o -- elementos de construcción que, de acuerdo con el proyecto, integran el todo de una obra, su parte fundamental o una de sus partes principales, Parte de una obra vial, fabricada con cualquier material, tal como un terraplén, un muro de sostenimiento, etc., o cualquier construcción provicional o definitiva que sirva

para dar paso a la misma sobre agua o sobre una depre
sión. Conjunto de elementos resistentes que forman el
armazón o el esqueleto de un edificio.

1.1.45.- Estructuras de acero.- Puentes, Pasos elevados de pea
tones, viaductos, y las demás construídas con acero -
estructural, excluyendo las cimbras, y en general las
estructuras, sus partes o construcciones auxiliares -
destinadas a maniobras o que no funcionen como parte
de la obra ya en uso.

1.1.46.- Estructuras de Concreto.- Puentes, Viaductos, además
de túneles y las demás que se construyan empenado --
concreto hidráulico y acero de refuerzo.

1.1.47.- Fianza de Cumplimiento.- Garantía que otorga el Con--
tratista al suscribir un Contrato por medio de una -
Compañía legalmente autorizada para garantizar los --
términos estipulados en el mismo y la buena conserva-
ción de las obras durante un período del tiempo fija-
do.

1.1.48.- Granulometría.- Porcentajes de partículas de tamaños
determinados, que forman el material original.

1.1.49.- Grava.- Material pétreo resultante de la desintegra--
ción natural o de la trituración de la roca, con tama
ño comprendido entre las mallas de 2" y No. 4.

1.1.50.- Grava Cementada.- Material pétreo, compuesto de grava,

arena y algún material cementante que satisface ciertas especificaciones para base de pavimentación y que se controla en Planta.

1.1.51.- Guarnición.- Elemento que sirve para limitar los arroyos, para formar banquetas o camellones.

1.1.52.- Ingeniero.- El Jefe del Departamento del Distrito Federal o su representante por él autorizados en la obra.

1.1.53.- Jardinería.- Trabajos de ornato exterior o interior de un edificio, que se realizan fundamentalmente mediante especies vegetales.

1.1.54.- Laboratorio.- Oficina encargada de llevar a cabo las pruebas y estudios necesarios para el control de calidad de los materiales y de la construcción.

1.1.55.- Limo.- Material constituido por una mezcla de partículas de sílice y caliza, con óxidos de hierro y algunas veces restos orgánicos con partículas de un tamaño comprendido entre 0.05 y 0.005 mm.

1.1.56.- Liquidación.- Documento en el cual se formulan los trabajos ejecutados, ennumerados por el Jefe de supervisión, en numeración progresiva, clasificados, especificados, cantidad de obra ejecutada, precio unitario, importe, conceptos que sumados dan el importe de la liquidación y previos los trámites respectivos se convierte en documento de pago.

- 1.1.57.- Luz de Guarnición.- Altura libre que queda entre el nivel del pavimento junto a la guarnición y la corona de la misma .
- 1.1.58.- Malla.- Instrumento de laboratorio con aberturas cuadradas iguales. El tamaño de las aberturas varía según la designación de la malla y sirven para efectuar el análisis granulométrico de los materiales.
- 1.1.59.- Mezcla Asfáltica.- Producto resultante de la revoltura de un material pétreo con buena granulometría y un producto asfáltico.
- 1.1.60.- Mortero.- Mezcla y combinación de cemento, arena y agua; o de cal hidratada, arena y agua en las proporciones que se hayan determinado.
- 1.1.61.- Normas de Materiales.- Características de calidad que deben satisfacer los diversos materiales de construcción .
- 1.1.62.- Obra.- Cualquier construcción ordenada por el Departamento del Distrito Federal.
- 1.1.63.- Orden de Trabajo.- Instrumento escrito derivado de un Contrato y que forma parte de él, obliga al Contratista a ejecutar una obra y en el cual se señala el tipo, ubicación, magnitud y plazo del trabajo por realizar.
- 1.1.64.- Pavimentadora.- (Finisher). Máquina que sirve para tender y compactar inicialmente una mezcla o concreto

asfáltico, dejando una carpeta del espesor requerido y superficie tersa.

1.1.65.- Pipa.- Depósito, generalmente cilíndrico y de metal montado sobre un chasis de un camión y que sirve para transportar y también distribuir en algunos casos, -- agua, productos asfálticos, combustibles u otros lí-- quidos.

1.1.66.- Petrolizadora.- La petrolizadora es una máquina muy importante del equipo para la construcción de carpe-- tas asfálticas. Sirve para aplicar los riegos de pene-- tración y liga, etc. Debe regar el producto asfáltico sobre la Base en cantidades exactas durante todo el - tiempo que dure la carga de la petrolizadora conser-- vando la misma cantidad de riego por unidad de super-- ficie.

1.1.67.- Plancha.- Máquina con rodillos que se emplea para com-- pactar y dejar superficie tersa.

1.1.68.- Plantilla.- Capa, de pedacería de tabique, de grava o concreto simple, que se construye para desplantar ci-- mientos o apoyar tuberías.

1.1.69.- Porcentajes de Asfalto.- Cantidad de Asfalto expresa-- da en por ciento del peso del material pétreo de la - mezcla o concreto asfáltico, que se analiza.

1.1.70.- Porcentaje de Compactación.- Relación del peso volumé

trico del material compactado en el lugar, con respecto al peso volumétrico máximo real determinado en el laboratorio, expresado en por ciento.

- 1.1.71.- Pozo de Visita.- Construcción especial para introducir el equipo de limpieza dentro del conducto y que éste pueda ser inspeccionado y limpiado.
- 1.1.72.- Programa detallado.- Documento en el que el Departamento del Distrito Federal y el Contratista, de común acuerdo, establecen el orden y los plazos, dentro de los cuales se procederá a ejecutar cada uno de los conceptos de una obra y que se formulará con todo el detalle necesario para que pueda controlarse debidamente el avance.
- 1.1.73.- Proyecto.- Conjunto de planos, datos, normas. Especificaciones especiales y otras indicaciones, a los que debe ajustarse la ejecución de una obra.
- 1.1.74.- Puente.- Estructura sin colchón, con longitud mayor de seis (6) metros, destinada a dar paso a una obra vial sobre agua, o sobre una depresión natural o artificial, o desnivel de dos avenidas que se cruzan.
- 1.1.75.- Rasante.- Línea imaginaria que marca el nivel de la corona en el eje del arroyo.
- 1.1.76.- Registro.- Pieza con tapa que sirve para inspeccionar un drenaje.

- 1.1.77.- Rejilla de piso - Pieza metálica colocada sobre una coladera en el arroyo, y que se emplea para drenar calles con pendiente longitudinal fuerte.
- 1.1.78.- Rellenos.- Colocación de materiales en excavaciones para estructuras una vez que éstas hayan sido terminadas, o elevar rasantes, utilizando el producto de las mismas o de los préstamos.
- 1.1.79.- Revoltura.- Combinación y mezcla de cemento, agua y agregados pétreos finos y gruesos, para fabricar concreto hidráulico.
- 1.1.80.- Riego de Impregnación.- Es una aplicación de un material asfáltico líquido de baja viscosidad a la superficie absorbente de la base de grava cementada a fin de prepararla para aplicar el riego de liga. Penetra en la superficie de aquélla cerrando los vacíos capilares dejándola dura, más resistente e impermeable.
- 1.1.81.- Riego de Liga.- Es una aplicación de un material asfáltico a una superficie previamente tratada con riego de penetración o a un pavimento antiguo para unir la base con la carpeta nueva.
- 1.1.82.- Riego de Sello.- (riego de Afinamiento). Material asfáltico que se riega sobre la carpeta construida con el objeto de impermeabilizarla. Sobre ese asfalto se

riega arena seleccionada entre las mallas 4 y 10, a efecto de que la superficie de rodamiento no quede pegajosa.

1.1.83.- Rodillo Neumático.- Máquina sobre ruedas con llanta de hule y presión de aire, que sirve para compactar el terreno..

1.1.84.- Señales.- Cualquier tipo de indicación de las que aparecen en estas Especificaciones, que se utilizan para evitar peligros y molestias al tránsito en los lugares donde se realizan las obras.

1.1.85.- Sello con cemento.- Se riega mezclándolo con agua sobre la carpeta construida con el objeto de impermeabilizarla. Debe tallarse con cepillos la lechada formada sobre la superficie a fin de que penetre en los poros.

1.1.86.- Soldadura.- Acción y efecto de unir rígidamente dos piezas metálicas mediante un metal o aleación metálica, que se funde con las partes que van a unirse y que posteriormente se solidifica y forma cuerpo con ellas.

1.1.87.- Sub-base.- Material de inferior calidad que el de base, y que sirve para darle apoyo a aquélla.

1.1.88.- Sub-rasante.- Línea imaginaria que marca el nivel de la corona de la terracería.

- 1.1.89.- Talud.- Superficie inclinada del material de un corte o terraplén. Parámetro inclinado de un muro.
- 1.1.90.- Tepetate.- Material areno-arcilloso de baja plasticidad que se emplea en la construcción de la sub-base y que reúne sus especificaciones.
- 1.1.91.- Terracerías.- Conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial ejecutados hasta la sub-rasante.
- 1.1.92.- Terraplenes.- Estructuras construidas sobre el terreno con material adecuado, producto de un corte o préstamo; hasta la sub-rasante, con alineamiento, perfil y sección, de acuerdo con el proyecto. Rellenos de excavaciones hasta la sub-rasante en los cortes.
- 1.1.93.- Tratamiento Superficial.- Es una aplicación de material asfáltico sobre cualquier tipo de superficie, base impregnada o pavimento antiguo con una cubierta de agregado pétreo.
- 1.1.94.- Trazo.- Estacas, mojoneras, señales o marcas, colocadas en el terreno, que sirve para indicar líneas, ejes, trazos, elevaciones y referencias de la obra, de acuerdo con el proyecto.
- 1.1.95.- Vaciado.- Colado.
- 1.1.96.- Zampeados.- Recubrimientos de piedra sin labrar secos o junteados con mortero de cemento o cal hidratadas,-

construidos sobre superficies horizontales o inclinadas, para protegerlas contra las erosiones.

C A P I T U L O I I

D I S E Ñ O D E P A V I M E N T O S .

DEFINICION.- Se entiende por pavimento al conjunto de las capas aplicadas sobre el terreno de cimentación o sub-rasante -- que constituyen una obra vial.

De acuerdo con la superficie de rodamiento los pavimentos se pueden clasificar en varios tipos como son: de concreto asfáltico (flexibles), concreto hidráulico (rígidos), adoquinados y empedrados (de piedra bola o braza).. Los términos "flexibles" y rígidos" utilizados a veces para los dos primeros tipos de pavimentos mencionados, pueden considerarse aplicables solamente en un sentido puramente comparativo.

A la sección del tipo y espesor adecuado de pavimento basándose en la calidad y naturaleza del terreno y el tipo e intensidad del tránsito se denomina DISEÑO DEL PAVIMENTO.

El Departamento del Distrito Federal por conducto de la Sub'dirección de Obras Viales de la Dirección General de Obras Públicas intervendrá en los diseños de todos los pavimentos que se construyan en la ciudad con objeto de garantizar el buen funcionamiento y durabilidad de los mismos en la siguiente forma:

La Oficina de Laboratorio de Inspección de Materiales hará los

muestreos y pruebas físicas necesarias a los materiales de sub-rasantes existentes en cada obra y propondrá por escrito el diseño de pavimento a las Oficinas encargadas de su ejecución, supervisión o control, las que harán los ajustes que juzguen convenientes.

2.01.- DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Los problemas del diseño de pavimentos flexibles son en cierto modo parecidos a los del diseño estructural. Un puente debe soportar las cargas a las que estará sometido, mediante la transmisión de éstas a través de miembros sucesivos a la cimentación que se encuentra por debajo del mismo. Similarmente, una estructura de pavimentos debe soportar al vehículo con su carga sobre su superficie y debe transmitirla a través de capas sucesivas hasta el terreno natural o sub-rasante sobre el cual descansa. Las estructuras de puentes normalmente se construyen de acero, concreto hidráulico o madera cuyas propiedades son razonablemente predecibles, sin embargo, los pavimentos se construyen de materiales cuyas propiedades elastoplásticas varían ampliamente y a propósito de las cuales todavía se desconoce mucho.

A la estructura del pavimento se aplican las cargas -

de las ruedas de los vehículos que pueden alcanzar el número hasta de varios millones durante un período de años. Cada vez que una carga pasa, ocurre alguna deformación de la superficie y de las capas inferiores. Si la carga es excesiva, sus aplicaciones repetidas ocasionarán asperezas y agrietamientos que finalmente conducen a un hundimiento considerable.

Estas deformaciones del pavimento pueden ser las siguientes:

1.- Deformación elástica.- Ocurre cuando la carga viva o de rueda deforma temporalmente los materiales del terreno natural o sub-rasante y comprime el aire que llena los huecos del pavimento. En la deformación verdaderamente elástica, la superficie recupera su posición original después de que la carga pasa, de modo que no se produce una deformación permanente, aún bajo aplicaciones repetidas de carga.

2.- Deformación por consolidación.- Ocurre cuando la carga -- produce una presión suficientemente elevada en los poros del suelo para expulsar parte del aire y del agua así se consolida el material. Aunque la consolidación que resulta de una aplicación de una carga móvil de rueda es pequeña, la deformación es permanente. Progresará con las repeticiones de carga hasta que las capas afectadas se consoliden. El hundimiento puede no ser de graves consecuencias.

cias si el tránsito está bien distribuido y el pavimento se asienta uniformemente como un todo.

3).- Deformación plástica.-- Ocurre cuando la presión del fluido dentro de los poros de los materiales del pavimento y la sub-rasante se combinan con fuerzas producidas por la carga para desplazar el material.

La deformación plástica es progresiva bajo la repetición de la carga y constituye la causa principal del hundimiento de las superficies del pavimento.

En virtud de que la mayor parte de los materiales utilizados en la construcción de pavimentos se deforman plásticamente o por consolidación, no puede abordarse un estudio teórico satisfactorio del problema del diseño del pavimento, basándose en la TEORÍA ELÁSTICA. Aunque parece que los esfuerzos reales que se producen bajo el tránsito en la estructura del pavimento deben deducirse con precisión razonable en la hipótesis de comportamiento elástico, las deformaciones permanentes deben estimarse experimentalmente por pruebas de repetición de carga.

En este último aspecto los trabajos realizados solamente han permitido llegar a conclusiones útiles en relación con las propiedades relativas de distribución de carga de los diferentes materiales.

Los métodos teóricos para el diseño de pavimentos se basan - con frecuencia en la ecuación de Boussines para determinar los esfuerzos bajo una carga concentrada de una masa infinita, homogénea e isotrópica. Llegando a ecuaciones finales para el - cálculo de espesores, cuyo desarrollo depende de factores y coeficientes que se suponen basados en la teoría elástica, -- que no es compatible para los materiales que se utilizan en - la construcción de pavimentos.

Por las razones expuestas anteriormente y en virtud de que no se ha llegado a desarrollar un método científico para el disegño de pavimentos flexibles, los métodos de diseño normalmente empleados son empíricos y están basados en gran parte en la - observación cuidadosa de experiencias y fallas complementados a veces por las informaciones de las pruebas realizadas en ca - minos y tramos experimentales, en los que se usan diversas -- combinaciones de materiales y espesores de capas.

Algunos métodos dependen de pruebas físicas o clasificaciones de suelos que se realizan con gráficas o fórmulas para deter - minar los espesores de las capas de pavimento, pero no todos toman en cuenta las diferentes propiedades de los materiales que lo componen y como distribuyen las cargas.

La condición primordial que debe cumplir un pavimento BIEN DI - SEÑADO es que las cargas inducidas por el tránsito, transmiti

das de unas capas a otras y a la sub-rasante, sean tales que produzcan durante la vida probable de un pavimento, una deformación aceptable. (25 mm. máximo).

Sin duda el diseño de pavimentos comprende mucho más que substituir datos en una fórmula o tomar valores de una gráfica de diseño, pues deberá contar en gran parte la experiencia y el criterio para elegir el método adecuado que se adapte a las condiciones específicas de cada obra en particular.

A continuación, se explicarán en forma breve algunos de los métodos empíricos empleados para el diseño de pavimentos:

2.1.1.- Método del Índice del Grupo.

Fue propuesto por un sub-comité de Caminos de Estados Unidos y consiste en asignar a los suelos, de acuerdo con sus propiedades, números que sirven de índice con la siguiente ecuación.

$$G_1 = 0.2a + 0.005a^2 + 0.01bd \quad \text{en la que:}$$

G_1 = Índice de grupo.

a = La porción del porcentaje que pasa la malla No. 200; mayor del 35% sin exceder del 75% expresado como número positivo entero 0 y 40.

b = La porción del porcentaje que pasa la malla No.

200 mayor del 15 % sin exceder de 55% expresado como un número positivo entre 0 y 40.

c= La porción del límite líquido numérico mayor de 40 sin exceder de 60, expresado como un número positivo entre 0 y 20.

d= La porción de índice plástico numérico mayor de 10 sin exceder de 30, expresado como número entero positivo entre 0 y 20.

Los espesores necesarios para el pavimento en conjunto se deducen de una serie de curvas correspondientes a Índices de Grupo y a diversos Tipos de Tránsito.

Este método tiene el inconveniente de que fija los espesores del pavimento en base al tipo del suelo y no a su resistencia medida o estimada. Las curvas originales de diseño, basadas en la experiencia conseguida en tramos experimentales de carretera no se extienden a densidades de tránsito tan elevadas, como las que se presentan actualmente en la Ciudad de México,

2.1.2.- Método de la resistencia al esfuerzo cortante.

Se basa en la Teoría de distribución de esfuerzos de Boussinesq, y como exige un ensaye de comprensión simple de suelo tomado de la sub-rasante, puede aplicarse solamente a suelos cohesivos, en los que se fija la resistencia al esfuerzo cortante como la mitad de la resistencia a comprensión simple.

Para utilizar este método de diseño se elimina el espesor del suelo en que el esfuerzo cortante sería superior a la resistencia, sustituyéndolo por material de pavimentación.

Los puntos débiles de este método son:

1o.- No toma en cuenta la repetición de cargas como causa principal del deterioro del pavimento.

2o.- Se hace la hipótesis de una distribución de Boussinesq en un pavimento compuesto de varias capas de materiales diferentes.

2.1.3.- Método del establecimiento de Hveem.

Este método está basado en las pruebas hechas con el estabilómetro de Hveem cuyo dispositivo se desarrolló originalmente para el diseño de mezclas asfálticas.

Los resultados de las pruebas del estabilómetro se establecen en función del valor de resistencia al cortante del terreno, índice de tránsito que toma en cuenta la magnitud de carga de las ruedas y la repetición, resistencia a la deformación plástica del pavimento (la medida de esta propiedad se hace por medio del cohesiometro), y medición de la expansión de los suelos sometidos al humedecimiento. Posteriormente se relacionan todos estos datos en las gráficas de diseño y se obtienen los espesores totales del pavimento.

Por todas las consideraciones que hace este método, podría ser adecuado su empleo para el diseño de pavimentos, sin embargo el costo del equipo con todos sus accesorios es muy elevado, además de que los conocimientos sobre el método son limitados.

2.1.4.- Métodos varios.

Hay más métodos de diseño para pavimentos flexibles, entre los que se pueden citar los siguientes: Método de Michigan, Métodos Triaxiales y Método de Resistencia de Placa; que en cierto modo presentan inconvenientes similares a los de los métodos señalados anteriormente.

En virtud de que no se pretende explicar detalladamente todos los métodos de diseño, únicamente se mencionan por ser algunos de los que se utilizan en Estados Unidos y otras partes del mundo.

.1.5.- Valor Relativo de Soporte de California (C.B.R.).

Este método de diseño tuvo su origen en California y está basado en la capacidad de sustentación o Valor Relativo de Soporte del terreno ó sub-rasante (determinada mediante una prueba de penetración) que se relaciona con el espesor necesario en la estructura del pavimento, mediante una serie de curvas de proyecto -

correspondiente a diferentes volúmenes de tránsito.

Estas curvas de proyecto se basan solamente en las experiencias y por consiguiente, pueden modificarse periódicamente.

También existen variantes en este método, ya que algunos criterios dan curvas para obtener los espesores totales del pavimento, otros que determinan espesores de base y carpeta asfáltica y otro más con los que se obtienen espesores de sub-base y base (Instituto del Asfalto Manual Serie MS-1).

Para desarrollar este método de diseño, será necesario seguir los siguientes pasos:

1.- Determinación del Valor Relativo de Soporte del terreno natural o sub-rasante.

Las pruebas para la determinación del Soporte del terreno se harán en el Laboratorio, sobre muestras remoldeadas que presenten características de compactación y humedad muy aproximadas a las que se vayan a tener en la obra.

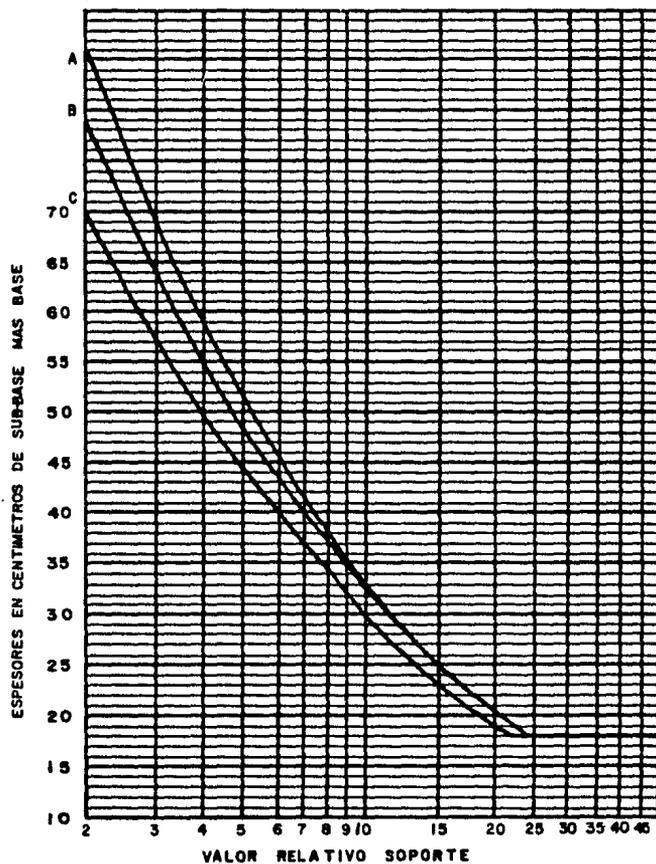
Normalmente los Valores Relativos de Soporte del terreno o sub-rasante para diseño se obtendrán sobre muestras que presenten una compactación del 90% de su peso Volumétrico Seco Máximo, que es el grado mínimo especificado para terracerías y una humedad igual a la óptima más el 3%, para prevenir defectos del drenaje.

2.- Tipo e Intensidad del Tránsito.

Para la aplicación del Valor relativo del soporte de California el tránsito influye en la siguiente forma: Se toma en cuenta una carga de vehículos de más de 3 Ton. de peso y su intensidad diaria por carril y en un sólo sentido.

3.- Gráfica para la obtención de espesores de pavimento (sub-base más base) con V.R.S., de terreno natural o sub-rasante o intensidad de tránsito de vehículos de más de 3 Ton. de peso. Tomada del Instituto de Asfalto - Manual Serie - MS-1.

