

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA

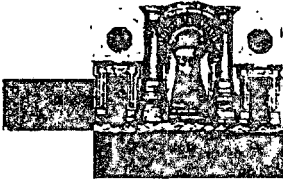
PAVIMENTOS FLEXIBLES

Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

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

CARLOS VALLEJO MALDONADO



OFICIO NUM. 69

ASUNTO: SE APRUEBA
TEMA DE TESIS.

Mayo 8 de 1973,

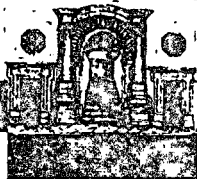
SR. PASANTE CARLOS VALLEJO MALDONADO.
P R E S E N T E .-

En respuesta a su atenta Solicitud, relativa al Tema de su Tesis Profesional, me permito comunicarle a Usted, el que para tal efecto fué propuesto por el Sr. Ing. Rodolfo Magnus Galán, El título de su Tesis será:

PAVIMENTOS FLEXIBLES

- CAPITULO I : INTRODUCCION
A.- HISTORIA DEL ASFALTO
B.- ORIGEN DEL PETROLEO Y DEL ASFALTO
- CAPITULO II : A.- COMPOSICION DEL ASFALTO
B.- CLASIFICACION DE LOS ASFALTOS
C.- PRODUCTOS ASPALTICOS
- CAPITULO III : FUERZAS DESTRUCTIVAS EN CAMINOS
- CAPITULO IV : APLICACIONES DE LOS ASFALTOS
A.- PAVIMENTOS
B.- PAVIMENTOS FLEXIBLES
1.- SUB-BASE
2.- BASE
3.- CARPETA
- CAPITULO V : COMPORTAMIENTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
- CAPITULO VI : PROYECTO DE PAVIMENTOS ASPALTICOS
1.- PROYECTOS TEORICOS
2.- PROYECTOS EMPIRICOS
3.- PROPIEDADES DEL SUELO

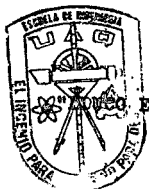
##



- 2 -

CAPITULO	VII :	CONSERVACION
CAPITULO	VIII :	CONCLUSIONES
CAPITULO	IX :	BIBLIOGRAFIA

También hago de su conocimiento las disposiciones de nuestra Escuela, en el sentido de que, antes de su Examen Profesional deberá cumplir el requisito del Servicio Social y de que el presente Oficio se imprima en todos los Ejemplares de su Tesis.



ATENTAMENTE
EN LA VERDAD Y EN EL HONOR .

ING. ANTONIO SANCHEZ HERNANDEZ
DIRECTOR

C.c.p.- Mesa de Profesiones de la U.A.Q.- Edificio.-
C.c.p.- Escuela de Ingeniería.- Archivo.-
C.c.p.- El Sr. Ing. Rodolfo Magnus Galán.- Presente.-

Dedico esta Tesis con todo
cariño y respeto a mis
padres Francisco y Consuelo
que ha ellos les debo
lo que soy y que vean que
su sacrificio no fué en vano.

A

R O C I O

A MIS

H E R M A N O S

A MIS

MAESTROS

A MIS

COMPAÑEROS DE ESCUELA

A MIS

COMPAÑEROS DE JUEGO

A MIS

COMPAÑEROS DE LA S.O.P.

A MIS

A M I G O S

A LA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

A) Historia del asfalto.

Todos estamos familiarizados con los muchos productos derivados del petroleo, los cuales contribuyen tanto a nuestra economia moderna y modo de vida, pero pocos se dan cuenta de que el asfalto fue el primer producto del petroleo usado por el hombre. Los arqueólogos han de terminado que el asfalto se usó como un adhesivo y material para sello a prueba del agua por las civilizaciones a través del río Eufrates por el año 3800 a.C. Los Asfaltos usados por estas civilizaciones provenían de depósitos en el Asia menor localizados en la región general de los campos petroleros que ahora son un factor importante en la producción mundial del petroleo.