**GRAFICAS PROPUESTAS PARA DISEÑO DE ESPESORES DE
SUB-BASE Y BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA
CARRETERAS Y CALLES.
(INSTITUTO DEL ASFALTO — MANUAL SERIE MS-1)**



INTENSIDAD DEL TRANSITO INICIAL EN UN SOLO SENTIDO CONSIDERANDO TODO TIPO DE VEHICULOS.	CURVA DE PROYECTO	ESPESOR MINIMO DE BASE GRANULAR NATURAL D.D.F.	ESPESOR MINIMO DE CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO D.D.F.
MENOS DE 400 VEHICULOS AL DIA	C	15 cm.	5.0 cm.
DE 400 a 1500 " "	B	15 cm.	7.5 cm.
DE 1500 a 3500 " "	A	15 cm.	7.5 cm.

Como podrá observarse en la gráfica propuesta, teniendo el Valor Relativo de Soporte de diseño de la sub-rasante y la intensidad del tránsito, se podrá obtener el espesor total de sub-base más base (no se considera la carpeta asfáltica).

Las diferentes capas que componen el pavimento no tienen que ser la misma calidad, ya que cuando mas profunda se encuentre una capa, podrá ser menos resistente, porque las cargas unitarias que a ella se transmiten serán más reducidas.

Considerando lo anterior, el espesor total del pavimento se podrá dividir en las siguientes capas de acuerdo con su calidad, costo y tipo de la obra vial, sin tomar en cuenta la capa de rodamiento:

BASE ASFALTICA:

Consistente en agregado pétreo y asfalto, cuyo equivalente en espesor es de 1.5 veces el de una base granular. Se empleará en vías de tránsito intenso y pesado exclusivamente.

BASE HIDRAULICA:

Formada por grava cementada controlada, colocada sobre la sub base.

SUB-BASE:

Grava cementada situada sobre la terracería o mejoramiento.

MEJORAMIENTO:

Esta capa del pavimento se emplea cuando el V.R.S. de la sub-

rasante es menor a 5% y consiste de tepetate limo arenoso, -
situado directamente sobre el terreno natural cuyo espesor -
multiplicado por 0.5 sería equivalente al de la sub-base.

La suma total de espesores de estas capas deberá ser igual al
espesor total del pavimento obtenido en la gráfica de diseño.

OBSERVACIONES:

En los últimos años se han hecho investigaciones en diversos
Departamentos de Carreteras de varios países y en el Institu-
to de Ingeniería de la U.N.A.M., con el propósito fundamental
de obtener mejores métodos de diseño en la construcción y re-
construcción de pavimentos de carreteras, considerando las -
condiciones particulares de cada país en cuanto a materiales,
características del tránsito, clima, conservación, especifica-
ciones, procedimientos de construcción, factores de seguridad
y programas de inversiones .

De las investigaciones mencionadas se han hecho observaciones
respecto a algunas de las fallas del método de diseño del Va-
lor Relativo de Soporte de California que son las siguientes
en términos generales:

- a).- La determinación del V.R.S. de la sub-rasante efectuada
en el Laboratorio de acuerdo con estudios realizados no
tiene correlación directa con el valor relativo de sopor-
te crítico en el campo.

- b).- No toma en cuenta las variaciones de la tasa de crecimiento del tránsito.
- c).- La intensidad del tránsito en el límite superior es abierto pasando de 3,500 vehículos al día en un solo sentido.
- d).- La carga del tránsito marca camiones de más de 3.0 Ton. - también con límite abierto hacia arriba.

A pesar de las observaciones anteriores se hace notar que el método de diseño de espesores de pavimento Valor relativo de Soporte California actualmente es el más empleado en Estados Unidos, Inglaterra y México (S.A.H.O.P. y D.D.F.) en virtud de que periódicamente se han realizado modificaciones en las gráficas de diseño, basadas en pruebas experimentales en tramos de carreteras.

Para el empleo de este método deberá contar en gran parte la experiencia y criterio para obtener diseños de pavimento adecuados.

Sin embargo, debido a la mala calidad del sub-suelo en la Ciudad de México en una vasta zona del Oriente, habrá que pensar en la posibilidad de estabilizar las terracerías con cal hidratada al 6% en volumen en un espesor de 20 cm., efectuando las pruebas necesarias de Laboratorio y de campo para probar la bondad de este procedimiento que en otras partes del mundo ha dado buenos resultados.

EJEMPLO DE DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO POR EL METODO DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CALIFORNIA .

Si se tuvieron para dos tipos de obra vial diferentes los siguientes Valores Relativos de Soporte, modificados al 90% y con Humedad Optima más el 3% : 5, 6, 8, 9, 10 % se diseñarían los espesores de pavimento en la forma siguiente:

1).- Para una Avenida de tránsito intenso, con línea de camiones, se consideraría el criterio más estricto en la siguiente forma:

1o.- Se tomaría el valor mínimo de V.R.S., para estar dentro del lado de la seguridad o sea el 5%.

2o.- Se consideraría la curva A, de 1,500 a 3,500 vehículos al día.

3o.- Se obtendría en la gráfica propuesta un espesor de sub-base más base de 51.0 cm., que se redondeará a 55.0 cm.

4o.- Se distribuirían las capas como se indica a continuación:

Carpeta asfáltica. 7.5 cm. (no se considerará en la suma).

Base asfáltica. 10.0 cm. (substituirá a 15 cm. de base hidráulica).

Base hidráulica. 15.0 cm.

Sub-base. 25.0 cm.

Espesor total de
sub-base + base
(equivalentes)... 55.0^r cm.

2).- Para una calle o privada de tránsito mínimo, se considerará el otro criterio de obtener promedio y multiplicar por 90 % en la forma siguiente:

1o.- Promedio obtenido de V.R.S., será de 7.6 multiplicado por 90 % igual a 6.84 se considerará 7 %.

2o.- Se aplicará la curva C de menos de 400 vehículos --
diarios.

3o.- Se obtendría en la gráfica un espesor de 36 cm., redondeado a 35 cms.

4o.- Distribuyendo las capas en la siguiente forma:

Carpeta asfáltica 5.0 cm. (no se considera en la suma).

Base hidráulica 15.0 cm.

Sub-base 20.0 cm.

Espesor total de sub-
base y base..... 35.0 cm.

En virtud de que el Laboratorio de Inspección de Materiales - del D.D.F., cuenta con el equipo adecuado que permite realizar las pruebas necesarias para el diseño de pavimentos por el método del Valor Relativo de Soporte de California. (C.B.R.), será éste el que operará para el diseño en las Oficinas dependientes de la Subdirección de Obras Viales.

Será necesario estar al corriente de las modificaciones que se efectúen en las gráficas de diseño, por lo que se propone que la Oficina del Laboratorio de Inspección de Materiales sea la encargada de las actualizaciones correspondientes.

Es conveniente también que la misma Oficina del Laboratorio estudie el método propuesto por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., y vea la posibilidad de su aplicación en los diseños del D.D.F., en virtud de que en dicho Método se tratan aspectos positivos como son:

- 1o.- Considerar al pavimento como una sección estructural.
- 2o.- La estimación del tránsito abarca: Volumen, tipo o acumulación de ejes en la vida de proyecto mediante una tasa de crecimiento anual.
- 3o.- Que se obtienen espesores específicos de cada una de las capas que constituyen el pavimento.
- 4o.- La obtención de Valores Relativos de Soporte a diferentes porcentajes de compactación y humedad, para abarcar mas variaciones que se pudieran presentar en la realidad.

2-02.- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

El diseño de un pavimento de concreto hidráulico depende de las condiciones de la sub-rasante o terreno natural, la magnitud e intensidad de las cargas impuestas por el tránsito y la resistencia del concreto.

Las principales fórmulas para el cálculo de los espesores de losa requeridos se basan en el análisis de Westergaard, que supone la carga aplicada en una esquina del pavimento, el cual por falta eventual de apoyo en la base, trabaja como ménsula.

Para acercarse lo más posible a las condiciones reales observadas, varios investigadores han sugerido distintos coeficientes y correcciones en la fórmula teórica, derivada por Westergaard. En estas fórmulas se consideran como factores determinantes para el cálculo del espesor requerido, el valor de soporte de la terracería o base: Coeficiente "K" para la fórmula de Bradbury y "C" para la simplificada.

"K" = Coeficiente de soporte del sub-suelo, representa la presión necesaria en Kg/cm^2 , que debe aplicarse sobre una área circular (cuyo diámetro estará comprendido entre 15 y 16 cm.), para producir un asentamiento de 1 cm.

"C" = Coeficiente empírico y adimensional derivado de la experimentación con pavimentos de concreto hidráulico, aplicado distintas cargas en las esquinas de las losas y observando las deformaciones y esfuerzos. De los resultados encontrados y estudiados de acuerdo con la fórmula empírica o simplificada, se deducen los valores de "C" que corresponden a distintos tipos de suelos.

El cuadro siguiente indica la relación entre ambos coeficientes:

**EQUIVALENCIA DE COEFICIENTES
C y K**

Tipo de suelo	Capacidad de soporte Método A. S. T. M. - D - 119 4-57 (Área de carga circular, diámetro comprendido entre 30 y 76 cm.) Kg/cm ²	Coeficiente "k", módulo de reacción del terreno: Métodos A.S.M.T.-D-1195 y 1196-57 (Área de carga circular, diámetro comprendido entre 15 y 76 centímetros) Kg/cm necesarios para producir un asentamiento de 1 cm.	Coeficiente "c", empírico y adimensional, derivado de la experiencia
Terrenos muy suaves y fácilmente deformables; aluviones sin cohesión	0.3 5 0	1. 4	1.1 0
Suelos finos, de elevada compresibilidad, arcillas hidricas, con mecas o diatomeas; de reducida capacidad de soporte (como en la ciudad de México)	0.7 0 0	2. 8	1.0 0
Suelos finos de compresibilidad media, limos, arenas muy finas arcillas de plasticidad media	1.2 0 0	5. 0	0.9 2
Arenas, suelos arenosos, areno-arcillosos, areno-limosos	2.3 0 0	9. 3	0.8 2
Gravas, suelos con grava, grava-arena-arcilla	3.3 0 0	13. 4	0.7 8

Los valores expresados en el cuadro anterior corresponden al grado de compactación medio, que en su estado natural suelen presentar los materiales de los tipos respectivos.

La fórmula que se recomienda para el cálculo de espesores de pavimento es la que corresponde a los análisis de Westergaard con las modificaciones de Bradbury que para la carga crítica en la esquina se expresa así:

$$d = \sqrt{\frac{3p}{5} \left(1 - \left(\frac{a}{l}\right)^{0.6}\right)} \quad \text{en donde:}$$

d = espesor requerido de la losa de concreto, en cm.
 p = carga aplicada a través de la doble rodada de vehículos pesados: en dicha carga se considera de un 20 a un 30 % de impacto, este último valor es el considerado para aplicar la fórmula de Bradbury.

Cuando se consigue un buen contacto estructural entre una losa y la adyacente, se supone de acuerdo con la experiencia que un 20% de la carga aplicada en el borde se transmite a la losa contigua y entonces se disminuye p , en un 20%. Los dispositivos adecuados para lograr esta transmisión, generalmente son "pasajuntas" y machihembrado.

De acuerdo con las consideraciones descritas para obtener P - en función de W se tiene:

$$P = W \times 1.3 \times 0.80 = 1.04 W$$

W= carga estática aplicada a través de la rodada doble neumática.

a= radio de la superficie de contacto entre la rodada y el pavimento los valores usuales que expresan en la tabla de espesores de pavimento de concreto hidráulico, adjunta.

S= fatiga de trabajo a la flexión del concreto usualmente se calcula dividiendo R (módulo de ruptura) entre un factor de seguridad de 2. R se toma como el 15% de $f'c$ ($f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$. normalmente) por lo tanto:

$$S = \frac{0.15 \times 300}{2} = 22.5 \text{ Kg/cm}^2.$$

l= radio de rigidez relativa que se define como sigue:

$$l = \sqrt{\frac{E a^3}{12 (1 - \mu^2) K}} \quad \text{en la que a su vez:}$$

E= Módulo de elasticidad del concreto que en general es igual a 1000 $f'c$ ó sea para $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$.

$$E = 300,000 \text{ Kg/cm}^2.$$

μ = módulo de Poisson que para concretos del tipo estipulado para pavimentos, puede considerarse igual a 0.15.

La ecuación de Bradbury es muy laboriosa y generalmente en la

práctica puede ser substituída por la siguiente fórmula simplificada:

$$d = \sqrt{\frac{2 W C}{S}} \quad \text{En la que:}$$

Los términos W, C y S están definidos en párrafos anteriores.

En la tabla siguiente se indican los valores de "d" calculados con la fórmula de Bradbury y la simplificada, para dos distintos tipos de subsuelo; uno poco estable como el de la Zona - Oriente de la Ciudad de México y otro más resistente que podría ser representado por la zona Poniente (Lomeríos) de la misma Ciudad.

**ESPEORES DE PAVIMENTOS DE CONCRETO CON DISTINTAS
CONDICIONES DE TRANSITO Y SOBRE DIFERENTES BASES**

Tránsito	"W" Carga considera- da, (estática): se supone que se transmite ade- cuadamente a la losa adyacente. Kg.	"a" Radio del area de contacto de la doble ro- dada. Cm.	Subsuelo			
			Reducida capacidad de soportes, arcillas com- presibles.		Mayor capacidad de sopor- te, suelos arenosos con algo de limo y arcilla.	
			Fórmulas		Fórmulas	
			Bradbury K=2.8	Simplifi- cada C=10	Bradbury K=9.3	Simplifi- cada C=0.82
		Espesor de la losa				
		Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	
A.- Tránsito pesado en zonas muy industrializadas.	6.000	23	22	23	20	21
B.- Caminos, avenidas y calles de tránsi- to preferente.	5.000	21	20	21	19	19
C.- Caminos y avenidas principales.	4.500	20	19	20	18	18
D.- Otros caminos, ca- lles y avenidas, no comprendidas en las clasificacio- nes anteriores.	3,500	18	17	18	16	16

Como podrá observarse, los espesores calculados según ambas fórmulas concuerdan por completo en algunos casos y en otros, la diferencia no excede de 1 cm.

Como medida de seguridad se propone para todos los casos en que se construye pavimento de concreto hidráulico sobre sub-rasante cuya calidad sea inferior a la de la sub-base, colocar una capa de base de grava cementada controlada de 15 cm. de espesor compactada al 98% de su P.V.S. Méx. Porter (Ver capítulo referente a bases Hidráulicas) antes de colocar las losas de concreto.

La base se colocará sobre la sub-rasante compactada al 95% de su P.V.S. Máx. en un espesor mínimo de 20 cm.

2-03.- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUIN.

El diseño de pavimentos adoquinados se hará en forma similar a la de los pavimentos flexibles, para lo cual se considerará el adoquín exclusivamente como superficie de rodamiento.

Dicho diseño se basará en el método del índice Portante de California (Valor Relativo de Soporte) y se empleará la gráfica para la obtención de espesores de pavimento de Instituto del Asfalto Manual Serie MS-1.

En virtud de que básicamente existen 2 tipos de adoquín que son: De Querétaro (labrados de piedras naturales) y adocreto (vibro prensado de mortero de Cemento Portland) y de sus procedimientos de colocación son diferentes, se propone hacer las consideraciones indicadas a continuación para el diseño de pavimento de adoquín en ambos tipos:

2-03.- 1.- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUIN DE QUERETARO.

Como estos adoquines se asientan sobre una capa de mortero de cemento-arena (proporción 1:4) de 3 a 5 cm. el espesor total de la estructura del pavimento obtenido de la gráfica de diseño, se repartirá en la forma siguiente

- A.- 15 cms de base de grava cementada controlada compactada al 98% de su P.V.S., Máx. Porter -- (verificada mediante pruebas de Laboratorio), encima de la cual se colocará el pavimento de adoquín.
- B.- El faltante para el espesor total de la estructura, se absorberá con material de sub-base, grava cementada, que se colocará en capas no mayores de 15 cms. compactadas al 95% de su P.V.S. Máx. Porter antes de tender la sub-base, se compactará la sub-rasante al 90% de su P.V. S. Máx., en un espesor mínimo de 20 cm.

2.03.- 2.- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOCRETO.

La construcción del pavimento de adocreto requiere como base de apoyo una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm. de espesor, encima de la cual se coloca la cama de arena y posteriormente el adocreto.

Por tal razón al espesor total de la estructura del pavimento obtenido de la gráfica de diseño mencionada, habrá que restarle el espesor de la carpeta asfáltica convertido a base granular; quedando el espesor total del pavimento distribuido en la forma siguiente:

- A.- 5 cm. de carpeta asfáltica (cuyo equivalente a espesor de base granular sería de 7.5 cm.) compactada al 90% de su densidad teórica máxima.
- B.- 15 cm. de base de grava cementada controlada, - compactada al 98% de su P.V.S. Máx. Porter.
- C.- El faltante para el espesor total requerido se absorberá con material de sub-base, grava cementada, que se colocará en capas no mayores de 15 cm. compactada al 95% de su P.V.S. Máx. Porter. Antes de tender la sub-base, se compactará la sub-rasante al 90% de su P.V.S. Máx., en un espesor mínimo de 20 cm.

2-04.- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE PIEDRA.

Los empedrados normalmente se construyen con piedra bola o braza y se asientan y unen con mortero de cemento arena. Por sus características similares a las de los pavimentos de concreto hidráulico se propone que su diseño se realice en la misma forma que éstos.

Es decir se diseñará el pavimento como si se tratara de una losa de concreto hidráulico y se colocará el pavimento de piedra bola o braza con el espesor obtenido en el cálculo.

Para lograr mayor similitud con los pavimentos de concreto hidráulico, los empedrados se deberán construir con piedra de tamaño adecuado para cada espesor, usar mortero de cemento arena en proporción de 1:4 y evitar enhuacalamientos durante su colocación.

Se deberán seguir las mismas indicaciones para los casos en que la sub-rasante sea de menor calidad a la de la sub-base, colocando una capa de base, de grava cementada controlada de 15 cm. de espesor compactada al 98% de su P.V.S. Máx. Porter, en donde se apoyen los empedrados.

La base se colocará sobre la sub-rasante compactada al 90% de su P.V.S. Máx., en un espesor mínimo de 20 cm.

2-05.- DISEÑO DE SOBRE CARPETAS ASFALTICAS.

A.- OBJETO.- Debido al rápido crecimiento del número de vehículos, muchos de los pavimentos actuales es tán soportando volúmen, peso y velocidad que están muy por encima de lo previsto cuando se construyeron.

Algunos pavimentos necesitan únicamente reparación superficial, otros por presentar fallas estructurales deberán restaurarse por medio de sobre-carpetas asfálticas, las cuales se basarán en un diseño para determinar los espesores adecuados, de acuerdo con las condiciones estructurales del pavimento existente y la carga e intensidad del tránsito.

B.- DETERMINACION DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE.

1.- Inspección preliminar.- Se hará inicialmente una inspección visual a la obra vial por reconstruirse. Cuando no se aprecien fallas de tipo estructural tales como: Asentamiento, rebotes y grietas (piel de cocodrilo) en porcentaje -- elevado, no será necesario hacer estudios completos de diseño, bastará con colocar una sobre carpeta de 5.0 a 7.5 cms., de espesor, dependiendo del tipo y volúmen del tránsito, haciendo las preparaciones necesarias de la superficie.

2.- Sondeos para determinar calidad de sub-rasante y estructura del pavimento, cuando en la inspección preliminar se aprecian defectos que se juzga son provocados por fallas en la estructura del pavimento, será necesario hacer investigaciones más a fondo para poder diseñar el espesor adecuado de la sobre-carpeta asfáltica.

Las condiciones estructurales del pavimento existente pueden obtenerse de las pruebas físicas efectuadas a cada una de las capas que lo componen, incluyendo, la sub-rasante o por el análisis de sus deflexiones.

Una vez que se toma la decisión de obtener muestras de las capas del pavimento y la sub-rasante, los lugares deben ser escogidos aleatoriamente y el Laboratorio del Departamento del D.F., hará los sondeos y pruebas necesarias. Superficies pequeñas y aisladas que hayan fallado deben mostrarse independientemente del Plan General de Muestreo y Programarse para reparación especial. Al hacer ésto, no será necesario diseñarla sobre carpeta para las condiciones peores que tenga el pavimento por reconstruirse y se pondrá una carpeta de un espesor máximo de 8.5 cm.

C A P I T U L O I I I

CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

3-01.- TERRACERIAS.

La terracería se define como la estructura formada por excavaciones, terraplenes o rellenos necesario de una obra vial, con objeto de fijar los niveles y alineamientos de proyecto.

En aquellos casos en que el material abajo del nivel de sub-rasante tenga una Índice Plástico superior a 20, se procederá a mejorarlo con material arenoso en un espesor mínimo de 10 cm. y en la proporción que fije el Laboratorio del Departamento del D.F., a fin de abatir dicha plasticidad. Deberá considerarse un Peso volumétrico Seco Máximo no menor de 1300 Kg/m³., Humedad Óptima Menor de 40%. En casos especiales se obtendrá la autorización correspondiente.

3-01.1.- EXCAVACIONES.

Las excavaciones en caja o en cepa así como su clasificación por: dureza y grado de dificultad en su ejecución, deberán ser determinadas por escrito y previo a su inicio por el Departamento del Distrito Federal en las zonas correspondientes.

A.- Tipos de Excavación.

1).- Para pavimentos de Obras Viales de Superficie. Cuando el nivel de sub-rasante sean inferior al del terreno natural existente, de acuerdo con el diseño de espesores y los niveles proyecto, se deberá abrir caja para alojar la estructura del pavimento.

El ancho de dicha caja será de 50 cm. más a cada lado del ancho del arroyo, con objeto de que la guarnición siempre se desplante sobre la sub-base o base hidráulica para evitar futuros asentamientos de dicho elemento.

Se deberán tomar en cuenta los resultados del Laboratorio del Departamento del Distrito Federal para que en caso necesario se haga el mejoramiento del terreno natural al nivel de sub-rasante.

2).- Para Obras Viales en rampas abatidas.

a.- Sin muros de contención.- Estas excavaciones se harán en caja hasta nivel de sub-rasante y tendrán un ancho igual al de Obras Viales de Superficie.

b.- Con muros de Contención.- Estas excavaciones se harán en caja hasta nivel de sub-rasante y con un ancho medio de 50 cm., más respecto a los patios exteriores de las zapatas.

Para el desplante de los muros la excavación se hará en cepa a mano o por medios mecánicos hasta el nivel de desplante, respetando los niveles y anchos de proyecto, permitiendo las maniobras de armado, cimbrado etc.

c.- Cajones.- Estas excavaciones se harán en caja hasta nivel de desplante de las estructuras con un ancho de 50 cm. más con respecto de los paños exteriores de la misma, con objeto de permitir las maniobras de -- armado, cimbrado etc.

3).- Para muros de Contención y Estructuras aisladas. Estas excavaciones se harán en cepa a mano o por medios mecánicos hasta el nivel de desplante de la estructura con un ancho de 50 cm , más de los paños exteriores de la misma (excepto en casos específicos indicados en el proyecto).

4).- Para Instalaciones.- Estas excavaciones serán en cepa a mano o por medios mecánicos, con anchos y niveles que marque el proyecto y a partir del nivel de la sub-rasante.

B.- Recomendaciones.

Para la ejecución de las excavaciones en general se deberán tomar en cuenta los estudios de mecánica de suelos y las condiciones de la zona en cuanto a instalaciones exig

tentes y construcciones cercanas, con el objeto de no causar daños en éstas y así como las siguientes aspectos:

- 1).- Taludes y puentes de ataque.- El Departamento del Distrito Federal determinará los taludes, la longitud de los frentes de ataque y el tiempo máximo que permanecerán abiertos, hasta la siguiente etapa constructiva.
- 2).- Excavaciones abajo del nivel de aguas freáticas.
El Departamento del Distrito Federal indicará la instalación de drenes y cárcamos provisionales para eliminar el agua excedente mediante bombeo controlado o algún otro sistema si fuese necesario.
- 3).- Construcciones cercanas.- En el caso de existir construcciones cercanas susceptibles de daños y con el fin de -- deslindar responsabilidades el Departamento del Distrito Federal solicitará de la dependencia correspondiente un dictamen por escrito de las condiciones existentes de las mismas y realizará revisiones periódicas que se llevarán en un registro durante el proceso de la obra. Al término de la misma se hará la inspección final y se indicará lo que procede.
- 4).- Instalaciones.- El Departamento del Distrito Federal solicitará a las Dependencias correspondientes y entregará a la contratista planos de localización de las instala--

ciones existentes y de proyecto, coordinando la supervisión necesaria con el fin de evitar interferencias en el proceso de la obra.

C.- Responsabilidades.

En el caso que la contratista no acatara las instrucciones señaladas por el Departamento del Distrito Federal, será directamente responsable de los daños que se causarían en el proceso de la obra.

Antes de iniciar los trabajos de excavación la contratista deberá presentar a consideración del Departamento del Distrito Federal, una relación del equipo necesario para cada obra, el cual permanecerá en ésta el tiempo requerido con objeto de garantizar el máximo de eficiencia, de acuerdo con el tipo de terreno y condiciones de la zona.

3-01.2.- CONFORMACION; AFINE Y COMPACTACION DE TERRACERIAS.

Una vez abierta la excavación para alojar los espesores de pavimento o las estructuras, deberá conformarse y afinarse por medios mecánicos o en forma manual, dejándola libre de bordos y depresiones, conforme a los niveles y secciones de proyecto para plantillas, mejoramientos, sub-base, bases, etc., según el caso correspondiente.

Inmediatamente después de afinada y conformada la

excavación se procederá a su compactación en un espesor superficial de 20 cms , hasta alcanzar un grado mínimo de 90% de su peso Volumétrico Seco máximo verificado mediante pruebas de Laboratorio del Departamento del Distrito Federal.

Si las características del terreno (pedregoso, muy arcilloso) no permiten cumplir con las especificaciones anteriores, el Departamento del Distrito Federal indicará por escrito el procedimiento a seguir.

El equipo a emplearse para la compactación, dependiendo de las características del terreno, en términos generales deberá ser el siguiente:

Para suelos limosos: Compactadora de Rodillos lisos, para suelos arenosos: Rodillos Vibratorios, para zonas de trabajo reducidas: Apisonadora de impactos (bailarina) Trineos o similares "El Departamento del Distrito Federal no aceptará el uso de pizón de mano".

3-01.3.- TERRAPLENES.

Estos siempre estarán localizados sobre el terreno natural existente hasta nivel de sub-rasante y deberán ejecutarse en la forma siguiente:

A.- Para desplantar los terraplenes se deberá despalmar, escarificar y/o picar, etc, de acuerdo con

las condiciones del terreno existente para eliminar los materiales inadecuados o evitar el corrimiento o deslizamiento del mismo.

B.- En zonas despalmadas se compactará el terreno natural en un espesor superficial de 20 cms. y a un grado mínimo del 90 % de su Peso Volumétrico Seco Máximo.

C.- Los materiales a emplear en los terraplenes serán indicados por el Departamento del Distrito Federal por escrito y deberán cumplir con las especificaciones fijadas, los que se tenderán por capas no mayores de 25 cms. sueltos con un grado de compactación del 90% de su P.V.S. Máx. certificado por pruebas del Laboratorio.

D.- El Departamento del Distrito Federal indicará los taludes de acuerdo con el proyecto en caso de no existir muros de contención.

E.- Para la ejecución de los terraplenes se usará un equipo similar del empleado en el capítulo de terrazas.

3-01.4.- RELLENOS.

Estos siempre estarán localizados en zonas de excavación entre el fondo de la misma y la sub-rasante, --

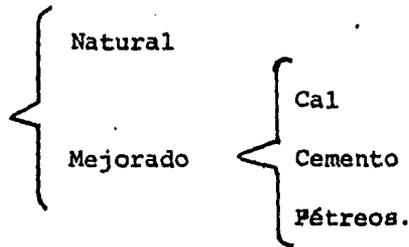
salvo indicación contraria por parte del Departamento del Distrito Federal para casos especiales.

A.- Materiales.

Los materiales que se usen en estos rellenos serán indicados por escrito por el Departamento del Distrito Federal en cada caso y deberán cumplir con las especificaciones correspondientes y se dividen en la forma siguiente:

1).- Material producto de excavación.- Estos se usarán en lugares fuera de los arroyos, excepto en casos en que el proyecto indique lo contrario y se deberán tender en capas de 25 cms., sueltos, compactados al 90% de su P.V.S.M.

2).- Material producto de banco o mina:



a).- Natural.- Este material producto de banco o mina no llevará ningún tratamiento especial y podrá emplearse si cumple con las especificaciones del Departamento del Distrito Federal, en rellenos de zonas de arroyos y en cualquier otro lugar que indique el proyecto. Se compac-

tarán en capas de 25 cms. de material suelto al 90% de su P.V.S.M.

b).- Mejorado.- Estos materiales llevarán un tratamiento especial mezclándose con cal, cemento o pétreos según el caso y en la proporción fijada por escrito por el Departamento del Distrito Federal, cumpliendo con las especificaciones de los materiales y la que indique el proyecto. La compactación será en capas de 20 cm., de material suelto al 95% de su P.V.S. Máx. respetando humedades y tiempos de colocación fijados -- por el Departamento del Distrito Federal.

B.- Equipo.

El equipo empleado en los rellenos deberá ser el correspondiente al indicado en el capítulo de compactación (3-01-2).

C.- Recomendaciones.

Para los materiales mejorados con el fin de garantizar su homogeneidad se empleará motoconformadora o mezcladora - mecánica según volúmenes y condiciones de la obra.

3-02.- MUESTREO DE MATERIALES PARA PAVIMENTACION PROCEDENTES DE MINA.

En virtud de que los materiales de mejoramiento, subbase y base hidráulica deben cumplir con ciertos requi

sitos físicos para cada tipo y con objeto de garantizar su calidad, el Laboratorio de Inspección de Materiales deberá controlar ésta mediante muestreos periódicos de dichos materiales con sus correspondientes pruebas físicas.

Con el fin de que los resultados de las pruebas del Laboratorio sean realmente representativos, será éste el encargado de muestrear los bancos o minas autorizadas, además en la obra estando el material tendido y listo para compactarse.

Es conveniente que los muestreos de los materiales mencionados se lleven a cabo en la siguiente forma:

- A.- Al iniciarse su empleo en la obra y cada vez que sea cambiada su procedencia.
- B.- Cuando en una obra se empleen materiales de una misma mina para cada capa del pavimento, (aprobados por el Laboratorio) y la calidad aparentemente sea uniforme y buena, podrá dejar de muestrearse hasta dos meses como máximo, --- transcurrido ese tiempo deberán actualizarse resultados de Laboratorio para cada tipo de material.
- C.- Cuando se observen cambios visuales en las características de los materiales, aún siendo de la misma mina, el Departamento del Distrito Federal tendrá la facultad de ordenar se hagan los muestreos necesarios para garantizar la buena calidad de la obra en cualquier momento.

Aunque la calidad de los materiales procedentes de minas es de responsabilidad directa del contratista, cuando se aprecie un defecto marcado en alguna de las propiedades físicas de los materiales y el Departamento del Distrito Federal lo señale y advierta al contratista el riesgo de que dichos materiales no cumplan con la calidad estipulada, el mismo Departamento del Distrito Federal ordenará la eliminación del material o la capa en la que exista anomalía, cualquiera que sea su avance.

3-03.- MEJORAMIENTOS.

3-03.1.- DE TEPETATE .

Definición.- Se entiende por mejoramiento al material limoso cuya calidad debe ser superior a la del material sub-rasante existente en la zona, donde pretende emplearse.

Cuando el material de sub-rasante sea de mala calidad, con Valores Relativos de Soporte menores del 5% o un Índice Pástico superior a 20, será necesario colocar material de mejoramiento que integrará la capa sub-rasante, de acuerdo con el diseño del pavimento.

A.- Especificaciones de Ejecución.

Cuando la sub-rasante o terracería presenta contenidos de humedad superiores a la óptima (zonas

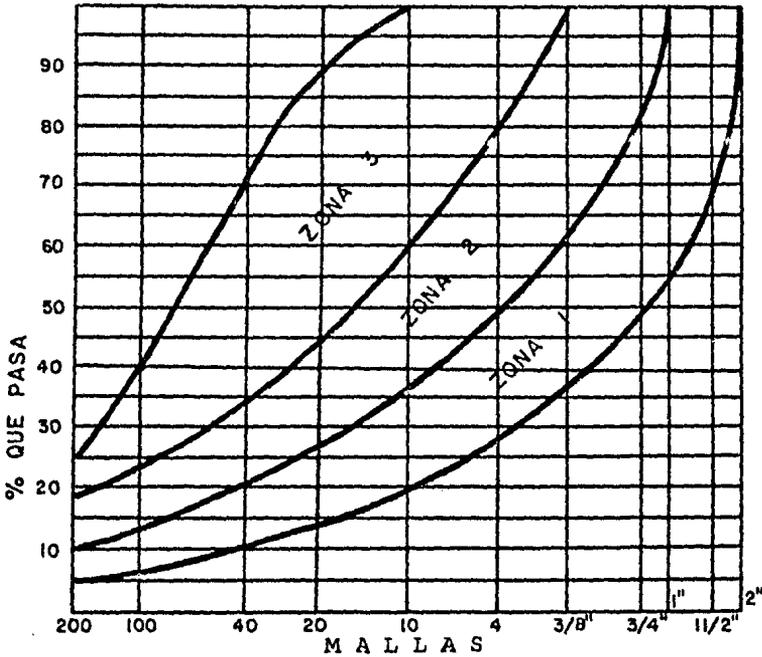
de baches), deberá eliminarse este material y substituirse por material que cumpla con las especificaciones de MEJORAMIENTO compactado al 90% de su P.V.S. Max. en todo el espesor substituído.

Habrán casos en que no pueda eliminarse todo el material inadecuado (con exceso de humedad) por la proximidad del nivel de aguas freáticas. El Departamento del Distrito Federal indicará en cada caso específico el procedimiento a seguir ya sea incrustando grava en greña para estabilizar la sub-rasante, colocar filtros o mediante el empleo de cal o cemento.

B.- Especificaciones de materiales.

Los materiales empleados como mejoramiento, deberán cumplir con los siguientes requisitos físicos:

1).- De Granulometría:



La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3.

La curva granulométrica deberá adoptar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas y no tener cambios de pendiente.

La relación del porcentaje en peso que pasa la malla No. 200 al que pasa la No. 40 no deberá ser superior a 0.65.

- 2).- De contracción lineal, Valor Cementante, Valor Relativo de Soporte y Peso Volumétrico Seco Máximo, las siguientes:

Pruebas	Zonas granulométricas de material		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Contracción lineal, %	6.0 Máx.	5.0 Máx.	4.5 Máx.
Valor cementante, Kg/cm2.	5.5 Min.	4.5 Min.	3.5 Min.
Valor relativo de soporte,%	10 Min.	10 Min.	10 Min.
Tamaño máximo del agregado, pulg.	3" Máx.	3" Máx.	3" Máx.
Peso volumétrico seco máx. Kg/m3..	1450 Min.	1450 Min.	1450 Min.
	Salvo caso muy especial		

3-03.2.- DE MATERIAL PÉTREO.

A.- Especificaciones de ejecución.

Quando la pavimentación se va a efectuar en terracerías excesivamente arcillosas o húmedas (zonas lacustres) en las cuales existe rebote elástico y es difícil que se logre el grado de compactación especificado del 90% de su P.V.S. Máx. será necesario colocar una capa de 20 cms. de espesor de material pétreo o granular, cuya granulometría esté comprendida entre las mallas de 3" a No. 4; este agregado deberá ir perfectamente acomodado mediante varias pasadas del equipo construcción o de compactación que de preferencia será de rodillos lisos de 3 ruedas con peso de 12 Ton.

El objeto de esta capa de material pétreo es proporcionar a la terracería mayor estabilidad o soporte o cama de trabajo y evitar que el agua ascienda por capilaridad a las capas superiores del pavimento.

3-04.- SUB-BASE.

Definición.- La sub-base es la capa de materiales seleccionados (grava cementada) que se construye sobre la sub-rasante o mejoramiento y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas de tal forma que no se produzcan deformaciones permanentes en éstas.

A.- Especificaciones de Ejecución.

Una vez que la terracería o mejoramiento se haya compactado y afinado, se procederá al tendido del material de sub-base en los espesores que fije el Departamento del Distrito Federal, de acuerdo con el diseño de pavimento establecido para cada obra; debiendo tener este material característicamente poco arcillosas.

Se calculará el volumen del material acamellonado de tal manera que no se tiendan capas mayores de 15 cm. de espesor de material compacto.

Cuando se tenga la totalidad del material de sub-base para una capa, deberá mezclarse perfectamente con la motoconformadora hasta uniformizar la humedad que debe

rá ser lo más cercana a la óptima.

Una vez alcanzada dicha humedad, se procederá al tendido de la sub-base y al compactado de la capa por medio de -- planchas de rodillos lisos de 10 a 12 Tons. ó Duo Factor y se efectuará de la orilla hacia el centro, en fajas longitudinales a toda rueda con traslape de 10 centímetros.

La compactación se considerará satisfactoriamente cuando el material alcance un grado mínimo del 95% de su P.V.S. Máx. en todo el espesor y deberá verificarse mediante - pruebas de Laboratorio, las cuales se harán hasta que no haya huellas de las ruedas de las compactadoras.

La superficie deberá quedar perfectamente afinada y nivelada de acuerdo con las pendientes longitudinales y transversales que fije el proyecto y excenta de baches; los - cuales en caso de existir, deberán ser extraídos y repuestos con material adecuado (dándoles la compactación especificada), antes de proceder al tendido de la siguiente - capa de sub-base o base.

B.- Especificaciones de Materiales.

Los materiales empleados como sub-base deberán cumplir -- con los siguientes requisitos físicos:

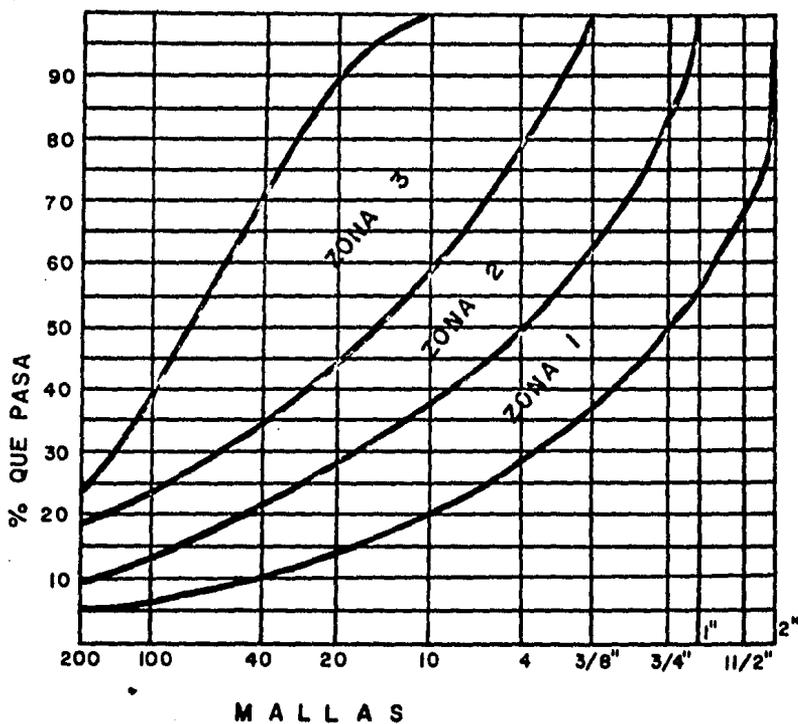
1).- De Granulometría.

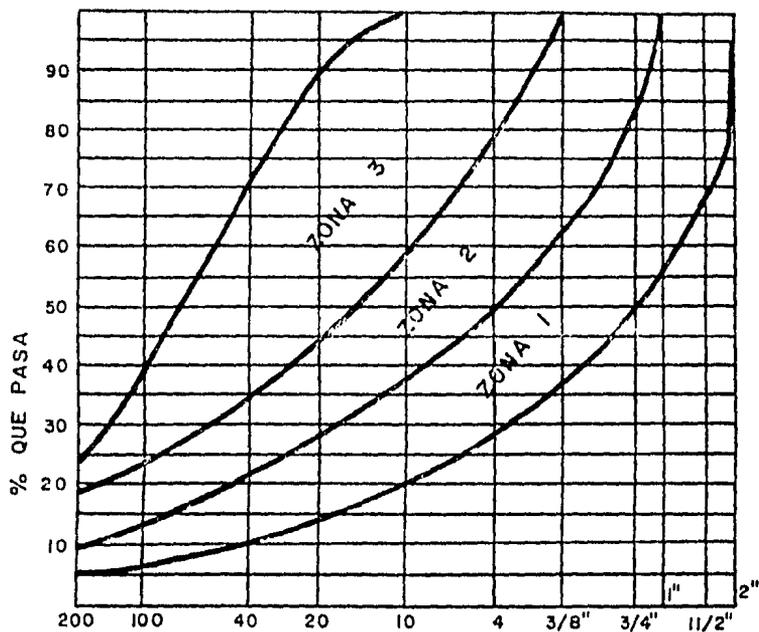
La curva granulométrica del material deberá quedar -

comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3.

La curva granulométrica deberá adoptar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas y no tener cambios bruscos de pendiente.

La relación del porcentaje en peso que pasa de la malla No. 200 al que pasa la No. 4 no deberá ser superior a 0.65.





M A L L A S .

2).- De contracción lineal Valor cementante, valor relativo - de soporte tamaño Máx. y peso volumétrico seco Máx. las siguientes:

PRUEBAS.	Zonas Granulométricas del material		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Contracción lineal, %	4.5 Máx.	3.5 Máx.	2.5 Máx.
Valor cementante, Kg/cm ² .	3.5 Mín.	2.5 Mín.	2.5 Mín.
Valor relativo de soporte, %	50 Mín.	50 Mín.	50 Mín.
Tamaño Máx. del agregado, "	2 1/2" Máx.	2 1/2" Máx.	1 1/2" Máx.
Peso volumétrico seco Máx. Kg/m ³ .	1700 Mín.	1700 Mín.	1700 Mín.
	o menos en casos especiales.		

3.05.- BASES HIDRAULICAS.

Definición.- La base es la capa de materiales seleccionados (grava cementada controlada) que se construye sobre la sub-base o sub-rasante (cuando la calidad de ésta es igual a la de la sub-base) y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las capas inferiores del pavimento, distribuyéndolas de tal forma que no produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

A.- Especificaciones de Ejecución.

Cuando la sub-base haya sido recibida a completa satisfacción, se procederá al tendido de la capa base en el espesor que fije el Departamento del Distrito Federal, de acuerdo con el tipo de la obra vial por ejecutar y tomando en cuenta lo siguiente:

- 1).- Cuando el diseño empleado sobre la base se coloque la carpeta asfáltica, el espesor mínimo de base será de 15 cm. de material compacto.
- 2).- Cuando el diseño del pavimento marque base asfáltica sobre la base hidráulica, el espesor mínimo de esta capa deberá ser de 10 cm. de material compacto.

El procedimiento de construcción para el tendido de la base hidráulica es igual al empleado en los

materiales de sub-base, únicamente con las siguientes modificaciones:

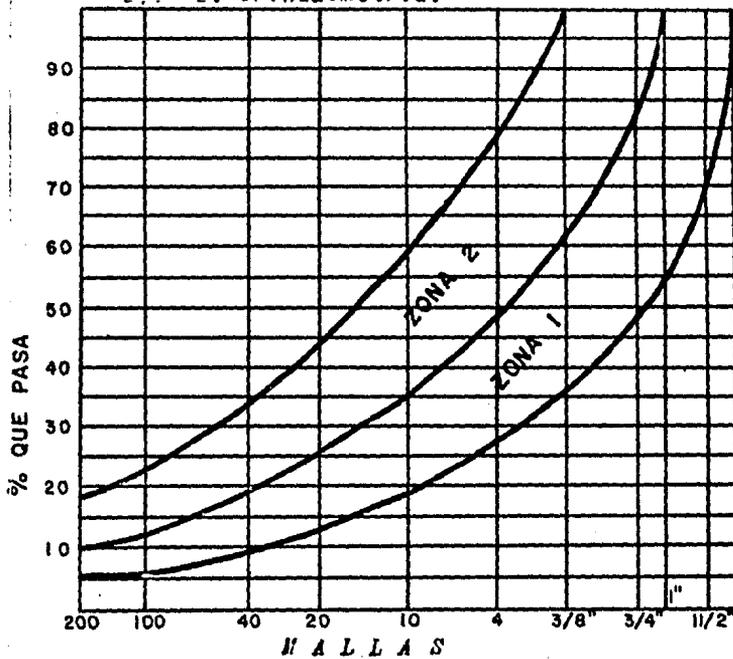
a).- La compactación se considerará satisfactoria cuando el material alcance un grado mínimo del 98% de su Peso Volumétrico Seco Máximo, verificado mediante pruebas de Laboratorio, las cuales se efectuarán hasta que no moarquen las huellas de las ruedas.

b).- La superficie deberá quedar perfectamente afinada, con textura sin ondulaciones y estará de acuerdo con las pendientes longitudinales y transversales que fije el proyecto, tampoco deberán existir baches.

c).- Se recomienda que al terminar la compactación en la base y cuando ésta se encuentre seca superficialmente, se aplique el riego de impregnación con objeto de evitar desintegración a causa del tránsito o de las lluvias. No se deberá conservar esta superficie a base de riegos de agua o compactación, ya que se originan encarpetamientos y texturas cerradas que impedirían la correcta penetración del riego de impregnación. Cuando cualquiera de estas causas deteriore la superficie de la base y se tenga duda del grado de compactación de la misma, el Departamento del Distrito Federal, podrá ordenar al contratista desde escarificar superficialmente esta capa hasta levantarla completamente y volverla a compactar, verificada por pruebas de Laboratorio.

B.- Especificaciones de Materiales:

Los materiales empleados como bases hidráulicas deberán cumplir con los siguientes requisitos físicos:



1).- De Granulometría:

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 2.

La curva granulométrica deberá afectar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas y no tener cambios bruscos de pendiente.

La relación del porcentaje en peso que pasa de la malla No. 200 al que pasa la No. 40 no deberá ser superior a 0.65.