Los Gobernantes de las Pirámides Sumerias, Asirias y Caldeas usaron asfaltos de pozos naturales para sellar las paredes de sus palacios.

En Minive un conducto de agua y un drenaje se hicieron con la ayuda del asfalto. Hay inscripciones que hablan acerca del uso del asfalto en la construcción de edificios Babilónicos de Nabucodonosor. El construyó una calle para procesiones que iban desde su palacio a la torre en la cual se encontraba su ídolo Marduk, el más importante de los cinco Reyes Babilones. Un pavimento de Piedra base, se revistió con asfalto y un diseño de piedra artística se aplicó sobre la superficie.

Una civilización antigua en el valle de la India usó asfalto en la construcción de grandes baños públicos o tanques. Estos se construyeron colocando una capa de 1" de asfalto entre las dos hileras de tabique horneado. Muchos suministros de agua y canales de drenaje de construcciones similares se encontraron en las mismas excavaciones.

Es comúnmente creído que el asfalto suro se usó en la preparación de momias egipcias, muchos tiles de cerámica se usaron para combustible y así como la manufactura de cerámica.

A Sir. Walter Raleigh y Cristóbal Colón se les acredita el descubrimien -
to del gran lago asfáltico en la isla de Trinidad, ellos usaron aparen- -
temente el material para calafatear sus barcos.

Siguiendo el desarrollo del automóvil y debido al estímulo dado a - -
la Industria Petrolera en la primera Guerra Mundial grandes cantidades - -
de petróleo asfáltico se procesaron por la compañías petroleras. Gradual
mente los asfaltos así preparados llegaron a ser muy buena calidad. Estos
colocaron los asfaltos nativos en una posición relativa de poca importan-
cia.

B) Origen del Petróleo y del Asfalto.

Se han desarrollado muchas teorías concernientes al origen y formación -
del petróleo y los asfaltos nativos.

El químico francés Berthelot sugirió el origen inorgánico del Bitu -
men, el cual expresa que los hidrocarburos simples se formaron por la - -
acción del agua sobre carburos metálicos y que posteriormente los hidro -
carburos gaseosos se condensaron y polimerizaron para formar el petróleo.

El conocimiento moderno está definitivamente en favor del origen or-
gánico. Algunos investigadores han dicho que el gran número de compues -
tos diferentes se deben a la degradación anaeróbica de material orgánico-
y de origen tanto vegetal como animal, llevando a cabo capas pesadas de -
sedimento.

El asfalto es un constituyente natural de la mayoría de los petróleos
en los cuales existen en solución.

El Petróleo crudo se refina para separar las varias fracciones y re-
cuperar el asfalto, procesos similares que ocurren en la naturaleza han -
formado depósitos naturales de asfalto, algunas prácticamente libres de -
materia extraña y alguno de los cuales, el asfalto ha llegado a mezclarse
con cantidades variables de materia mineral agua y otras sustancias.

Los depósitos naturales en los cuales el asfalto se presenta dentro de una estructura de roca porosa se conoce como rocas asfálticas.

C A P I T U L O II

A) Composición del Asfalto. ✓

Los asfaltos son compuestos de hidrocarburos pesados de elevado paso molecular que quedan como última fracción de la destilación del petróleo crudo. } ✓

Se caracterizan además por puntos de ebullición altos, arriba de - - 468° C (875° F) Viscosidades elevadas, con cadenas de átomos de carbono que fluctúan entre 30 y 90 o más. } ✓

El rendimiento que da de asfalto un petrolero crudo es un 50% del volumen total.

Sin embargo no todas las moléculas son hidrocarburos pues incluyen compuestos conteniendo oxígeno, azufre, nitrógeno y ciertos metales tales como vanadio, níquel etc.