2).- De contracción lineal, valor cementante, valor relativo de soporte, tamaño máximo y peso volumétrico seco máximo (tentativo) las siguientes:

PRUEBAS.	Zonas granulométricas del material.	
	Zona 1	Zona 2
Contracción lineal, %	3.5 Máx.	2'0 Máx.
Valor cementante Kg/cm2.	4.5 Mfn.	3.5 Mfn.
Valor relativo de soporte,%	80 Mfn.	80 Mfn.
Tamaño máx. del agregado,pulg.	1 1/2"Máx.	1 1/2"Máx.
Peso volumétrico seco Máx. Kg/m3.	1800 Mfn.	1,800 Mfn.

3-06.- RIEGOS ASFALTICOS.

3-06.1.- Riego de Impregnación.

Definición.- El riego de impregnación tiene por objeto aplicar un asfalto rebajado a la base terminada, para impermeabilizarla y formar una transición entre ella y las mezclas asfálticas.

Normalmente se aplica a las bases hidráulicas antes del tendido de la base negra y/o carpeta asfáltica, pero también cuando el diseño indique que la base asfáltica se construya sobre la sub-base, se aplica en esta capa.

Una vez recibida la base (o sub-base) e inmediatamente antes del riego, deberá barrerse perfectamente, dejándola libre de impurezas y material suelto, posteriormente se aplicará un riego de producto asfáltico FM-0 ó FM-1 ó emulsión asfáltica mediante petrolizadora, debiendo tener un dispositivo adecuado que permita aplicar el riego en la cantidad especificada de 1.5 litros/m²., se distribuirá en producto asfáltico uniformemente y a presión mayor de 1.5 Kg/cm². y a una temperatura de 90°C., debiendo reposar cuando menos 2 días, con objeto de que se logre una penetración aceptable (5 mm. Mín.) y que el asfalto haya perdido la totalidad de los solventes.

Cuando por causas de fuerza mayor deba transitarse por el tramo recién impregnado, se colocará arena seca a razón de 6 a 8 Lt/m². con objeto de protegerlo.

B.- Especificaciones de Materiales.

Los asfaltos FM-0 ó FM-1 empleados en los riegos de impregnación, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO (FM)

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de ignición (Copa abierta de Cleveland) en °C	38 mín	38 mín	66 mín	66 mín	66 mín
Viscosidad Scybolt-Furoi A 25 °C en seg A 50 °C en seg A 60 °C en seg A 82 °C en seg	75-150	75-150	100-200	250-500	125-250
Penetración del asfalto básico en grados	80-100	80-100	80-100	80-100	80-100
Destilación: Por ciento del total destilado a 360 °C Hasta 225 °C Hasta 260 °C Hasta 315 °C	25 máx. 40-70 75-93	20 máx. 25-65 70-90	10 máx. 15-55 60-87	5 máx. 5-40 55-85	0 30 máx. 40-80
Residuo de la destilación a 360 °C, % del volumen por diferencia	50 mín	60 mín	67 mín	73 mín	78 mín
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración en grados.	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad en centímetros	100 mín.	100 mín.	100 mín.	100 mín.	100 mín.
Solubilidad en CCL ₄ , en %.	99.5 mín.	99.5 mín.	99.5 mín.	99.5 mín.	99.5 mín.

3-06.2.- Riego de Liga.

Definición.- El riego de liga tiene por objeto unir perfectamente la base con la mezcla asfáltica mediante la aplicación de un rebajado asfáltico en la superficie.

Normalmente se aplica a las bases o sub-bases impregnadas antes del tendido de base negra o carpeta asfáltica, dependiendo del diseño del pavimento, pero también se aplica entre base asfáltica y carpeta asfáltica cuando el tendido entre una y otra capa es mayor de 36 horas o entre pavimento existente (carpeta asfáltica o concreto hidráulico) y carpeta asfáltica cuando se trata de una sobre carpeta.

A.- Especificaciones de Ejecución.

La superficie de la base o sub-base impregnada, de la base asfáltica o del pavimento existente, deberá estar seca y sin materias extrañas o sueltas, deberá barrerse perfectamente para después aplicarse el riego de liga con petrolizadora, (ver riego de impregnación) con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.5 Lt/m². aproximadamente y a la temperatura de 90oC, dejándose reposar 2 horas cuando menos para que pierda parte de sus solventes.

No es conveniente que este riego esté expuesto más de 10 horas sin tender la mezcla asfáltica, ya que puede adquirir impureza, tales como polvo, agua o materias extrañas. Si por causas de fuerza mayor, dicho lapso de exposición del riego - fuese mayor, se repetirá la aplicación con bachador a razón - de 0.2 lt/m².

B.- Especificaciones de Materiales.

Los asfaltos FR-3 empleados en los riegos de liga deberán cumplir con los siguientes requisitos:

ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO (FR).

ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO (FR)

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de ignición (Copa abierta de Cleveland) en °C.			35 mín	35 mín	35 mín
Viscosidad Scybolt-Furof A 25 °C en seg. A 50 °C en seg. A 60 °C en seg. A 82 °C en seg.	75-150	75-150	100-200	250-500	125-250
Penetración del asfalto blando en grados	80-100	80-100	80-100	80-100	80-100
Destilación: Por ciento del total destilado a 360 °C Hasta 190 °C Hasta 225 °C Hasta 260 °C Hasta 315 °C	15 mín 55 mín 75 mín 90 mín	10 mín 50 mín 70 mín 88 mín	40 mín 70 mín 87 mín	25 mín 55 mín 83 mín	8 mín 40 mín 80 mín
Residuo de la destilación, % del volumen por diferencia	50 mín	60 mín	67 mín	73 mín	78 mín
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION.					
Penetración en grados	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Debilidad en centímetros	100 mín	100 mín	100 mín	100 mín	100 mín
Solubilidad en CCL ₄ , en %	99.5 mín	99.5 mín	99.5 mín	99.5 mín	99.5 mín

3-06.3.- Membranas impermeabilizantes.

Definición.- Las membranas impermeabilizantes se lo--
gran mediante riegos asfálticos que se han usado con
éxito para disminuir los efectos de la humedad en los
terraplenes de carreteras. Su empleo ha sido particu--
larmente provechoso para evitar las fluctuaciones de
humedad en los suelos provoándose pérdidas de resis--
tencia a medida que se incrementa ésta y agrietamien--
tos por contracción al venir una disminución en el --
contenido de agua.

Las membranas impermeabilizantes enterradas sirven --
como pantalla para evitar el ascenso capilar del agua
y mediante su empleo se pueden obtener logros positi--
vos en zonas de la Ciudad en las que el sub-suelo pre--
senta altos contenidos de humedad.

A.- Especificaciones de Ejecución.

Se coloca la membrana encima del mejoramiento com--
pactado mediante un riego de asflato rebajado del
tipo FR-3 ó emulsión asfáltica a razón de 3 a 4 -
Lt/m². debiendo cubrirse inmediatamente con arena
fina y seca, con el fin de evitar posibles ruptu--
ras de la misma por punzaduras o rayones con la
cuchilla de la motoconformadora. Esta pantalla --
cubrirá la zona transitada del pavimento más 50 -
cms. a cada lado del ancho del arroyo.

B.- Especificaciones de Materiales.

Los asfaltos empleados en las membranas asfálticas deberán cumplir con los requisitos estipulados para los riegos de liga (FR-3).

3.07.- Base Asfáltica (negra).

Definición.- Es la capa asfáltica del pavimento (con granulometría abierta) situada inmediatamente abajo de la capa de rodamiento, que transmite las cargas del tránsito a la base hidráulica, sub-base y sub-rasante. El espesor de esta capa deberá ser de 10 cm. mínimo de material compacto.

El Departamento del Distrito Federal, ha optado por incluir la base negra en todos los diseños de pavimentos en donde el tránsito es intenso y pesado, tales como avenidas, Viaductos, Periféricos y actualmente en el Circuito Interior y sus radiales; en virtud de que se incrementa considerablemente la resistencia estructural del pavimento.

A.- Especificaciones de Ejecución.

Una vez aplicado el riego de liga y que haya transcurrido el tiempo necesario para la eliminación de los solventes del producto asfáltico, se procederá el tendido de la base negra.

Se deberán aplicar encima del riego de liga unas paladas de mezcla en la zona de tránsito necesario de construcción para evitar que se levante dicho riego (no hacer manteo). Posteriormente se tenderá la mezcla con una máquina terminadora en un espesor de 13 cms., sueltos para que una vez compactada se obtengan los 10 cms., de proyecto con una tolerancia de 5 mm: La temperatura recomendable para el tendido debe ser mayor de 70oC., verificada con termómetro que deberá tenerse en la obra. Por causas especiales el Departamento del Distrito Federal, podrá autorizar el tendido con motoconformadora y lo hará por escrito.

No se deberá tender mezcla para base negra cuando la temperatura ambiente sea menor de 10oC.

La mezcla asfáltica se deberá compactar a una temperatura comprendida entre 70 y 50oC. (Controlada con termómetro) con una compactadora de 3 rodillos lisos y un peso de 12 Tons. efectuándose longitudinalmente, de la parte baja hacia la parte alta de la superficie. La velocidad de la compactadora no deberá exceder de 5 Km/hora para evitar el levantamiento de la mezcla caliente. Se compactará hasta que no queden huellas del equipo de compactación y se obtenga un grado mínimo de 95% de su densidad teórica Máxima, es decir se debe obtener un peso volumétrico en el lugar de 2375 Kg/m³., mínimo, verificado mediante pruebas de Laboratorio.

En caso de que se emplee base asfáltica elaborada con cemento asfáltico No. 6, se seguirán las mismas indicaciones que para carpetas asfálticas en cuanto a temperaturas.

En virtud de que la base por su granulometría abierta la mezcla resultante no es completamente impermeable y además cuando se elabora con asfalto rebajado P.A.5 no adquiere la estabilidad necesaria para que sea puesta de inmediato al tránsito, se hacen las siguientes recomendaciones antes de tender la carpeta asfáltica.

- 1).- Fuera de temporada de lluvias, es conveniente dejar reposar la base negra durante 10 días para que se evaporen los solventes y ésta adquiera mayor estabilidad.
- 2).- En temporada de lluvias, será necesario además de la compactación con el rodillo liso de tres ruedas, dar compactación con rodillos neumáticos con objeto de cerrar la textura al máximo superficial de esta capa y lograr mayor impermeabilidad, debiéndose tender lo más pronto posible la carpeta asfáltica.

B.- Especificaciones de Materiales.

La mezcla asfáltica que se utiliza para la base negra se elabora en la Planta de Asfalto del Departamento del Distrito Federal con las siguientes especificaciones:

1).- Granulometría.

MALLAS	% QUE PASA
1 1/2"	100-90
1"	80-50
3/4"	67-42
1/2"	50-30
3/8"	42-36
No. 4	28-18
No. 10	23-14
No. 20	18-11
No. 40	14-7
No. 60	12-5
No. 100	9-3
No. 200	5-0

2).- Tamaño máximo del agregado: 1 1/2"

3).- Tipo y contenido de asfalto.

Asfalto P.A.5 (Patente Planta de Asfalto del Departamento del Distrito Federal). Contenido de cemento asfáltico: 4.5 a 5%.

4).- Densidad teórica máxima 2,500 Kg/m³.

3-08.- Carpetas Asfálticas.

La carpeta asfáltica es la última capa del pavimento que sirve como superficie de rodamiento en una obra vial. La mezcla se debe elaborar con agregado pétreo graduado y cemento asfáltico No. 6. Estas superficies deben estar acondicionadas de tal manera que el des--

plazamiento de los vehículos pueda realizarse con comodidad, seguridad y rapidez.

A.- Especificaciones de Ejecución.

1).- Tendido de mezcla asfáltica.- Deberán aplicarse encima del riego de liga unas paladas de mezcla, para -- evitar que el tránsito necesario de construcción levante dicho riego. Posteriormente y para evitar la segregación, se tendrá la mezcla con una máquina terminadora en un espesor tal que una vez compacto se -- obtenga el de proyecto. La velocidad de la máquina -- terminadora al colocar la mezcla deberá estar com -- prendida entre 2 y 4 Km/hora.

Para obtenerse los espesores de material compacto de proyectos deberán controlarse los espesores que va -- dejando la terminadora según la siguiente relación:

$$\text{Espesor proyecto} \times 1.3 \text{ (abundamiento)} = \text{Espesor tendido por terminadora.}$$

La temperatura recomendable para el tendido debe estar comprendida entre 100 oC. y 130oC., debiendo evitarse éste, cuando la temperatura ambiente sea menor a los 10oC.

2).- Compactación.- La mezcla asfáltica deberá compactarse a una temperatura comprendida entre 90o y 110oC.,

siendo la óptima 100 oC. La compactación se hará longitudinalmente traslapando a todo rueda, iniciando de la parte baja hacia la parte alta, avanzando de la guarnición al centro del arroyo, el equipo recomendado es el siguiente:

a).- Para la compactación inicial deberá emplearse una compactadora de rodillos lisos tipo Tandem de 6 a 8 Tons. con una velocidad que no debe exceder de 5 Km/hora para evitar el levantamiento de la mezcla caliente, se traslapará entre pasada y pasada media rueda , con el objeto de darle el acomodo inicial al material.

b).- Una vez que la compactadora Tandem deja huellas apenas perceptibles se procederá a compactar la capa con una compactadora de 3 rodillos lisos y un peso de 12 Tons. - hasta que las huellas de ésta sean muy leves.

c).- La compactación final de la mezcla se dará con una compactadora neumática que borre las huellas que deja la máquina de 12 Tons., hasta dejar una superficie afinada y adecuada al tránsito de vehículos.

Para evitar la adherencia de la mezcla a las ruedas del equipo de compactación, éstas deberán ser humedecidas -- (sin que haya exceso de agua).

d).- La compactación obtenida deberá ser mayor del 90% de la densidad teórica máxima de la mezcla según el proyecto.

Aproximadamente el peso volumétrico compacto del lugar será de 2250/Kgm³. en promedio.

3.- Juntas.- Las juntas longitudinales y transversales de construcción deberán hacerse cuidadosamente a efecto de que queden bien ligadas y selladas.

Las aristas de las superficies colocadas con anterioridad, deberán cortarse verticalmente y en todo su espesor, aplicando una película con asfalto rebajado FR-3- (con temperatura aproximada de 90oC), para después colocar y compactar la mezcla caliente.

4.- Acabado.- La carpeta terminada deberá tener la sección y pendiente de proyecto y en ningún punto se aceptarán depresiones o crestas mayores de 5 mm. medidas con una regla de 3 m. normal y paralela al eje de la vía.

5.- Propiedades.- Las carpetas asfálticas después de terminadas deben cumplir con las siguientes propiedades:

a).- Estabilidad.- La carpeta terminada debe resistir los esfuerzos del tránsito sin sufrir deformaciones permanentes.

b).- Flexibilidad.- La carpeta debe admitir las deformaciones elásticas impuestas por el tránsito sin fraguarse.

c).- Impermeabilidad.- Debe ser impermeable para evitar

filtraciones de agua a las capas inferiores del pavimento (ya que ésto reducirá el soporte y provocaría fallas prematuras).

d.- Antideslizante.- La superficie de la carpeta terminada deberá presentar una textura tal que permita al conductor el control adecuado del vehículo en condiciones de seguridad, aún a la velocidad máxima permisible dada la naturaleza de la obra vial.

e.- Durabilidad.- La carpeta asfáltica debe ser suficientemente resistente a la acción del tránsito y a los agentes atmosféricos. Para que se cumpla esta propiedad debe existir buena dosificación entre el material pétreo y el aglutinante, es decir una mezcla de buena calidad.

B.- Especificaciones de Materiales.

Las mezclas asfálticas que se utilizan para la "CONSTRUCCION Y RECONSTRUCCION DE CARPETAS ASFALTICAS" se elaboran en la Planta de Asfalto del Departamento del Distrito Federal y ambas deben apegarse a las siguientes especificaciones:

1.- CEMENTO ASFALTICO No. 6

- | | |
|---|----------|
| a).- Penetración a 25oC. 100 g. 5 seg. | 85 a 100 |
| b).- Viscosidad (Saybolt Furol) (seg) | 85 mfn. |
| c).- Punto inflamación (Cleveland) (oC) | 232 mfn. |

d).- Pérdida por calentamiento en película delgada: (%)	1.0 máx.
e).- Penetración después prueba, a 25oC 100 g. 5 seg. (%) del original	50 mín.
f).- Ductilidad: a 25oC. (cm)	100 mín.
g).- Solubilidad en tetracloruro de carbono (%)	99 mín.
h).- Punto de reblandecimiento (oC)	45 a 52

2.- AGREGADO PETREO.

a).- Tamaño máximo	3/4"
b).- Clase material	triturado basáltico
c).- Peso específico	2.69 mín.
d).- Absorción (B seca) (%)	3.00 máx.
e).- Equivalente de arena (%)	60 mín.
f).- Desgaste Deval (%)	20 máx.
g).- Intemperismo acelerado (%)	12 máx.
h).- Afinidad con el asfalto (desprendimiento %)	25 máx.
i).- Granulometría:	

Malla	% Pasa
3/4"	100
1/2"	100-75
3/8"	100-65
No. 4	70-47
No. 10	48-32
No. 20	33-22

No. 40	25-16
No. 60	20-12
No. 100	15-9
No. 200	10-5

3.- MEZCLA ELABORADA.-

a).- Estabilidad (marshall-50 golpes por lado) (Kg)	450 mín.
b).- Fluencia (mm)	4 máx.
c).- Vacíos en mezcla (%)	3 a 5
d).- Vacíos llenos de asfalto (%)	75 a 85 %
e).- Contenido de Asfalto (%)	6 a 7
f).- Densidad teórica máxima (KG/m3)	2,500
g).- Densidad media en campo al terminar la compactación (KG/m3).	2,250 mín.
h).- Temperatura de elaboración (oC)	135 a 150
i).- Temperatura de tendido (oC)	100 a 130
j).- Temperatura de compactación (oC)	90 mín.
k).- Índice de permeabilidad (5)	10 máx.

3-09.- SELLO CON CEMENTO PORTLAND.

El sello con cemento Portland tiene por objeto impermeabilizar las carpetas asfálticas y deberá aplicarse a todos los pavimentos asfálticos antes de que éstos se abran al tránsito.

Es muy importante lograr la impermeabilidad en los pa-

vimentos asfálticos ya que las filtraciones del agua a través de las carpetas disminuyen el soporte en las bases hidráulicas sub-bases y terracerías, provocando fallas prematuras en los pavimentos tales como: asentamientos y agrietamientos - "piel de cocodrilo" etc.

A.- Especificaciones de Ejecución.

- 1.- Una vez compactada y recibida la carpeta asfáltica y que ésta haya adquirido la temperatura ambiente (en carpetas elaboradas con rebajado asfáltico PA-5, deberá tenerse la seguridad de que se ha eliminado la totalidad de los solventes) y antes de proceder al sellado con cemento, deberá barrerse perfectamente la superficie dejándose libre de polvo e impureza.
- 2.- Posteriormente se distribuirá el cemento Portland en seco sobre la superficie de la carpeta a razón de 3/4 kg. por m²., tallándose enérgicamente con cepillos de fibra contra la superficie, a fin de que penetre en la porosidad de la carpeta asfáltica.
- 3.- Después se adicionará el agua necesaria (1 a 1.5 Lt/ m²., aproximadamente) para formar una lechada de consistencia media, la cual se distribuirá enérgicamente con los mismos cepillos, hasta lograr una superficie uniforme. En vías en donde las pendientes sean mayores del 3% deberán tomarse las precauciones necesarias

al adicionar el agua para evitar escurrimientos y desla--
ves.

4.- Se dejará reposar este sello cuando menos 6 horas, para -
evitar que el tránsito lo levante.

3+10.- PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

Los pavimentos rígidos son aquellos cuya capa de roda-
miento está constituida por losas de concreto hidráulico,
apoyadas sobre una base de tipo granular.

El elemento fundamental del pavimento lo constituyen -
las losas de concreto hidráulico, las cuales tienen co-
mo finalidad proporcionar al tránsito una capa rígida,
estable, resistente al desgaste e intemperismo, practi-
camente impermeable de superficie uniforme y de textura
adecuada al rodamiento.

Existen dos tipos de pavimentos de concreto hidráulico.

Reforzado y sin refuerzo, en este capítulo únicamente
se hará referencia al último.

A.- CARACTERISTICAS DEL CONCEPTO Y MATERIALES QUE IN-- TERVIENEN EN SU ELABORACION.

1).- Concreto Hidráulico.- Uno de los aspectos básicos
en la construcción de los pavimentos rígidos es -
la elaboración del concreto, la cual se hará de
preferencia en planta premezcladora.

El concreto por emplearse deberá sujetarse a las siguientes especificaciones verificadas por el Laboratorio del Departamento del Distrito Federal.

Resistencia mínima a la comprensión a la edad de 28 días: 200 Kg/cm².

Resistencia mínima a la flexión a la edad de 28 días: 30 Kg/cm².

Revenimiento.- 2.0 a 5.0 cm.

2).- Agua.- El agua que se emplee para el mezclado no deberá contener cantidades perjudiciales de gas carbónico libre, limo, materia orgánica, álcalis, aceites y sales.- Generalmente bastará con que el agua sea potable para poder emplearse.

3).- Cemento.- Se empleará cemento Tipo I de Resistencia Normal para condiciones generales y Tipo III de Resistencia Rápida cuando se desea adquirir la resistencia a cortas edades.

Cualquiera de los dos tipos que se empleé deberá satisfacer los requisitos físicos y químicos para cemento Portland.

4).- Arena.- La arena que se use en la elaboración del concreto deberá reunir los siguientes requisitos:

a).- De Granulometría.

Malla.	% que pasa
3/8"	100
No. 4	95-100
16	46-80
50	10-30
100	2-10

b).- De Características físicas.

<u>Concepto</u>	<u>Especificaciones</u>
Densidad aparente	2.45 Mín.
Módulo de finura	2.32 a 3.45
Grumos de arcilla	1.0% Máx.
Sanidad (pérdida de peso en 5 ciclos sulfato de sodio)	10% Máx.
Materia orgánica	1 6 2 (color A.S.T.M.)
Polvo (% que pasa malla 200)	3.0% Máx.

5).- Grava.- El agregado grueso deberá consistir de grava natural o piedra triturada y deberá reunir los siguientes requisitos:

a).- De granulometría, dependiendo del tamaño máximo.

Mallas	% Retenido acumulativos			
	<u>Tamaño máximo de agregados.</u>			
	2"	1 1/2"	1"	3/4"
2	0-5	- - -	- - -	- - -
1 1/2"	- - -	0-5	- - -	- - -
1"	30-65	- - -	0-10	- - -

3/4"	- - -	30-65	- - -	0-10
1/2"	70-90	- - -	40-75	- - -
3/8"	- - -	70-90	- - -	45-80
No. 4	95-100	95-100	90-100	90-100

b).- De características físicas:

<u>Concepto</u>	<u>Especificaciones</u>
Densidad aparente	2.45 Mfn.
Absorción	5 % Máx"
Grumos de arcilla	0.25 % Máx.
Partículas suaves	5 % Máx.
Sanidad (pérdida de peso en 5 ciclos con sulfato de sodio)	12.0 % Máx.
Desgaste Los Angeles (500 revoluciones).	45. % Máx.
Polvo (% que pasa Malla 200)	1 % Máx.

6).- Adicionantes.- Los adicionantes son sustancias que se le añaden al concreto en cantidades adecuadas para mejorar ciertas propiedades y obtener un concreto de mejor calidad. Esto no quiere decir que los adicionantes suplan las deficiencias de las mezclas, ya que generalmente en pavimentos de concreto cuando se emplean materiales de buena calidad y mano de obra adecuada, muy pocas veces es necesario usarlos.

De acuerdo con las condiciones especiales de cada obra y

cuando el Departamento del Distrito Federal lo juzgue conveniente se autorizará por escrito el uso de algún adiciónante recomendado por el Laboratorio, los cuales pueden ser:

a).- Acelerante.- Se emplean con objeto de que se produzca con mayor rapidez el fraguado del cemento y el concreto alcance un porcentaje considerable de su resistencia a edades cortas.

b).- Retardantes.- Estos adiciónantes se emplean cuando se requiere un tiempo mayor para la colocación del concreto con objeto de retardar el tiempo de fraguado del concreto.

No es muy recomendable el uso de estos adiciónantes debido que afectan la resistencia del concreto.

c).- Inclusores de Aire.- Para mejorar la trabajabilidad del concreto sin que se vea afectada su resistencia, se emplea un agente inclusor de aire, cuyas cualidades y eficiencia hayan sido investigadas por el Laboratorio del Departamento del Distrito Federal, el volumen de aire -- que se incluya deberá estar comprendido entre 2.5 y 4.5%.

B.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.

1).- Espesores de losas de concreto hidráulico.

Serán los que marque el Laboratorio del Departamento del Distrito Federal, de acuerdo con las condiciones de la base de apoyo, la magnitud de las cargas y la

intensidad del tránsito.

La tabla que aparece a continuación, servirá de guía para la elaboración de los espesores de las losas:

TIPO DE TRANSITO:	<u>Espesor de losas de concreto.</u>	
	Suelos con reducida capacidad de soporte, arcillas comprensibles.	Suelos arenosos, o limosos con capacidad de soporte mayor.
Tránsito pesado en zonas industriales	22 cm.	20 cm.
Avenidas y calles de tránsito intenso	20 cm.	19 cm.
Avenidas de tránsito medio	19 cm.	18 cm.
Avenidas y calles secundarias	17 cm.	16 cm.

2).- Preparación de la sub-rasante. Una vez que el Laboratorio del Departamento del Distrito Federal fije los espesores de las losas de concreto hidráulico se abrirá la caja necesaria para alojar éstas y la base hidráulica conformando y compactando la sub-rasante al 90% de su Peso Volumétrico Seco Máximo. La sub-rasante compactada deberá tener las secciones y pendientes que fije el proyecto.

3).- Base hidráulica.- Sobre la sub-rasante terminada se colocará una capa de grava cementada controlada de 15 cms. - de espesor mínimo de material compactado al 98% de su Peso Volumétrico Seco Máximo (ver especificaciones de eje-

cución y materiales en capítulo 3-05), o bién el espesor que fije el Laboratorio del Departamento del Distrito Federal.

4).- Moldes.- El concreto se vaciará entre moldes metálicos e indeformables que no sufran variaciones en sus alineamientos y niveles fijados firmemente a la base.

Antes del vaciado se engrasarán las superficies que entrarán en contacto con el concreto. Los moldes no se aflojarán ni se removerán antes de que el concreto haya endurecido lo suficiente, para soportar sin deterioro la maniobra respectiva, siendo este lapso de 24 horas como mínimo.

5).- Juntas.- Las Juntas en los pavimentos de concreto tienen por objeto controlar el agrietamiento debido a los esfuerzos de compresión por dilatación, tensión o flexión en las losas.

Las juntas constituyen puntos débiles para producir fallas en los pavimentos ya que de no ser éstas impermeables puede penetrar el agua a la base y sub-rasante originando socavación y reducción del soporte. Debido a lo anterior, la construcción de las juntas debe hacerse con demasiada precaución.

Según la posición que tengan las juntas con respecto al eje de la vía pueden ser: longitudinales (paralelas al -

eje) y transversales (perpendiculares).

Las juntas pueden ser de los siguientes tipos:

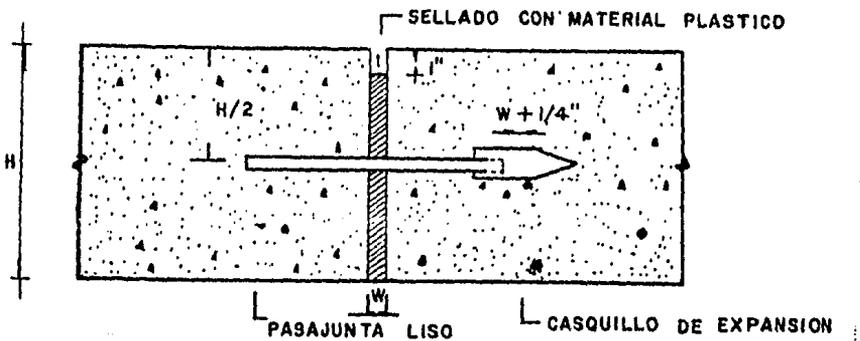
a).- Juntas Transversales de dilatación.- Estas juntas permiten que el pavimento pueda moverse al dilatarse las losas. La separación entre estas juntas deberá ser a cada 48 m. Sin embargo, estas juntas pueden eliminarse siempre que se reúnan las siguientes condiciones: Que los materiales empleados en el contrato no tengan propiedades expansivas, que la construcción del pavimento se realice en épocas del año con temperaturas templadas y que la separación de las juntas de contracción sea suficiente para prevenir grietas intermedias.

Las juntas consistirán de varillas pasajuntas lisas para transmitir la carga de una losa a otra, en uno de los extremos se colocará el casquillo de expansión.

Las dimensiones de las pasajuntas son de 50 a 60 cm. de longitud, 1" de diámetro y separadas de 30 a 45 cm.

La junta deberá sellarse con un material compresible e impermeable (asfalto No. 8) para evitar que penetren sustancias extrañas y a la vez absorber los movimientos de las losas, ver croquis siguiente:

JUNTA DE EXPANSION



b).- Juntas transversales de contracción.- Tiene por objeto - controlar los esfuerzos originados por la contracción de las losas, también permiten cierto movimiento angular, - con lo cual ayuda a disminuir los efectos originados por el alabeo.

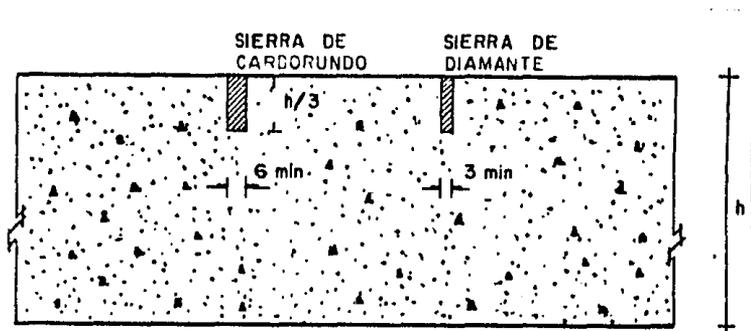
Las juntas de contracción consisten en formar ranuras cuya profundidad sea de una tercera parte del espesor de la losa, las cuales se harán por medio de cortadoras especiales de abrasivo o diamante industrial con un ancho de 6 a 3 mm.

Las juntas irán espaciadas de 5.00 a 6.00 m., y el tiempo que debe transcurrir entre el colado y el corte será de 48 a 72 horas.

Las ranuras se limpiarán perfectamente y se rellenarán con un material elástico resistente al efecto de los solventes y al calor de los motores y al intemperismo. De-

de ser adherente a las paredes y permitir dilataciones y contracciones sin agrietarse, (ver croquis).

JUNTAS DE CONTRACCION.



c.- Juntas de construcción.- Estas pueden ser de 2 tipos:

Longitudinales.- Dependiendo del número de carriles de circulación, el pavimento se dividirá longitudinalmente en fajas de ancho variable entre 2.50 y 3.50 de acuerdo con el proyecto, entre estas fajas existirán juntas longitudinales de construcción machihembrada.

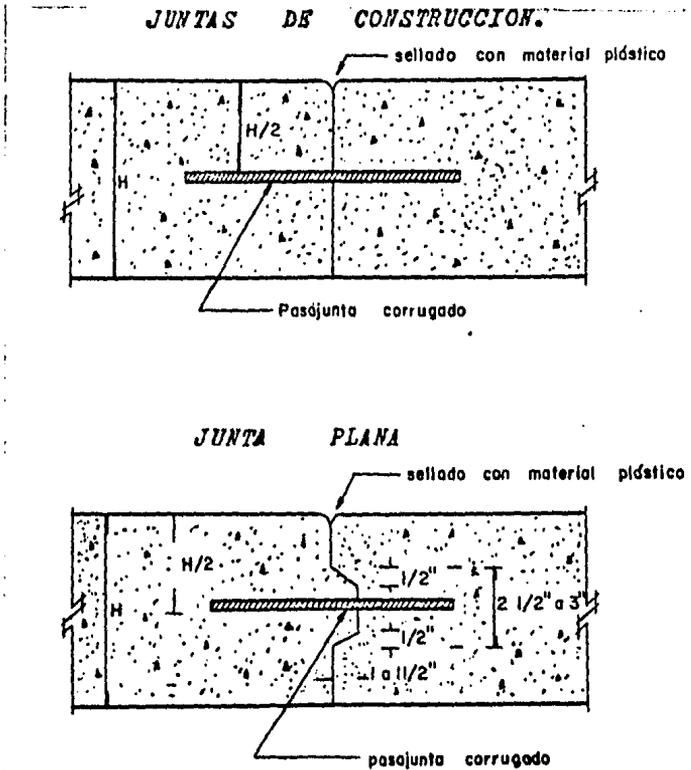
Transversales.- El vaciado longitudinal se hará en forma continua dependiendo del avance del contratista haciendo una junta transversal plana o machihembrada, al terminar el trabajo diario o por interrupción imprevista. Estas juntas irán espaciadas a una distancia múltiple de 6.00 m., a partir del punto de iniciación del vaciado que debe ser la junta transversal de construcción anterior.

Las juntas planas o machihembradas se formarán como se in-

dica en los croquis siguientes:

Al retirar los moldes y en cuanto la superficie se encuentre lo suficientemente seca, se procederá a pintarla con cemento asfáltico No. 6 u 8, hasta lograr un espesor uniforme de 3 mm. antes de proceder al vaciado de la losa contigua.

La dimensiones de las pasajuntas serán de 50 cm. de longitud y 19 mm. (3/4") de diámetro espaciadas a cada 60 cm. su nivel corresponderá a la mitad del espesor de la losa.



6.- Colocación y vibrado del concreto.- Antes de iniciar la colocación del concreto, se deberá humedecer la superficie de la base hasta saturarla, pero sin que se formen charcos.

Será conveniente que la revoladora o el camión vierta directamente sobre el punto de colocación del concreto para prevenir su segregación.

La altura de caída del concreto deberá ser mayor de 50 cm. El concreto en el momento de colocarse tendrá la consistencia especificada por el revenimiento de proyecto.

La revoltura se distribuirá uniformemente sobre la superficie preparada y se compactará mediante vibrador de inmersión, seguido de una regla vibratoria hasta lograr una compactación uniforme y la eliminación de huecos.

7.- Acabado del pavimento.- Una vez conformada la superficie mediante el vibrado superficial, se aplanan con llana de madera de mango largo, después se afina con banda de lona y hule de aproximadamente 20 cm. de ancho, colocada perpendicularmente al eje de la vía, con objeto de eliminar prominencias y depresiones, hasta dejarla uniforme pero con textura ligeramente áspera. No se permitirán crestas ni depresiones mayores de 4 mm., medidas con una regla paralela al eje de la vía.

También puede dársele al pavimento un acabado con ranuras

longitudinales con objeto de lograr una superficie antiderrapante.

Las aristas de las juntas se redondean a un radio aproximado de 4 mm., para lo cual se emplea un volteador que se pasa sobre el concreto fresco inmediatamente después de terminado el afinado de la superficie.

8.- Curado del concreto para pavimento.- El curado tiene por objeto conservar el agua de mezclado del concreto para que éste frague y endurezca en condiciones satisfactorias y debe dársele especial atención por tratarse de un factor de gran importancia para la resistencia y durabilidad del concreto.

Inmediatamente después de terminarse la superficie del pavimento, se procederá a cubrirla con una membrana impermeable de algún producto aprobado por el Laboratorio y que cumpla con la especificación ASTM-C-309 vigente que se aplicará finamente atomizado y que mantendrá la humedad por un tiempo mínimo de 24 horas, al cabo de las cuales se podrá seguir usando esta membrana manteniéndola en buenas condiciones o alguno de los siguientes procedimientos durante los 7 días posteriores al colado.

a).- Riego de Agua.- Para conservar constante y eficientemente húmeda la superficie.

.- Lámina de agua.- Con un tirante de 5 cm. retenida con bordos de arcilla.

.- Arena húmeda.- Con un espesor de 5 cm. manteniéndola constantemente humedecida.

.- PROTECCION DEL CONCRETO.

El pavimento de concreto hidráulico terminado deberá protegerse con barreras al tránsito de vehículos o personas por un tiempo mínimo de 7 días si se emplea cemento de Resistencia Rápida y 14 días con cemento de Resistencia Normal.

En los cruceos importantes y previa autorización por escrito del Departamento del Distrito Federal, podrán reducirse los tiempos anteriores.

11.- PAVIMENTOS DE ADOCRETO.

A.- Definición.- Adoquín para pavimento es el material obtenido por el cortado de rocas naturales, cocción de arcillas o barro y vibro prensado de mortero de cemento Portland, que se emplea en la construcción de pisos para la circulación de vehículos.

El adoquín tendrá un espesor mínimo de 7.5 cm., y su cara superior será generalmente rugosa para lograr una superficie de rodamiento adecuada.

B.- Especificaciones.

1).- Dimensiones y Tolerancias.- Las dimensiones del adoquín para pavimento podrán ser variables tanto en la longitud como en el ancho dependiendo del tipo y forma requerido. El espesor también podrá ser variable pero no menor a 7.5 cm.

La tolerancia en todas las dimensiones del adoquín será de 4 mm. en más o en menos.

2).- Pruebas Físicas.- Las pruebas físicas y especificaciones que deberán cumplir los adoquines son las siguientes:

- a).- Resistencia a la compresión (cubos) 350 Kg/cm². Promedio mínimo de 3 muestras.
- b).- Módulo de ruptura, promedio mínimo de 3 muestras. 50 Kg/cm².
- c).- Absorción en agua a temperatura ambiente en 24 hs., máximo % en peso. 12 %
- d).- Desgaste, número de revoluciones para desgastar un milímetro de espesor en la superficie de trabajo (de rodamiento) Máquina tipo Tinius Olsen o Richló-Bros. 150

3).- Acabado.- Las piezas de adoquín deberán ser compactas, bien fabricadas, libres de grietas, desconchamientos y otros defectos que dificulten su colocación y afecten su apariencia.

Los acabados especiales deberán indicarse por el De-

partamento del Distrito Federal.

- 4).- Aceptación o rechazo.- Se hará de acuerdo con los resultados de las pruebas, lote que no cumpla con los requisitos de esta Norma se rechazará.

C.- Métodos de prueba.

- 1).- Muestreo.- Deberán escogerse adoquines enteros que formen el lote de muestras de prueba, que serán representativos del lote total de entrega seleccionado.
- 2).- Lote de prueba.- Para cada lote de 5,000 adoquines o fracción, se tomarán por lo menos 3 muestras (piezas) y para lotes mayores 3 muestras de cada 10,000 piezas o fracción.
- 3).- Prueba de compresión.
 - a).- Especímenes de prueba.- Cada una de las muestras se cortará en forma de cubo cuya dimensión por lado corresponderá aproximadamente al espesor del adocquín, procurando usar herramienta apropiada para evitar que sus aristas se deterioren.
 - b).- Preparación de los especímenes.- Para la ejecución de la prueba los especímenes se secarán en estufa a una temperatura de 110oC. hasta obtener peso constante. Las muestras deberán probarse aplicando la carga en la dirección del espesor del adocquín y las caras

planas que recibirán perpendicularmente la carga, deberán cabecearse mediante azufre limpio y fundido, dejándose enfriar durante 2 horas por lo menos.

c).- Prueba.- Los especímenes se probarán en una máquina de - compresión axial que se encuentre en buenas condiciones de funcionamiento y que esté debidamente calibrada. La - carga sobre la muestra deberá aplicarse a una velocidad aproximada de 140 Kg/cm.2., por minuto (movimiento de la cabeza móvil de 13 mm., por minuto).

d).- Cálculo.- Resistencia a la compresión igual a $\frac{P}{A}$ en donde:

P= Carga máxima de ruptura de Kgs.

A= Area de la sección de carga en cm².

4).- Prueba a la flexión (módulo de ruptura).

a).- Preparación de los especímenes.- De cada una de las piezas que componen la muestra de adoquín se prepararán los especímenes para la prueba de flexión cuya longitud será mayor de 18 cm. el ancho cuando menos igual al espesor, - pero no mayor de 2 veces éste, los cortes deberán hacerse con sierra de diamante industrial para evitar golpes o - impactos sobre la muestra, que provoquen fracturas internas no visibles.

b).- Prueba.- La muestra se colocará sobre los "apoyos libres" que tendrán un claro de 18 cm., y la carga se aplicará -

al centro del claro sobre la superficie que estará expuesta al tránsito, por medio de una placa de acero de 0.64 cm., de espesor y 3.8 cm., de ancho con una longitud igual o mayor al ancho del espécimen.

La dirección de la carga será perpendicular a la superficie que estará expuesta al tránsito y la velocidad de aplicación de la misma será la correspondiente al desplazamiento de la cabeza móvil de la máquina de prueba a razón de 13 mm. por minuto.

c).- Cálculo.- Para cada muestra se calculará el módulo de ruptura de acuerdo.

$$Mr = \frac{3 pl}{2 bd} \text{ en Kg/cm}^2. \text{ en donde:}$$

Mr= Módulo de ruptura en Kg/cm².

p = Carga máxima registrada por la máquina de prueba en Kg.

l = Distancia entre los soportes (18 cm.)

b = Ancho promedio en cm.

d = Espesor promedio en cm.

El espesor obtenido de todas las piezas será el módulo de ruptura de la muestra de adoquín.

5).- Absorción.

a).- Procedimiento.- Las piezas para esta prueba deberán secarse en estufa a 110°C. hasta obtener peso constante (P_s), posteriormente se sumergirán en agua potable con -

temperatura de 15 a 30°C., durante 24 horas y después se procederá a pesarlos (P_s) limpiando previamente el agua superficial con tela húmeda el tiempo transcurrido desde que los especímenes fueron sacados del agua y la operación de pesado no deberá ser mayor de 10 minutos.

b).- Cálculo.- La absorción de cada pieza deberá calcularse en la forma siguiente:

$$\text{Absorción} = \frac{100 (P_h - P_s)}{P_s} \quad \text{en \%} \quad \text{en dónde:}$$

P_h = Peso del espécimen después de estar sumergido durante 24 horas en agua, en gr.

P_s = Peso del espécimen secado a peso constante, en gr.

El promedio de todos los especímenes se tomará como la absorción de la muestra.

6).- Prueba de desgaste.

a).- Preparación de la muestra.- De cada pieza de adoquín se cortará un espécimen de 6 cms., de ancho por 7 cms., de largo y una altura igual al espesor del adoquín.

b).- Aparato.- Se empleará una máquina de desgaste del Tipo - Tinius Olsen ó Richlo-Bros., con las siguientes características:

Disco giratorio con diámetro exterior de 5 cm., y un ancho de pista o franja de desgaste de 15 cm., aproximadamente, la velocidad del disco será de 65 a 70 r.p.m. El

portamuestras permitirá aplicar la presión a la muestra que se especifica, haciendo variar la carga. Se usará arena de mina lavada y cribada por la malla No. 50 y retenida en la No. 80 como material abrasivo.

c).- Procedimiento.- Se colocará el espécimen en el portamuestras siendo la cara de desgaste la misma que estará expuesta al tránsito. Se aplicará una presión a la muestra de 250 gr/cm².

d).- Cálculo.- Si el adoquin presenta un acabado especial tal como: estriado, cuadrícula u orleado se determinará el número de revoluciones para desgastar 1 mm. del espesor de la probeta.

D.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

La construcción del pavimento de adocreto requiere como base de apoyo una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm. de espesor y el resto de la estructura se diseñará de acuerdo con el valor relativo de soporte de la subrasante (como se describe en el capítulo 2-03.2.).

Los procedimientos para la construcción de las capas del pavimento (terracería, mejoramiento, sub-base, base hidráulica, riegos asfálticos, carpeta asfáltica), serán los indicados en los capítulos 3-01 al 3-08.

Después de terminada la carpeta asfáltica sobre la super

perficie se colocará una cama de arena de 3 a 5 cm. de espesor estabilizada con cal a razón del 5 al 10% en volumen.

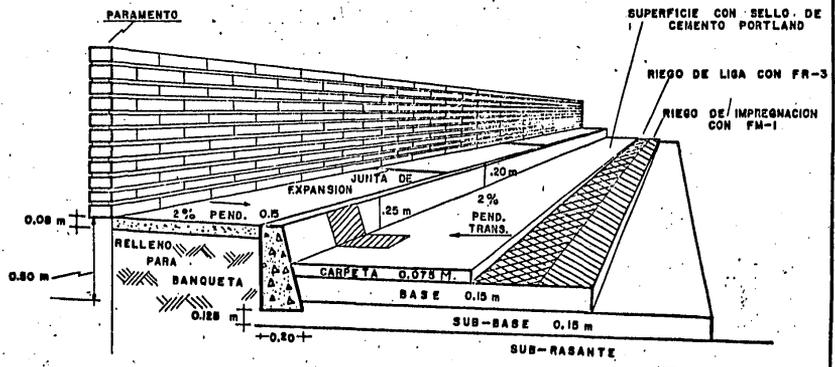
Sobre la cama de arena se coloca el adocreto, asentándolo bien a base de golpes con martillo de hule o madera, respetando siempre los niveles y pendientes de proyecto. La separación entre 2 áreas contiguas de adocreto será de 3 mm. y terminada la colocación del adocreto se procederá al relleno de las juntas con material limoarcilloso, pasando un rodillo vibratorio sobre la superficie del adocreto para lograr que el material de recebe penetre en toda la junta; repitiendo la operación de recebe - vibrado hasta alcanzar el nivel de la superficie de rodamiento.

Se deberá tomar en cuenta un buen diseño de drenaje superficial.

MATERIALES Y MEZCLAS

RIEGO DE LIGA 0.5 Lit/m², RIEGO DE IMPREGNACION 1.5 Lit/m²
 GRAVA CONTROLADA CEMENTADA PARA BASE Y SUB-BASE TAMAÑO MAXIMO 40mm.
 CONCRETO HIDRAULICO PARA QUARNICION DE f'c= 200 Kgs/cm² PROP. VOL. 1:3 1/2 : 2 3/4
 CONCRETO HIDRAULICO PARA BANQUETA DE f'c= 150 Kgs/cm² PROP. VOL. 1:3 : 3
 CONCRETO ASFALTICO PARA CARPETA C. R. A. H. 6 T. MAX. 3/4" * T. MAX. = 40mm.

 SOLADERA DE BLOQUE PLUVIOLES.

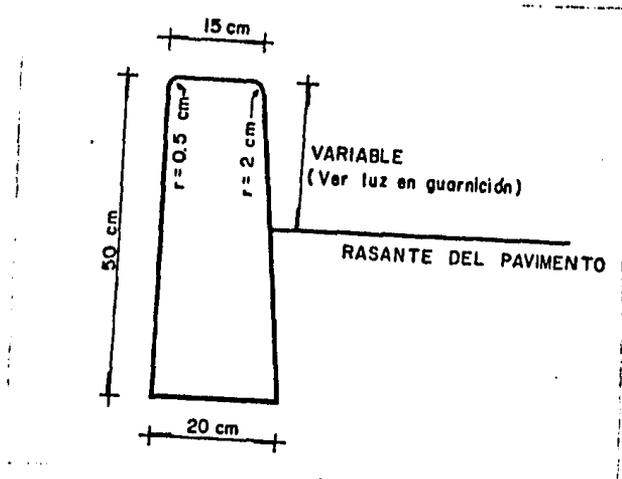


C A P I T U L O I V

GUARNICIONES Y BANQUETAS.

4-01.- GUARNICIONES.

A).- Dimensiones.- Las guarniciones tendrán la siguiente sección:



B).- Moldes.- Los moldes serán metálicos y deberán tener el espesor adecuado que les proporcione suficiente rigidez y resistencia, para no deformarse durante las operaciones de vaciado y vibrado, será necesario que queden firmemente sujetos a la base de apoyo para conservar los alineamientos, pendientes, y niveles de proyecto.

Con objeto de garantizar el buen acabado de las

guarniciones los moldes deberán limpiarse perfectamente y engrasarse antes de usarse.

C).- Preparación.

1).- Construcción.- Al efectuar la construcción del pavimento desde la sub-rasante hasta la sub-base deberá extenderse 50 cm., a cada lado del ancho del arroyo, con objeto de que la guarnición se desplante sobre la sub-base ó a un nivel muy aproximado dependiendo de los niveles de proyecto.

2).- Reconstrucción.- Al efectuar la construcción de guarniciones, primeramente se demolerán las existentes procurando que el ancho de la excavación sea el mínimo necesario para alojar los moldes (los cuales deberán quedar firmemente sujetos a la base de apoyo).

La base en dónde se vayan a desplantar las guarniciones debe ser suficientemente resistente para evitar asentamiento de las mismas.

Cuando la base de apoyo no sea resistente se profundizará la excavación para alojar una capa de grava cementada controlada de 10 cm., de material compactado al 90% de su Peso Volumétrico Seco Máximo.

D).- Material.- Las guarniciones se construirán con concreto-

hidráulico de resistencia $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$., revenimiento de 8 a 10 cm., y tamaño máximo del agregado de $1\frac{1}{2}$ ".

La resistencia del concreto se verificará mediante pruebas de compresión a 28 días efectuadas en el Laboratorio de Inspección de Materiales.

E).- Vaciado.- Antes de proceder al vaciado del concreto en los moldes deberá humedecerse la base. Posteriormente se iniciará el vaciado, debiendo hacerse en dos capas de 25 cm., aproximadamente cada una, que se compactarán con vibrador de inmersión (cuando no se tenga vibrador en la obra, el Departamento del Distrito Federal, deberá suspender los colados de guarnición).

Una vez que el concreto ha sido colocado y vibrado se verificarán nuevamente los alineamientos que deben ser los de proyecto y la inclinación del escarpio.

También se procederá a pulir la parte superior o corona de la guarnición debiendo quedar con la pendiente de proyecto para matar las aristas.

Los moldes se removerán una vez que el concreto haya endurecido lo suficiente para soportar sin deterioro la maniobra respectiva.

Será necesario marcar en los paños exteriores de las guarniciones los niveles de las diferentes capas del pa-

vimiento, que servirán para verificar espesores y niveles de proyecto.

F).- Curado.- El curado tiene por objeto conservar el agua de mezclado del concreto para que éste frague y endurezca - en condiciones satisfactorias y debe dársele especial -- atención por tratarse de un factor de gran importancia para la resistencia y durabilidad del concreto.

Después de haber pulido la corona de la guarnición se -- procederá a cubrirla con una membrana impermeable de algún producto cuya eficiencia esté aprobada por el Laboratorio del Departamento del D.F. Posteriormente durante - los dos días siguientes al colado se darán riegos ligeros de agua a la parte descubierta de dichas guarniciones, como en todo concreto estructural.

G).- Juntas.

1.- De construcción.- El vaciado longitudinal se hará en forma continua dependiendo el avance de la capacidad del contratista, haciendo una junta de construcción al terminar el trabajo del día o por interrupción -- imprevista, con el único requisito que dicha junta - se localice en una distancia múltiple de 3.00 m., a partir de la junta de construcción anterior.

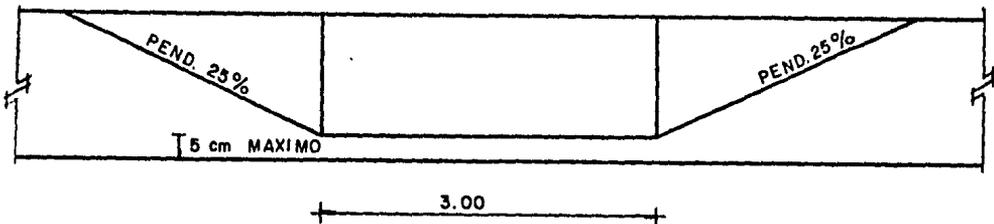
Antes de continuar el vaciado, deberá pintarse la cara verti-

cal de la junta con cemento asfáltico No. 6, dando un espesor no menor de 2 mm.

2.- De contracción y dilatación.- Estas juntas se provocarán con separadores metálicos de 3 mm. de espesor y una profundidad de 25 cm., que se limpiarán y engrasarán perfectamente antes de colocarse y retirarán cuidadosamente 3 a 5 horas después del colado. Las juntas se harán a cada 3 m., de longitud.

Las grietas que se produzcan por incumplimiento de esta especificación serán de la responsabilidad del Contratista.

H).- Entradas de vehículos.- Para las entradas de vehículos, la guarnición se construirá de acuerdo con lo indicado en la figura siguiente:



Para el caso de vehículos con remolques (trailers) deberá modificarse la longitud de la rampa, aumentándola de acuerdo con el ancho del arroyo, procurando que el radio de giro obtenido sea de 15 mts., como mínimo.

1).- Luz de Guarniciones.- Es la altura libre que queda entre la superficie del pavimento terminado junto a la guarnición a la corona de la misma.

Esta luz es variable de acuerdo con la obra vial ejecutada y en términos generales pueden ser las siguientes:

- 1.- Avenidas o Vías Rápidas.- 25 cm.
- 2.- Calles de 8 Mts., de ancho de arroyo o más: 25 cm. en coladeras y 20 cm., en partidores.
- 3.- Calles con banquetas de 1.00 m., de ancho o menores: 15 cm., en coladeras y 10 cm., en partidores.

4-02.- BANQUETAS.

Las banquetas son las zonas de la vía pública destinada al tránsito de peatones, por tal razón su ejecución se hará cuidadosamente para causar las mínimas molestias al público.

El procedimiento para la construcción de las banquetas será el siguiente:

A.- Preparación.

- 1).- Construcción.- Sobre la terracería conformada, afinada y con la pendiente del proyecto se tenderá una capa de 10 cms., de espesor de tepetate compactada al 90% de su peso volumétrico seco máximo, verificado mediante Pruebas de Laboratorio.

2).- Reconstrucción.- En el caso de reconstrucción de banquetas, se presentarán los dos casos siguientes:

a).- Cuando el nivel de las banquetas nuevas sea inferior o igual a la de las existentes,- Se efectuarán las demoliciones correspondientes y se hará la misma preparación que en construcción excepto en el caso en que las terracerías existentes sean aceptables.

b).- Cuando el nivel de las banquetas nuevas sean superior al de las existentes se harán rellenos con tepetate compactado al 90% de su Peso Volumétrico Seco máximo no mayores de 10 cm., hasta el nivel de desplante de las banquetas en algunos casos podrán colarse encima de las existentes.

B.- Material.

El material empleado será concreto hidráulico de $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$., con revenimiento de 6 a 8 cms., y un espesor de 8 cms., excepto en el caso de rampas para vehículos pesados, cuyo espesor, $f'c$ del concreto y armado serán indicados por el Departamento del Distrito Federal.

C.- Colocación del concreto.

El colado de las banquetas se hará por losas alter-

nadas en tramos de 2.00 m. perpendiculares a la guarnición; antes de proceder al vaciado del concreto deberá saturarse perfectamente el relleno de tepetate sin formar charcos (para evitar que este absorva agua del concreto y se presenten fisuras por contracción).

Una vez colocado el concreto se le dará mayor compacidad mediante la regla vibratoria, cuyo movimiento será del parámetro hacia la guarnición.

D.- Acabado.

La superficie de la banqueta deberá quedar perfectamente uniforme con el paso de la regla vibratoria con la pendiente transversal del 2% uniforme o la que se indique para casos especiales y posteriormente se dará el acabado pasándole una escoba de 3 a 5 hilos con el fin de dejar una superficie ligeramente rugosa en sentido perpendicular al tránsito de peatones. Este escobillado deberá hacerse siguiendo líneas rectas y no se aceptarán ondas.

La profundidad de la huella deberá ser lo más uniforme posible.

Las aristas de las losas deberán ser acabadas antes de que endurezca el concreto por medio de un volteador, formando curvas con un radio máximo de 5 mm.

Las banquetas recién coladas se protegerán al paso de --

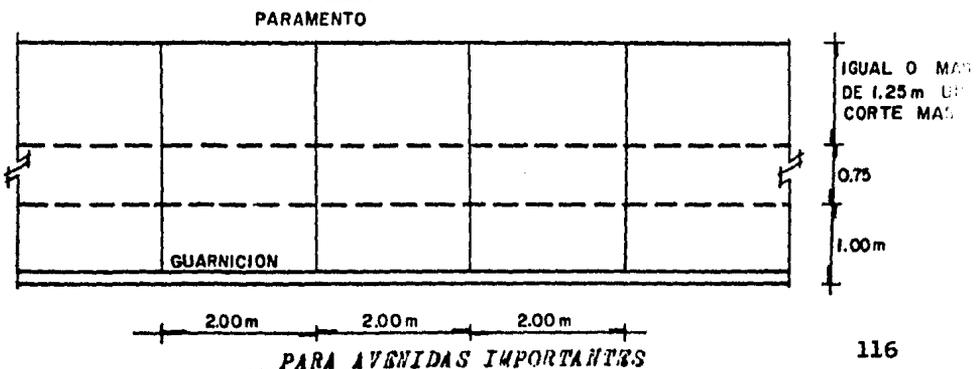
los peatones por un espacio de 24 hrs., cuidando que la superficie de acabado no sea afectada.

E.- Curado.

Inmediatamente después de terminar la superficie de la banqueta se procederá a cubrirla con una membrana impermeable que se mantendrá en buenas condiciones por un tiempo mínimo de 24 horas, posteriormente se seguirán curando las losas con riegos de agua para conservar humedad toda la superficie como en todo concreto estructural.

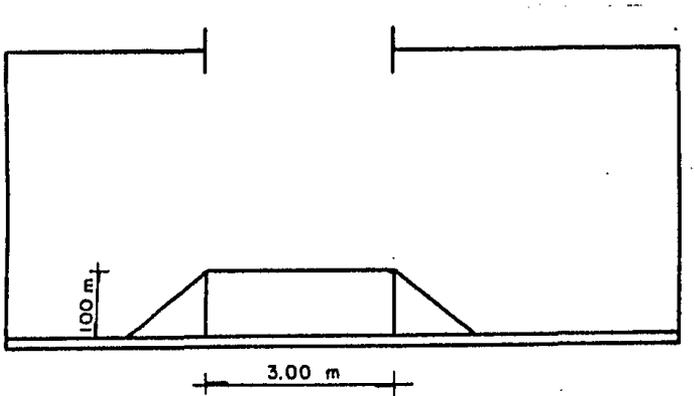
F.- Cortes.

Una vez fraguada la losa y empleando una cortadora de discos para concreto se harán cortes en el sentido longitudinal a la guarnición que tendrán de 2 a 3 mm., de ancho y una profundidad no menor de 3 cm., como se indica en la figura siguiente o de acuerdo con las indicaciones que al respecto el Departamento del Distrito Federal marque. El tiempo que debe transcurrir entre el colado y el corte será de 48 a 72 hrs.



G.- Entrada de vehículos.

La preparación de las banquetas para las entradas de vehículos se hará en la forma que indica el croquis siguiente:



Cuando existen sardineles hundidos en zonas de entradas de vehículos, tratarán de resolverse estos problemas por medio de abanicos de acuerdo con los niveles y previa autorización por el Departamento del Distrito Federal, como último recurso se harán vados.

H.- Responsabilidades del contratista.

Cuando aparezcan fallas en las banquetas recién construidas tales como: agrietamientos por hacer cortes extemporáneos o no haber humedecido perfectamente el desplante, encharcamientos por bajos, pisadas de peatones y animales por permitir el paso antes del tiempo especificado, el contratista será directamente responsable de estos deterioros y estará obligado a repararlos.

Además no deberán colarse las banquetas hasta que no veri

verifique que han sido instalados los servicios que se deban alojar en las zonas de las mismas.

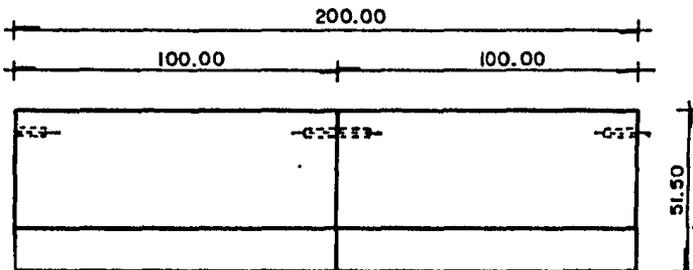
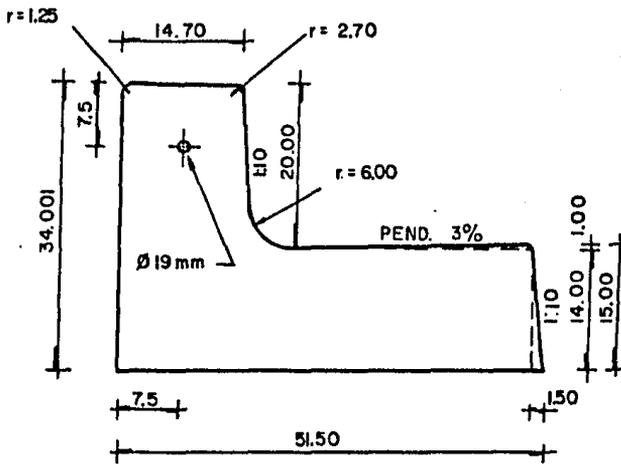
4-03.- GUARNICIONES PRECOLADAS.

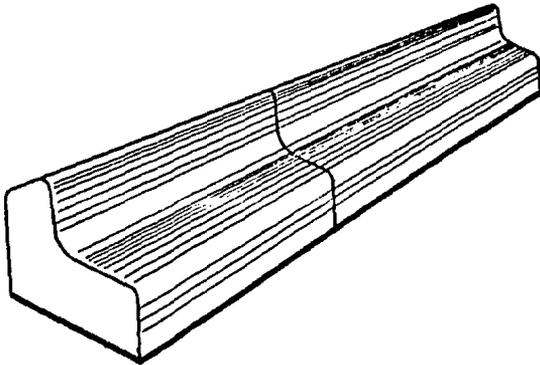
1.- TRAPEZOIDALES.

II.- PECHO DE PALOMA.

A.- Dimensiones.- Las guarniciones tendrán las siguientes dimensiones:

SECCION TRANSVERSAL.





P E R S P E C T I V A

B.- MOLDES.

1.- Para guarniciones precoladas.

Serán metálicos, debiendo tener el espesor adecuado que les proporcione suficiente rigidez y resistencia para no deformarse durante las operaciones de vaciado y vibrado, será necesario que queden perfectamente -- ajustados para evitar escurrimientos de lechada durante el colado, que produzcan oquedades.

Con objeto de garantizar el buen acabado de las guarniciones, los moldes deberán limpiarse perfectamente y engrasarse antes de usarse.

2.- Para guarniciones coladas en sitio.

Se usará una máquina extruidora para concreto hidráulico adecuada con moldes o formas que produzcan la

guarnición con la sección transversal indicada en el punto A.

C.- PREPARACION.

1).- En construcción de pavimento.- Se abrirá la caja para alojar la estructura del pavimento de 50 cm., más a cada lado del ancho del arroyo, con objeto de que la guarnición se desplante sobre la base o a un nivel muy aproximado (dependiendo de los niveles de proyecto) para evitar futuros asentamientos de dicho elemento.

2).- En reconstrucción de pavimento.- Se deberán hacer las excavaciones necesarias para alojar las guarniciones de acuerdo con sus alineamientos de proyecto. Dependiendo también de los niveles de proyecto, se determinará la base de apoyo sobre la cual se colocarán las guarniciones que puede ser una de las capas del pavimento existente, o bien, preparar una capa de tepetate con cemento al 6% de 15 cm., de espesor compactada al 90% de su P.V.S. Máx.

D.- MATERIAL.

Las guarniciones se construirán con concreto hidráulico de las siguientes características :

1.- Para guarniciones precoladas: $f'c$ de 250 Kg/cm², y revenimiento de 4 a 6 cms. tamaño máximo del agregado de 40 mm.

2.- Para guarniciones coladas en sitio: f'c de 200 Kg/cm² revenimiento de 4 cms. y tamaño máximo del agregado - de 40 mm.

E.- FABRICACION.

Las guarniciones precoladas se fabricarán en una planta - que cuenta con las instalaciones adecuadas para producir - las con las secciones y preparaciones especificadas, acabados de primera y que puedan ser curadas a vapor.

La longitud de los tramos en tangente y curva con radios mayores de 15 m., serán de 1 cm. y en curva con radios me - nores de 15 m., serán de 0.5 m.

F.- COLOCACION.

Una vez preparada la base de apoyo las guarniciones se po - drán colocar antes o después del tendido de la (s) capa - (s) asfáltica (s).

Cuando se coloquen antes se procurará no mancharlas con - los riegos asfálticos y que no pierdan su alineamiento de proyecto, cuando se coloquen después se tenderán las ca - pas asfálticas extendiéndose 10 cms. más de su ancho nor - mal, para posteriormente cortar con sierra y alojarlas.

1.- Guarniciones precoladas.- deberán quedar a hueso y se colocará un pasador en las perforaciones con varilla - de 1/2" de diámetro corrugada con una longitud de 19. 5 cms., para lograr mayor rigidez entre pieza y pieza.

Las guarniciones quedarán con los niveles y alineamientos
que marque el proyecto.

C A P I T U L O V

ANDADOR PARA PEATONES.

Definición.- Se entiende por andadores para peatones, la superficie destinada a la circulación de personas, procurando que ésta se lleve a cabo en forma segura, cómoda, limpia y con un aspecto agradable acorde al medio ambiente.

Clasificación.- tomando en consideración la forma constructiva y los materiales empleados, los andadores se pueden clasificar en dos tipos:

- a).- Andador construído con suelos estabilizados cementantes hidráulicos, mediante el empleo de hidróxido de calcio (cal hidratada), o mediante el empleo de cemento Portland.
- b) - Andador construído con productos asfálticos, mediante el empleo de una carpeta de concreto asfáltico, o mediante el empleo de un tratamiento asfáltico superficial con material de granulometría (3-A) de triturado basáltico o gravilla de tezontle de color.

Considerando la intensidad de la circulación de personas y tomando en cuenta el aspecto ornamental, se recomiendan los siguientes tipos de andador para:

- a).- Tránsito ligero de personas.

Para este tránsito se recomiendan los andadores de terreno natural o con mejoramiento de tepetate, estabilizados

con cementantes hidráulicos, o bien, cuando además sea necesario contar con superficies de aspecto agradable, - los tratamientos superficiales con material pétreo de diferentes coloraciones totales como el tezontle rojo, amarillo, negro, etc., pueden ser satisfactorios.

b).- Tránsito pesado de personas.

Para este tránsito, se recomienda andadores con mejora-- miento de tepetate limo arenoso, estabilizados con cemen-- to portland, andadores contruidos con una carpeta de -- concreto asfáltico, con el fin de que se aumente la re-- sistencia al desgaste y además, eventualmente permitir - el acceso de vehículos ligeros.

METODOS CONSTRUCTIVOS Y REQUISITOS DE CALIDAD.

1.- Andadores contruidos con terreno natural o mejoramiento con tepetate (limo arcilloso) estabilizado con hidróxido de calcio (cal hidratada).

Cuando los suelos arcillosos tienen una humedad adecuada de acuerdo a su naturaleza, generalmente permanecen esta-- bles, sin embargo en cuanto varía su contenido de agua se convierten en polvo o lodo. Con objeto de evitar lo ante-- rior es necesario mezclar el terreno natural o el tepeta-- te limo arcilloso con hidróxido de calcio (cal hidratada), lo cual logra modificar las propiedades nocivas, propor--

cionándole cualidades tales como impermeabilidad, aumentos de valor relativo de soporte y valor cementante.

La aplicación del hidróxido de calcio a los materiales arcillosos, típicos del Valle de México está limitado o sea sólo aquellos suelos plásticos que presentan una contracción lineal mayor a 10% y un índice plástico superior a 30. De acuerdo -- con pruebas realizadas en el Laboratorio del D.D.F., se ha en-- contrado que el porcentaje óptimo de cal hidratada varía en-- tre 6 y 8 % en peso aproximadamente.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

- a).- Se escarificarán por lo menos 15 cm., de la terracería -- por estabilizar, se adicionará la cal hidratada en el -- porcentaje óptimo, distribuyéndose uniformemente.
- b).- Se mezclará el terreno natural y la cal hidratada en for-- ma íntima, de preferencia en seco, mediante el empleo de motoconformadoras y con la ayuda de rastras con discos o mezcladoras rotatorias, hasta lograr un mezclado comple-- to.
- c).- Se adicionará el agua necesaria para que su contenido -- llegue al óptimo más un 5 %, dejándose curar por un lap-- so de 24 a 48 horas., según sea su plasticidad, con el - fin de que la cal reaccione con la arcilla y:

inicie la formación de compuestos químicos, tales como los silico-aluminatos cálsicos.

d).- Posteriormente se extenderá la terracería ya curada y se afinará procediendo a compactarla con rodillos lisos de 12 tons. hasta lograr un 90% de su peso volumétrico - seco máximo incorporando el agua necesaria para mantener la humedad óptima de compactación.

2.- Andador con mejoramiento de tepetate (limo arenoso) estabilizado con cemento portland.

El material de mejoramiento con tepetate que presenta características arenosas o limosas, en estado seco tiene valores casi nulos de cementación y solamente con una determinada cantidad de agua proporciona cierta cohesión, por lo tanto a este tipo de materiales será necesario estabilizarlos con cemento portland para lograr aglomerar permanentemente sus partículas, evitando la formación de polvos, al variar las condiciones de humedad. En el Laboratorio se han obtenido teóricamente los porcentajes óptimos de cemento (4 a 6% en peso) para que la mezcla presente características similares a las del suelo cemento y que como norma general, se puede decir que los requisitos básicos que debe cumplir un material limo arenoso para que pueda estabilizarse con cemento portland en condiciones económicas aceptables serán las siguientes:

Índice Plástico inferior al 25 %

Contracción lineal inferior al 10 %

Porcentaje de arena 30 %.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

- a).- Se escarificará por lo menos 10 cms., de tepetate por - estabilizar, se adicionará el cemento portland por el - porcentaje óptimo (aproximadamente 5% en peso) distribuyéndose uniformemente. La siguiente etapa de mezclado es recomendable se realice con el material lo más seco posible.
- b).- Se mezclará el material con el cemento en forma íntima mediante el empleo de motoconformadoras con la ayuda de rastras con discos y mezcladoras rotatorias, adicionando el agua necesaria para lograr la humedad óptima más un incremento de 5 % para permitir la hidratación del cemento.
- c).- Posteriormente se extenderá el material, se afinará y - se procederá a la compactación con rodillos lisos de 12 Tons., hasta lograr un 90% de su Peso Volumétrico Máximo.
- d).- Es recomendable curar el material del andador por lo me nos durante 3 días después, aplicando riegos de agua pa ra evitar que pierda su humedad y así lograr totalmente

la reacción química del cemento portland. Con este tipo de -
estabilización de cemento portland se espere contar con una
superficie adecuada, a un tránsito mediano de personas, sin
presencia de polvos molestos y con una duración aceptable.

Nota: El material de mejoramiento (tepetate) deberá cumplir
con las Especificaciones del D.D.F., correspondientes.

3.- Andador construido mediante el empleo de concreto asfáltico de 3 cms., de espesor.

Este tipo de superficie se recomienda para andadores con un tránsito intenso de personas o bien en zonas de juegos infantiles o áreas donde por algún motivo se reúnen demasiadas personas.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

- a).- Se compactará el terreno natural o material de sub-ra--
sante al 90% de su P.V.M.
- b).- Se construirá una capa con grava cementada para sub-ba-
se con un espesor mínimo de 10 cms., compactada al 95%
de su P.V.M.
- c).- Se aplicarán los riegos de impregnación y liga con reba
jados asfálticos o empulsiones asfálticas a razón de 1.
0 lts/m². cada una, siguiendo las Especificaciones res-
pectivas.

d).- Posteriormente se colocará la carpeta de 3 cms., de espesor apegándose a las Especificaciones correspondientes.

4.- Andadores mediante el empleo de un tratamiento asfáltico superficial con material de granulometría 3-A de triturado basáltico o tezontle de color.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

Podemos decir que este tipo de tratamiento corresponde al sello clásico llamado tradicional, en el cual se impregna la superficie por tratar mediante un asfalto rebajado FM-0 posteriormente se aplica al riego de rebajado asfáltico FR-3 a razón de 1.0 lts/m². y se aplican el material pétreo a razón de 12 lts/m²., aproximadamente extendiéndose uniformemente, pasadas 48 horas se planchará con un compactador ligero de 6 toneladas con el fin de evitar desprendimientos abundantes de pétreos.

Otra variante de la aplicación de riegos de sello ó tratamientos superficiales con material de granulometría (3-A), es la de aplicar el riego de asfalto en lugar de rebajado con cemento asfáltico # 6, a 130oC, e inmediatamente después el material pétreo, planchar y barrer. En esta variante no es necesario esperar a que el rebajado asfáltico FR-3 pierda sus solventes, durante 48 horas en ocasiones, por lo que se abre al tránsito de personas inmediatamente.

C A P I T U L O VI

CONSERVACION DE PAVIMENTOS.

Se entiende por conservación de pavimentos al conjunto de trabajos necesarios para mantenerlos en condiciones aceptables - de transitabilidad, procurando que su superficie de rodamiento mantenga la geometría adecuada, así como la rugosidad deseable y grado de impermeabilidad especificado, sin descuidar la estabilidad del conjunto de capas que forman el pavimento.

Los trabajos fundamentales para la conservación de pavimentos son los siguientes:

- a).- SELLO
- b).- BACHEO
- c).- SOBRECARPETAS ASFALTICAS.

Con objeto de formular adecuadamente los programas de conservación en sus tres tipos, deberá efectuarse un censo que contenga la siguiente información:

- 1o.- Edad de los pavimentos para fines estadísticos.
- 2o.- Estado de conservación de la superficie de rodamiento. Indicando tipo de superficie e ir actualizando estos datos anualmente.
- 3o.- Indicaciones aportadas por el Laboratorio.
- 4o.- De preferencia deberán irse efectuando estudios de evaluación de los pavimentos mediante pruebas no destructi

vas para conocer en detalle su grado de deterioro y las causas de ello y así jerarquizar su conservación y/o reparación.

Todos los datos anteriores deberán contener:

Nombre de la calle, límites, Colonia, Delegación y áreas en M2.

6-01.- SELLO.

El objeto fundamental de los sellos es alargar la vida útil de los pavimentos flexibles, sellar fisuras - (para impermeabilizar la superficie) y aumentar la rugosidad de la superficie de rodamiento y protegerlo del intemperismo para evitar que avance el envejecimiento.

Los principales tipos de sello son los siguientes:

- a).- Mortero asfáltico (Slurry' Seal).
- b).- Tratamiento superficial simple (Riego con asfalto F.R-3 y agregado pétreo 3-A ó 3-E).
- c).- Variante del tratamiento superficial simple (Riego con cemento asfáltico No. 6 y agregado pétreo 3-A ó 3-E forrado con una película de cemento asfáltico No. 6).

6-01.1.- MORTERO ASFALTICO (SLURRY' SEAL).

A.- GENERALIDADES.

1.- Definición.- El sello de lechada asfáltica o mortero asfáltico (Slurry Seal), es un tratamiento superficial a base de agregado pétreo graduado, emulsión asfáltica, cal o cemento y agua que tiene por objeto alargar la vida -- útil de los pavimentos.

2.- Características.- El mortero asfáltico es un semifluido de baja tensión superficial que penetra en las grietas de la superficie de rodamiento sellándola y evitando el paso del agua a las capas inferiores de la misma.

El sello debe formar además una capa protectora de la -- carpeta asfáltica que la preserve de la oxidación y le proporcione una superficie antiderrapante.

Por su composición este tipo de tratamientos no presen-- tan en general desprendimientos de agregados pétreos evi-- tando que se levante polvo, se azolven los drenajes, etc.

El mortero asfáltico como todos los tratamientos superfi-- ciales al formar capas de espesores pequeños (3 a 9 mm.) prácticamente no aumenta la resistencia estructural de -- los pavimentos donde deben aplicarse.

3.- Zonas recomendables para su aplicación.

El aspecto básico para obtener buenos resultados en los sellos de lechada asfáltica (bien ejecutados) es la elec-- ción de los pavimentos donde deben aplicarse.

Al considerar la aplicación de lechadas asfálticas en sus diferentes calidades deberán tomarse en cuenta los siguientes factores:

- a).- El tipo, la magnitud de las fallas y la textura superficial del pavimento existente.
- b).- Tipo e intensidad del tránsito que va a circular sobre la superficie.
- c).- Las preparaciones que tendrán que ejecutarse en los pavimentos existentes tales como: Bacheo, Pequeñas renovaciones, etc.
- d).- Las condiciones climatológicas de la zona y estación del año en que deberán ejecutarse los sellos. En pavimentos muy agrietados no es conveniente aplicar morteros asfálticos inmediatamente después de la temporada de lluvias en virtud de que el agua queda atrapada, pudiendo provocar mayores daños que los originales.

Basándose en sus características y en los factores mencionados anteriormente la lechada asfáltica puede emplearse con éxito, cuando los pavimentos presenten las siguientes condiciones:

- a).- Pavimentos de cualquier obra vial con grietas provocadas por envejecimiento y contracción, que no presenten fallas estructurales.

- b).- Pavimentos deteriorados en calles, privadas y retornos de tránsito secundario, previos trabajos de bacheo.
- c).- Pavimentos de concreto hidráulico agrietados cuyas losas no presentan movimientos, evitando de esta manera que aumenten los daños.
- d).- En calles, estacionamientos y andadores de tránsito mínimo y ligero se puede aplicar el sello sobre base hidráulicas impregnadas.
- e).- Opcionalmente en pavimentos que presenten fallas estructurales con agrietamientos piel de cocodrilo, para cuya reparación correcta no se tuviere disponibilidad económica de inmediato. En este caso se proporcionará al tránsito una superficie de rodamiento más apropiada y aunque las grietas se reflejarán, serían menores que las originales y se disminuirá la penetración del agua.

B.- MATERIALES.

- 1.- Agregados pétreos.- Para la elaboración de las lechadas asfálticas se emplearán los siguientes materiales pétreos: producto de trituración de basaltos, calizas o granitos y arenas de mina.

Los materiales triturados proporcionan estabilidad a los sellos por la forma angulosa de sus partículas y las arenas de mina completan su granulometría dando mayor trabajabilidad a dichos morteros.

Por tal razón los agregados pétreos para los sellos deberán ser mezclas de triturados y arenas de mina en las siguientes proporciones, que garantizan estabilidad, granulometría y trabajabilidad necesarias:

50 % triturado (mínimo) y 50 % arena.

60 % triturado y 40 % arena (mínimo).

2.- Agua.- El agua es el factor principal para controlar la consistencia de la lechada asfáltica, la cantidad necesaria es generalmente del 4 al 12 % del peso del agregado pétreo seco.

Una cantidad determinada de agregado y emulsión son introducidos en la máquina mezcladora y para obtener la consistencia trabajable de la lechada se adiciona el agua necesaria.

Las partículas del agregado deben ser cubiertas por el agua antes que por la emulsión, para reducir la resistencia a la fricción de éstas y permitir que la emulsión las cubra más fácilmente.

El agua que se emplee en la elaboración del mortero asfáltico (Slurry Seal), deberá estar libre de sales solubles, suciedad o sedimentos, no es necesario que se analizada por medio de ensayos químicos, bastará con que sea potable .

3.- Cal y Cemento.- Estos materiales se usan uno u otro principalmente como una ayuda para mejorar la granulometría de los agregados, se recomienda emplearlos en proporciones de 0.5 al 3.0% en peso del agregado seco, y deben ser incluidos como una parte de la granulometría total.

También la cal y el cemento se usan para mejorar el proceso de la elaboración de la lechada, evitando que las partículas más gruesas del agregado se sedimenten en parte inferior de la mezcla, impidiendo la segregación y clasificación.

4.- Mezclas.- Una vez analizados y aprobados los agregados pétreos y las emulsiones asfálticas por el Laboratorio del Departamento del D.F., se procederá a la elaboración de las mezclas para los sellos de lechada asfáltica.

Las proporciones para los diferentes tipos de superficies de sellos de mortero asfáltico deberán ser las siguientes:

a) - Superficie General.

Agregado Pétreo.- 5.5 a 8.2 Kg/m².

Cemento asfáltico.- 7.5 al 13.5 % (con relación al peso del agregado seco).

Emulsión asfáltica.- 1.90 Lt/m².

b).- Superficial gruesa.

Agregado Pétreo.- 8.2 a 13.6 Kg/m².

Cemento Asfáltico.- 6.5 al 12% (con relación al peso del agregado seco).

Emulsión Asfáltica.- 2.38 Lts./m².

Las proporciones para cada tipo de superficie debe de afinarse en el campo mediante mezclas de prueba directa sobre el pavimento, hasta lograr el contenido óptimo de cemento asfáltico con el cual las mezclas no presentan desprendimientos ni superficies lisas.

C.- EQUIPO.

El equipo necesario para la elaboración y colocación de la lechada asfáltica, normalmente es el siguiente:

1.- MAQUINA APLICADORA DE MORTERO ASFALTICO.

Consta fundamentalmente de los siguientes accesorios: Tanques de agua y emulsión, tolvas de agregados gruesos y finos, bombas de emulsión, compuertas de agregados, mezclador, caja extendedora y barra de aspersión de agua. Todo este equipo permite que la máquina transporte al sitio de trabajo todos los materiales necesarios para la elaboración de la lechada asfáltica, en donde los dosifica, mezcla y los descarga en una caja extendedora, para finalmente tender el sello en el pavimento.

Será necesario mantener el equipo en condiciones ade-

cuadas para garantizar el buen funcionamiento de la máquina,--
limpiando después de cada día de trabajo el tanque y las bom--
bas de emulsión, el mezclador y la caja extendedora; y revi--
sando periódicamente el alimentador de finos (cal y cemento)
evitando que éstos se endurezcan y las espreas de la barra de
aspersión del agua.

Las dosificaciones de las mezclas en las máquinas se contro--
lan mediante la bomba de la emulsión que produce gasto cons--
tante y la compuerta de los agregados que a menor abertura --
produce lechadas con mayor contenido de emulsión y a abertu--
ras mayores, contenidos menores. Todas las máquinas aplicado--
ras de sello vienen con tablas y curvas que dan los conteni--
dos de emulsión en las mezclas para diferentes aberturas de -
la compuerta de los agregados.

Sin embargo y para garantizar que las mezclas presenten los -
contenidos de asfalto especificados, el Departamento del D.F.,
obligará a los contratistas a que efectúen calibraciones de -
la máquina en el campo, verificando físicamente los gastos de
agregados durante un minuto a diferentes aberturas de la com--
puerta.

2.- BARREDORA.

La superficie de rodamiento deberá quedar perfectamente -
limpia antes de la aplicación del sello, pudiendo ejecu--

tarse esta operación por varios métodos, siendo el más recomendable el uso de barredoras mecánicas con recolector.

3.- CAMIONES TRANSPORTADORES DE AGUA (PIPAS).

Es necesario el uso de las pipas en la aplicación del sello para acarrear el agua a la máquina y lavar el pavimento en caso necesario.

4.- CARGADOR FRONTAL.

Para las operaciones de mezclado de los agregados y para las cargas de los mismos a la máquina, será necesario usar un cargador frontal.

5.- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE EMULSION.

Para la aplicación del sello se deberá contar con un tanque de almacenamiento de emulsión con capacidad de 6 a 10 m³. Diariamente y antes de su empleo deberá removerse la emulsión durante 5 minutos para evitar sedimentaciones y asentamiento de sólidos.

6.- COMPACTADORA DE RODILLOS NEUMATICOS.

Se empleará una compactadora de rodillos neumáticos de 5 toneladas con una presión de inflado de llantas de 3.5 Kg/cm². (50 lb/pulg²).

D.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.

Para obtener resultados satisfactorios en los trabajos de

sello de mortero asfáltico, deberán seguirse cuidadosamente - los siguientes procedimientos de construcción.

1. PREPARACION DE LA SUPERFICIE.

La superficie de rodamiento se deberá preparar antes de - la aplicación de los sellos de acuerdo con las condicio-- nes del pavimento existente. En términos generales estas preparaciones pueden ser las siguientes:

- a).- Trabajos de bacheo.- En pavimentos de concreto asfál tico o hidráulico removiendo y eliminando todo el ma terial inadecuado.
- b).- Sellado de juntas.- En pavimentos de concreto hidráu lico deberán sellarse las juntas que presenten aber turas grandes con cemento asfáltico No. 6 ó 8 lecha das asfálticas elaboradas manualmente.
- c).- Limpieza en general.- Las superficies que presenten polvo o basura deberán barrerse perfectamente, las - superficies grasosas deberán lavarse con detergente agua y cepillos de fibra hasta dejarlas completamen te limpias y en las que presenten materiales adheri dos tales como; vegetación, concreto, corcholatas, - etc., deberán eliminarse éstos.
- d).- Pozos de visita.- Tapas de agua, rejillas de piso, -

etc.- Inmediatamente antes de la colocación del Sello deberán taparse con cartón o lámina los elementos mencionados, para evitar azolves de drenaje y tapar registros.

2.- SEÑALAMIENTOS Y AVISOS AL PUBLICO.

Para evitar el tránsito de vehículos y peatones durante la aplicación del sello, el contratista deberá hacer los arreglos convenientes para el concreto señalamiento tales como: conos de hule, caballetes de madera, cuerdas, bandereros, señales, luces intermitentes y mecheros (en trabajos nocturnos) también le corresponderá al contratista -- avisar al público de los trabajos de sello, de acuerdo -- con su programa, para coordinar los movimientos de los vehículos, que serán antes y después de la aplicación (cuando se haya alcanzado el fraguado de la emulsión).

Estos avisos al Público se harán por medio de volantes -- que se repartirán con la debida anticipación .

-- COLOCACION DEL SELLO DE MORTERO ASFALTICO.

Una vez afinadas las dosificaciones de la mezcla incluyendo tipo de emulsión por emplear, preparada la superficie y que el Departamento del D.F., esté de acuerdo con el equipo a usar, se procederá a colocar el sello de lechada asfáltica en la siguiente forma:

La primera franja del sello a partir de la zona baja, se aplicará moviendo la máquina de frente al tránsito, el chofer y el operador estarán del lado de la guarnición o de la cuneta del pavimento. El operador mojará la superficie a mano y pondrá en marcha la máquina abriendo la compuerta de los agregados y al mismo tiempo la válvula del mezclador del agua.

Cuando los agregados y el agua empiezan a mezclarse, se abre la válvula de la emulsión y se ajusta la consistencia de la mezcla por medio de una llave fina de ajuste del agua.

Después de que los dos compartimientos posteriores de la caja extendedora han sido llenados de mezcla hasta la mitad, se hace caminar la máquina abriendo las barras esparcidoras iniciando la colocación del sello.

La velocidad de la máquina para cajas extendedoras de 2.44 m. de ancho será para superficies General 22.0 mt/mín. y gruesas 18.3 mt/mín.

Cuando llegue al final de la franja el operador deberá cortar los materiales dejando en el mezclador la menor cantidad de mezcla, la cual se tendrá que desperdiciar.

El tendido de la siguiente franja se hará en sentido contrario a la primera y así sucesivamente hasta terminar el ancho total del arroyo.

La buena apariencia de los sellos depende en gran parte del acabado de las juntas que se deberá hacer en la siguiente forma:

3.1.- Juntas Transversales.- Normalmente al terminar una franja, los últimos 2 m. aproximadamente no quedan perfectamente tendidos, por lo que se recomienda que al continuar longitudinalmente la franja, se traslapen de 2 a 3 mts., con objeto de eliminar estos defectos.

Juntas Longitudinales.- En virtud de que estas son más visibles que las transversales se deberán hacer con más cuidado, el momento más oportuno para trabajarlas será cuando la lechada aún no ha fraguado, por medio de una rastra de tela de cáñamo o yute que se jalará a lo largo de la junta eliminando así el borde que se presenta por la superposición de las capas.

Cuando la lechada ha empezado a fraguar será necesario mojar la zona de la junta por medio de las mangueras de mano logrando la liga correcta en la zona de superposición de las capas.

4.- COMPACTACION DEL SELLO.

Una vez que la lechada asfáltica ha fraguado (se entiende

por fraguado o curado del mortero, cuando se separan las fases de asfalto y agua en una emulsión (adquiriendo el cemento asfáltico sus propiedades de aglutinante) se procederá a compactarla por medio de rodillos neumáticos.

La compactadora deberá pasar 5 veces por la zona sellada a una velocidad comprendida entre 4.8 y 8.1 Km/hora.

El objeto de esta compactación es el de eliminar los huecos que quedan en la mezcla después que se ha presentado el fraguado, así como evitar el desprendimiento del agregado pétreo.

5.- APERTURA AL TRANSITO.

Después de compactada la lechada se deberá eliminar el material que quede suelto y se procederá a abrir al tránsito el pavimento sellado.

6-01.2.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE. (SELLO TRADICIONAL).

El tratamiento superficial simple es un sello a base de un riego de producto asfáltico FR-3, sobre el cual se coloca agregado pétreo del Tipo 3-A ó 3-E uniformemente distribuido y adherido, cuyo objeto es alargar la vida útil de los pavimentos con carpeta asfáltica cuando los deterioros son leves y superficiales. También proporciona una superficie de rodamiento antideslizante e impermeable.

A.- MATERIALES.

1.- Agregados pétreos.- Para la elaboración de los tratamientos superficiales se empleará material pétreo que presente buena adherencia con el asfalto y sea producto de trituración de: basaltos, calizas u granitos, y deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

a).- GRANULOMETRIA.

DENOMINACION DEL AGREGADO PETREO	% QUE PASA LA MALLA				
	1/2"	3/8"	No.4	No. 8	No. 40
3 - A	100	95 mín.	--	10 máx.	2 máx.
3 - E	100	95 mín.	5 máx.	0	--

b).- Sanidad o intemperismo acelerado.... 12 máx.

c).- Abrasión o desgaste..... 40 % máx.

2.- Producto asfáltico.- Se empleará asfalto rebajado del tipo FR-3 que cumpla con las especificaciones indicadas en el Capítulo de riegos asfálticos, (construcción de pavimentos).

B.- ESPECIFICACIONES DE EJECUCION.

1.- Preparación.- Se harán los trabajos de bacheo que se juzguen necesarios.

- 2.- Barrido.- Se deberá barrer perfectamente la superficie -- del pavimento existente.
 - 3.- Aplicación del asfalto.- Se dará un riego con producto ag fáltico FR-3 a temperatura de 90oC. aplicado con petroli- zadora a razón de 1.0 a 1.5 lto/m2., (la cantidad exacta se determinará mediante pruebas efectuadas.en campo, en - áreas de 1 m2., con diferentes contenidos de asfalto).
 - 4.- Aplicación del agregado pétreo.- Inmediatamente después - del riego asfáltico se tenderá el material pétreo, con -- distribuidor de preferencia, a razón de 10 Lts/m2. El ma- terial pétreo, deberá tener una humedad inferior a la de absorción en el momento del tendido.
 - 5.- Compactado.- Después de tendido el agregado pétreo, se -- procederá a su compactación (2 a 3 pasadas únicamente) -- con una compactadora de rodillos lisos tipo Tandem de 5 a 8 Ton.
 - 6.- Apertura al tránsito.- Después de compactado el sello se procederá a abrirlo al tránsito.
 - 7.- Barrido.- Al día siguiente se deberá barrer el agregado - pétreo excedente, para evitar mayores desprendimientos.
- Este sello presenta el inconveniente de que el material - desprendido en algunas ocasiones obstruye drenajes y que el agregado pétreo al desprenderse por el tránsito de ve-

hículos puede producir rupturas o fisuras en los cristales de los mismos vehículos.

6-01.3.- VARIANTE DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL.

Este sello es semejante al tratamiento superficial simple con las siguientes variantes:

1o.- Riego Asfáltico.- Con cemento asfáltico No.6 aplicado a 130oC. de temperatura a razón de 0.8 a 1.2 lt/m2. (también se deberán hacer pruebas en campo en áreas de 1 m2.).

2o.- Agregado Pétreo.- Con material Tipo 3-A a razón de 10 lt/m2., con tratamiento en planta en caliente, incorporado asfalto No. 6 a razón de 30 Kg/Ton., tendido y compactado con equipo mecánico autopropulsado.

6-02.- BACHEO.

El bacheo es la reposición parcial o total de la estructura y superficie del pavimento, cuando se presenten zonas de falla.

Los aspectos más importantes para efectuar correctamente los trabajos de bacheo son los siguientes:

A.- Localización.

Localizar perfectamente las zonas que requieren trabajos de bacheo.

Es importante localizar las zonas donde existen fallas del pavimento para repararlas y también saber la causa que las originó, para que dichas reparaciones se realicen correctamente, impidiendo que vuelvan a presentarse.

Los casos más comunes de falla, así como sus causas son los siguientes:

- 1).- Desintegraciones de la carpeta (escasez de asfalto o sobrecalentado de la mezcla ó derrame de solvente por los autotransportes).
- 2).- Agrietamientos "piel de cocodrilo" (falta de soporte por saturación en: sub-bases, bases y terracería, etc.).
- 3).- Deslizamientos (defectos de liga).
- 4).- Ondulaciones ó arrifionamientos (inestabilidad por exceso de asfalto o solventes en la mezcla).
- 5).- Cortes (necesarios por: fugas, conexiones, nuevas instalaciones o reposición de las existentes).

B.- Limpieza y preparación.

Una vez efectuada la excavación y extraído el material fallado, debe limpiarse perfectamente la caja y prepararse en la forma siguiente:

- 1).- Si la excavación en la caja es profunda habrá necesidad de colocar grava cementada controlada (hasta el

nivel inferior de la carpeta (s) existente (s)), en capas de 10 cm., de material compacto con una humedad cercana a la óptima y compactada a un grado mínimo del 95% de su peso volumétrico máximo, verificado por Pruebas de Laboratorio del Departamento del D.F.

- 2).- Cuando la excavación llegue a base hidráulica, debe darse una afinada con el compactador a la superficie.
- 3).- Si esta excavación llega a carpeta asfáltica debe darse piquete de amarre a razón de 20 a 25 por m². y una profundidad de 2 cm., aproximadamente y después barrer perfectamente.

C.- RIEGOS ASFÁLTICOS.

- 1).- Sobre base hidráulica.- Riego de penetración con asfalto FR-3 a razón de 1.0 Lt/m², aproximadamente.
- 2).- Sobre carpeta asfáltica.- Riego de liga con asfalto FR/3 a razón de 0.5 Lt/m², aproximadamente.
- 3).- Las paredes verticales que rodean la superficie del bache, deben recibir un riego ligero de liga con asfalto FR-3.

Una vez aplicados los riegos asfálticos debe esperarse el tiempo suficiente para que se haya eliminado parte de los solventes (2 horas aproximadamente).

D.- MEZCLAS DE BACHEO.

La mezcla asfáltica que normalmente se emplea para los trabajos de bacheos en la Ciudad, se elabora en la Planta de Asfalto del Departamento del Distrito Federal con asfalto PA-5 y agregados pétreo con tamaño máximo de 3/4" y 1/2".

Por tratarse de una mezcla cuyo aglutinante contiene solventes y con objeto de evitar fallas prematuras tales como inestabilidad, deslizamientos o disgregación será necesario tomar las siguientes precauciones:

- 1).- Temperatura de tendido.- Mayor de 70°C.
- 2).- Temperatura de compactado.- 70° y 50°C.
- 3).- Apertura al tránsito.- Después de que se haya eliminado gran parte de los solventes de la mezcla (normalmente serán 3 horas después de compactada la mezcla).

En zonas de tránsito intenso y con objeto de acelerar la apertura del mismo, es conveniente emplear mezclas asfálticas elaboradas con cemento asfáltico No. 6, en virtud de que éstas adquieren su estabilidad inmediatamente.

E.- COLOCACION DE LA MEZCLA DE BACHEO.

Después de que la caja de bacheo ha sido debidamente preparada, incluyendo riegos de penetración o liga, se colo-

cará la mezcla de bacheo, impidiendo la segregación del material, las paladas de la mezcla deberán aplicarse de las orillas hacia el centro, la cantidad de mezcla asfáltica será suficiente para asegurarse que después de compactada, quede a nivel del pavimento adyacente (ni arriba ni abajo).

Cuando los espesores de bacheo son superiores a los 5 cm., deberá aplicarse la mezcla en dos capas, procurando que una vez compactada la primera y antes de tender la segunda se dé un pequeño piquete de amarre (sin riego de liga), para facilitar la homogeneidad de la mezcla colocada.

1.- COMPACTACION DE LA MEZCLA.

De preferencia debe usarse compactador vibratorio, la compactación debe efectuarse de las orillas hacia el centro y de la parte baja hacia la parte alta traslapándose entre una y otra pasada cuando menos 15 cm. Una vez compactada la mezcla (sin dejar huellas de las ruedas), debe quedar al nivel del pavimento adyacente.

6-03.- RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFALTICO. - (SOBRE CARPETA).

Cuando los pavimentos existentes (asfálticos o de concreto hidráulico) presentan deterioros cuya conservación es incosteable e inapropiada con trabajos de bacheo o tratamientos superficiales, deberá hacerse la

reconstrucción por medio de la SOBRE-CARPETAS ASFALTICAS.

1.- ESPECIFICACIONES DE EJECUCION.

A.- Preparación.

Antes de proceder al tendido de la sobre-carpeta asfáltica, deberá prepararse perfectamente el pavimento existente, con objeto de evitar fallas prematuras o que se reflejen las existentes.

La preparación se hará en la forma siguiente:

- 1.- Se deberán efectuar los trabajos de bacheo necesario en zonas que presenten: desintegraciones, grietas -- "Piel de Cocodrilo", deslizamientos, ondulaciones, -- arriñoramientos etc.
- 2.- Las zonas que presenten agrietamientos sin asentamientos, se tratarán como se indica a continuación:
 - a).- Grietas pequeñas.- Se rellenarán con Asfalto FR-1 ó FR-2 calentado a 70oC., para facilitar su escurrimiento.
 - b).- Grietas regulares.- Se pueden rellenar con los mismos asfaltos que las anteriores, espolvoreándose con arena seca o polvo de trituración o con mortero asfáltico, auxiliándose de una escoba o un rastrillo con hule en el extremo para procurar que se rellene la grieta en toda su

profundidad y se enrase.

Una proporción aproximada para la elaboración del mortero asfáltico puede ser:

ARENA O POLVO DE TRITURACION. 45 Kg.

(cribados por la malla 8)

Emulsión asfáltica de fraguado lento 3 a 14 Lts.

Agua (la necesaria para obtener consistencia correcta) 4 a 5 Lts.

Este mortero puede elaborarse en forma manual (a pala) pero - de preferencia con revolvedora de concreto (trompo).

3.- Se deberán hacer las renivelaciones siguientes:

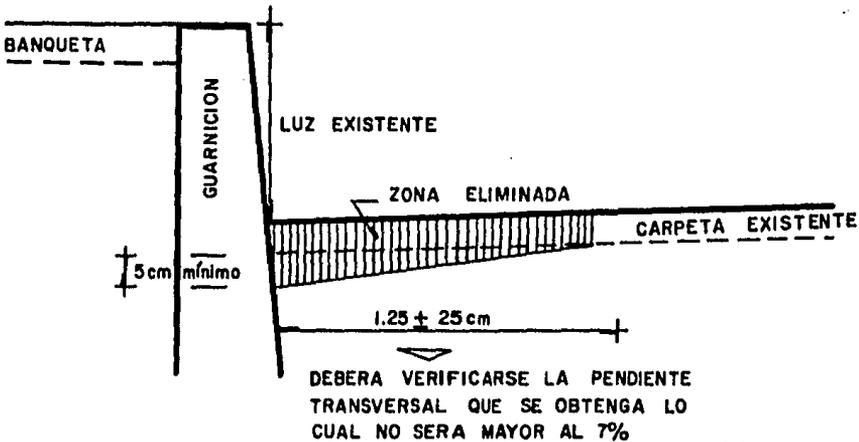
a).- En zonas que presenten asentamientos mayores de 5 - cm., deberán hacerse nivelaciones con concreto asfáltico por medio de motoconformadora y compactarse al 90% de su Densidad Teórica Máxima con rodillos lisos.

b).- Cuando existan: brocales, cajas de agua, coladeras de piso, tapas de registro, etc., deberán hacerse las renivelaciones perfectamente, fijando los elementos de tal forma que resistan los impactos, quedando con los niveles y pendientes de proyecto de la sobre carpeta. Esto último deberá verificarse al término de la obra.

Una vez renivelados los elementos mencionados se colocará un chaflán de concreto asfáltico a su alrededor debidamente compactado, para evitar que durante el tendido se muevan.

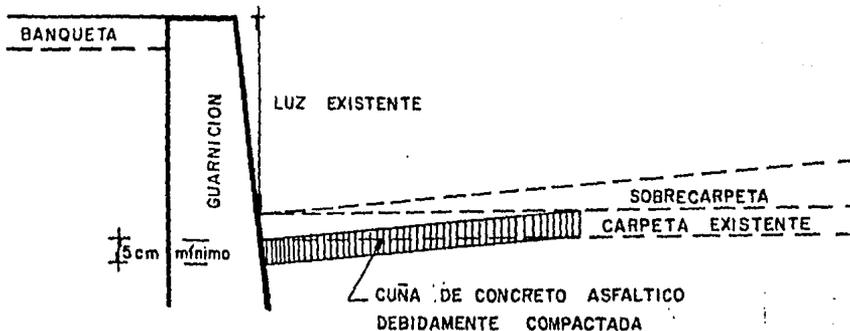
- Cunetas o Descarnes.- Con objeto de conservar la luz existente en las guarniciones y no se tenga la posibilidad de renivelarlas o reconstruirlas (importantes para la seguridad de los peatones) cada vez que se ejecuten trabajos de reconstrucción deberán hacerse los descarnes o cunetas en la forma siguiente:

a).- Se eliminará la carpeta existente en una zona adyacente a la guarnición (cuneta hacia la que se tenga el escurrimiento del agua), como se indica en el croquis siguiente:



b).- Una vez eliminada la carpeta en la zona de descarne

previa limpieza y riegos de liga se rellenará una cuña - de concreto asfáltico debidamente compactado en la forma siguiente:



c).- Para pavimentos de concreto hidráulico fallados con losas muy agrietadas y con movimientos fuertes, deberán efectuarse estudios en el Laboratorio del Departamento -- del D.F., para indicar en cada caso el procedimiento a seguir y la costeabilidad del mismo, ya que pueden hacerse estabilizaciones de las losas por medio de inyecciones de concreto u otro sistema.

5.- Piquete de amarre.- Se deberá efectuar un piquete de amarre no muy profundo de 2 cm., aproximadamente a razón de 20 a 25 por m²., con objeto de evitar deslizamientos.

6.- Barrido y Riego de Liga.- Después de preparar el pavimen-

to existente en la forma indicada, se deberá barrer perfectamente la superficie de rodamiento dejándola libre de polvo e impurezas y se procederá a efectuar el riego de liga en la -- cantidad especificada (0.5 lt/m2.), tal y como se explica en el capítulo 3-06.2.

Sin embargo, se hace hincapié en la importancia de llevar a - cabo correctamente estos dos últimos aspectos, para obtener una liga adecuada entre la superficie existente y la sobrecar peta evitando deslizamientos y ondulaciones sobre todo en las vías que presentan pendientes mayores del 5%.

C A P I T U L O V I I

C O N C L U S I O N E S .

Como ya se ha dicho anteriormente, el diseño de pavimentos se aboca hacia los terraplenes (bases, sub-bases y subrasantes) de pavimentos rígidos y flexibles, aunque también a últimas fechas se le está dando la debida importancia a los pavimentos estabilizados.

7.0.1.- FACTORES DE DISEÑO.

En resumen el diseño del pavimento consiste de dos grandes categorías, el diseño de las mezclas para pavimentos y el diseño estructural de los componentes del pavimento. La mayoría de los métodos de diseño son empíricos y semiempíricos y están basados en correlaciones con experiencias del funcionamiento en el campo.

Como consecuencia de lo anterior, es necesario hacer hipótesis arbitrarias considerando valores obtenidos en las pruebas desarrolladas para diseñar; por ejemplo, cuando se planean pavimentos por el método del C.B.R., se compactan muestras de suelo siguiendo un procedimiento estandarizado y a continuación, se permite la saturación del espécimen por un periodo de

cuatro días, en agua. Esta operación simula la saturación de la subrasante debido a la elevación del nivel de aguas freáticas y a la lluvia, realizando así la prueba de proyecto en el suelo cuando se encuentra éste en condiciones desventajosas.

Algunos de los efectos del clima son difíciles de valorar, es posible en muchos casos tomar en cuenta la acción de las heladas y la lluvia, pero el efecto exacto de ellas no puede ser verdaderamente valorado debido a que las condiciones climáticas se estudian desde un punto de vista estadístico y es difícil predecir la veracidad de las condiciones ambientales durante toda la vida útil del pavimento.

La resistencia del suelo es afectada por varios factores, entre los cuales sobresalen las siguientes:

- 1.- Peso volumétrico.
- 2.- Contenido de agua.
- 3.- Textura del suelo.
- 4.- Estructura.
- 5.- Velocidad de aplicación de la carga.
- 6.- Número de aplicaciones de carga y
- 7.- Grado de compactación,

todos ellos vistos ya, en los capítulos anteriores.

Por último, las pruebas de laboratorio en suelos de la sub-

rasante, se realizan en muestras pequeñas del suelo, tratando de representar las condiciones anticipadas en el pavimento - prototipo. Por lo tanto, es esencial que los procedimientos de construcción estén acordes con las hipótesis básicas del - proyecto.

7.0.2.- PAVIMENTOS FLEXIBLES.

En los pavimentos flexibles es necesario y conveniente que la base esté constituida por materiales poco - deformables y de alta permeabilidad, particularmente en lugares lluviosos.

Los suelos gruesos de buena graduación, debidamente - compactados son los mejores para la construcción de - bases y sub-bases de pavimentos flexibles.

La selección adecuada de los espesores de cada una de estas capas, de acuerdo con la calidad y abundancia o escasez de los materiales disponibles, con la magni-- tud y frecuencia de las cargas que ha de soportar el pavimento y de la resistencia que éste presenta a las solicitudes, es la meta final del diseño.

El clima del lugar, es un factor que puede imponer - modificaciones importantes; por ejemplo, en zonas de alta precipitación pluvial, los requisitos de alta --

permeabilidad en la terracería son ineludibles, para evitar la acumulación de agua bajo la carpeta.

La capacidad para soportar las cargas en los pavimentos flexibles, es producida por las características de distribución de cargas del sistema de capas. Como éstos pavimentos están constituidos por una serie de capas, con los materiales de mejor calidad en o cerca de la superficie, la resistencia del pavimento flexible, depende del espesor del sistema de capas y de su capacidad para distribuir la carga actuante en la carpeta en la subrasante ya que ésta influye en el diseño del espesor del pavimento, más que la acción de losa de la propia carpeta.

7.0.3.- PAVIMENTOS RIGIDOS.

Un pavimento rígido deriva su capacidad de soporte o capacidad de carga, primeramente de las características del propio pavimento. Debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, tiende a distribuir la carga sobre una zona relativamente amplia en el suelo, por lo cual una gran parte de la capacidad estructural es proporcionada por la misma losa.

Por lo tanto, los requisitos de las terracerías son menos rigurosas y aunque teóricamente un pavimento de concreto puede desplantarse sobre casi cualquier sue-

lo, a excepción de las turbas, en realidad la experiencia ha demostrado que, cuando la subrasante está constituida por sue los finos expansibles, que sufren grandes cambios volumétricos, con la variación de la humedad, es preferible recurrir - al empleo de unas capas de base y sub-base formadas con materiales no expansibles y de preferencia permeables, que permitan servir de dren al agua de lluvia que penetra por las juntas o fracturas en el concreto de las losas, para así garanti zar un apoyo más uniforme de éstas.

En los pavimentos rígidos, a veces, es difícil establecer, -- por sus mismas características, una distinción entre base y sub-base, excepto cuando se dispone de materiales francamente permeables que se colocan, como se acaba de indicar, inmediatamente bajo la losa de concreto. Por lo tanto, el uso estructural de estos firmes, está sujeto a discusión desde un punto de vista económico.

7.0.4.- PAVIMENTOS ESTABILIZADOS.

Las bases y sub-bases de las zonas estabilizadas pueden construirse mediante una o varias técnicas. Si el material es permeable puede añadirse cemento Portland para estabilizarlo y así no prolongar mucho los acotamientos para permitir el drenaje. Cuando el camí

no es construido en terraplén, no se acostumbra drenar. Los materiales de líneas límites o sea, los acotamientos de las carreteras, como las arenas de las pistas de carreras, las -- gravas que contienen fracciones excesivamente finas o las arenas de origen volcánico, pueden a veces ser satisfactorios para la construcción de caminos, por medio de la adición de muy pequeñas dosis de aditivos estabilizadores.

Si se emplea un agente estabilizante bajo un pavimento rígido, se impartirán cualidades útiles para el sub-diseño, tales como: control del drenaje y bombeo para prevenir la contracción o expansión del terraplén, en el caso de estar éste sujeto a la acción de las heladas.

En contraste con los pavimentos rígidos, los pavimentos flexibles derivan sus cualidades de capacidad de carga, no de la acción flexionante de la losa, sino más bien, por la distribución de la carga a través de un espesor finito del pavimento de modo que las presiones consideradas en el proyecto no sean excedidas. La estabilización de ésta clase de pavimentos, deberá lógicamente impartir fuerza adicional al subdiseño del suelo o mejorar el material de los terraplenes en los extremos, de modo que los materiales inadecuados puedan ser usados en la construcción de las terracerías.

2

BIBLIOGRAFIA.

BIBLIOGRAFIA.

- MECANICA DE SUELOS. TOMO I y II .
EULALIO JUAREZ BADILLO Y ALFONSO RICO RODRIGUEZ.
EDICIONES ED. LIMUSA, MEXICO, D.F.
TOMO I FUNDAMENTOS DE LA MECANICA DE SUELOS.
TOMO II TEORIA Y APLICACION DE LA MECANICA DE SUELOS.

- MECANICA DE SUELOS.
T.W. LAMBE Y R.V. WHITMAN.
ED. LIMUSA S.A., MEXICO D.F., 1974.

- PRINCIPLES OF PAVEMENT DESING.
E. J. YOVER.
5a. EDICION, JOHN WILEY G SANS, INC.
NEW YORK, U.S.A., FEBRERO 1967.

- ASP HALT PAVEMENT ENGINEERING .
HUGH A. WALLACE Y J. ROGERS MARLIN.
Mc. GRAW-HILL BACK COMPANY NEW YORK, 1967

- EL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD DE MEXICO.
NABOR CARRILLO. DIV. DE EST. SUP. DE LA FAC. DE ING.
U.N.A.M., MEXICO, DIC. 1969.

- LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES .
ALFONSO RICO Y HERMILO DEL CASTILLO.
TOMOS I y II 2a. EDICION, ED. LIMUSA, MEXICO, D.F., 1976.

- ESTRUCTURACION DE LOS PAVIMENTOS.
CONCLUSION DEL 1er. SEMINARIO DE PAVIMENTOS DE LA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS.
MEXICO, FEBRERO DE 1975.
PONENTES:
 ING. GUILLERMO VILLEGAS ARNAVA.
 ING. MIGUEL DE JESUS QUINTERO NAREZ.

- NOTAS SOBRE MECANICA DE SUELOS, APLICADA A LA CONSTRUCCION DE VIAS TERRESTRES.
ING. ENRIQUE TAMEZ G.
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

- ' INGENIERIA DE CARRETERAS.
CLARKSON H. OGLESBY Y LAURENCE I. HEWES.
CIA . EDIT. CONTINENTAL, S.A., 2da. EDICION, MEXICO, 1969.

- INGENIERIA DE LA ARCILLA
DRESSER.
BIBLIOTECA DE LA FAC. DE INGENIERIA U.N.A.M., MEXICO, D.F.

- MANUAL DEL ASFALTO
THE ASPHALT INSTITUTE.
1ra. EDICION . EDICIONES URMO ED. PRUAS. BALBOA, ESPAÑA 1973.

- APUNTES DE LA CLASE DE PAVIMENTOS.
(IMPARTIDA EN LA DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M., POR EL PROF. ING. SANTIAGO CORRO CABALLERO, EN EL 1er. SEMESTRE DE 1976).

- VIALIDAD Y TRANSPORTE 1976-1982 PARA EL DISTRITO FEDERAL.
(CENTRO DE DOCUMENTACION DEL D.D.F.).
MEXICO, D.F.

- ESPECIFICACIONES DEL ASFALTO Y EL CONCRETO - 1982.
(CENTRO DE DOCUMENTACION DEL D.D.F.),
MEXICO, D.F.

I N D I C E

CAPITULO I.- INTRODUCCION.

- 1.1.- Definición de Términos.

CAPITULO 2.- DISEÑO DE PAVIMENTOS.

2.01.- DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

- 2.01.1.- METODO DEL INDICE DE GRUPO
- 2.01.2.- METODO DE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE
- 2.01.3.- METODO DEL ESTABILOMETRO DE HVEEN.
- 2.01.4.- METODO VARIOS.
- 2.01.5.- VALOR RELATIVO DE SOPORTE DE CALIFORNIA.

GRAFICA PROPUESTA PARA DISEÑO DE ESPESORES DE SUB-BASE Y BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA CARRETERAS Y CALLES

EJEMPLO DE DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS POR EL METODO DEL V.R.S.

2.02.- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

2.03.- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUIN.

- 2.03.1.- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUIN DE QUERETARO.
- 2.03.2.- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOCRETO.

2.04.- DISEÑO DE PAVIMENTO DE PIEDRA

2.05.- DISEÑO DE SOBRE CARPETA ASFALTICA.

CAPITULO 3.- CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS.

3.01.- TERRACERIAS.

- 3.01.1.- EXCAVACIONES
- 3.01.2.- CONFORMACION, AFINE Y COMPACTACION DE TERRACERIAS.
- 3.01.3.- TERRAPLENES.
- 3.01.4.- RELLENOS.

3.02.- MUESTREO DE MATERIALES PARA PAVIMENTACION PROCEDENTES DE MINAS.

3.03.- MEJORAMIENTOS.

3.03.1.- DE TEPETATE.

3.03.2.- MATERIAL PETREO

3.04.- SUB-BASE

3.05.- BASES HIDRAULICAS

3.06.- RIEGOS ASFALTICOS

3.06.1.- RIEGOS DE IMPREGNACION

3.06.2.- RIEGO DE LIGA

3.06.3.- MEMBRANAS IMPERMEABILIZANTES.

3.07.- BASE ASFALTICA NEGRA.

3.08.- CARPETAS ASFALTICAS

3.09.- SELLO DE CEMENTO PORTLAND

3.10.- PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO

3.11.- PAVIMENTOS DE ADOCRETO.

CAPITULO 4.- GUARNICIONES Y BANQUETAS.

4.01.- GUARNICIONES.

4.02.- BANQUETAS.

4.03.- GUARNICIONES PRECOLADAS.

CAPITULO 5.- ANDADORES PARA PEATONES.

CAPITULO 6.- CONSERVACION DE PAVIMENTOS.

6.01.- SELLO

6.02.- BACHEO

6.03.- SOBRE-CARPETA ASFALTICA

CAPITULO 7.- CONCLUSIONES.

7.01.- FACTORES DE DISEÑO

7.02.- PAVIMENTOS FLEXIBLES

7.03.- PAVIMENTOS RIGIDOS

7.04.- PAVIMENTOS ESTABILIZADOS.