Los asfaltos actualmente se emplean como hidrófugos y en especial para pavimento; asimismo, en la fabricación de productos aglomerados tales como: Losetas asfálticas, cartones para cubiertas planchas de corcho asfáltico, y también en la elaboración de lacas y pinturas y en la preparación de productos medicinales.

✓ B) Clasificación de los asfaltos. ✓

De acuerdo con las especificaciones de la Secretaría de Obras Públicas y Petróleos Mexicanos, los asfaltos para caminos, se clasifican en : ✓

CLASIFICACION DEL ASFALTO. ✓

F.L-0
F.L-1
F.L-2
PAGUADO LINDO F.L-3
F.L-

ASFALTO REBASADOS	FRAGUADO MEDIO	F.M-0 ✓ F.M-1 F.M-2 F.M-3 F.M-4
	FRAGUADO RAPIDO	F.R-0 F.R-1 F.R-2 F.R-3 F.R-4
ASFALTOS	NUMERO 3	
PARA	" 6	
CAMINOS	" 7	↙
CEMENTOS ASFALTICOS	" 8	
	" 9	
	" 10	
	" 10-2	
EMULSIONES ASFALTICAS	ANIONICAS	R.R. R.M. R.L.
	CATIONICAS	R.R. ✓ R.M.

NO. IONICAS

NOTA: Téngase en cuenta que cuanto más alto es el número indicativo, mayor es el contenido de asfalto con la correspondiente disminución de Aceite fluidicamente. ↗

C) Producto Asfálticos: ()

El asfalto refinado es produce en una variedad de tipos y cualidades - que varíer desde los sólidos duros y quebradizos hasta líquidos casi tan fluidos como el agua. La forma semisólida conocida como Cemento Asfáltico es el material básico, pues de él se parte para la obtención de los asfaltos rebajados y las emulsiones.

- A) Cemento asfálticos, que son los productos de la destilación del petróleo asfáltico al que se han eliminado sus solventes volátiles y parte de los aceites, cuya penetración varía entre 40° y 300° C.
- b) Asfaltos rebajados de fraguado rápido, son los productos que se obtienen mediante la adición de gasolina ó nafta a un cemento asfáltico.
- c) Asfaltos de fraguado medio, son los productos que se obtienen mediante la adición de Kerosene a un cemento asfáltico.
- d) Asfaltos rebajados o residuales de fraguado lento, son residuos asfálticos con destilado de volatilización lenta. A estos asfaltos se les llama aceites para camiones y rara vez se obtienen partiendo del cemento asfáltico.
- e) Emulsiones asfálticas, son dispersiones estables de un cemento asfáltico en agua.

Se le dá el nombre de Emulsión a la dispersión de un líquido en otro con el cual se mezcla, formándose lo que recibe el nombre de " Sistema de dos fases", una de las fases está formada por gotas microscópicas de uno de los dos líquidos y recibe el nombre de fase dispersada o interna, el otro líquido en el cual no se observa división alguna y solo sirve de medio de suspensión, recibe el nombre de fase continua o externa. Para evitar que las emulsiones se separen se requiere agregar a alguno de los líquidos una substancia que venga a modificar las propiedades del sistema, formando de este modo un sistema de tres fases. Estas substancias que tienen esta propiedad reciben el nombre de agentes estabilizadores.

Las emulsiones asfálticas para pavimentos son líquidos del color de chocolate, casi tan fluidos como el agua, de la que contienen en general de un 40 a un 50%. Este elevado porcentaje de agua, que no se --

aprovecha como aglutinante, permite a las emulsiones grandes ventajas sobre los materiales bituminosos que se trabajan en caliente, es decir que se pueden aplicar en frío, evitándose equipos costosos, lográndose subir el material pétreo de los pavimentos con películas muy delgadas y más completas que con asfaltos en caliente. El agua de las emulsiones asfálticas se elimina por evaporación o por absorción, quedando el cementante en posibilidad de fraguar o coagular.

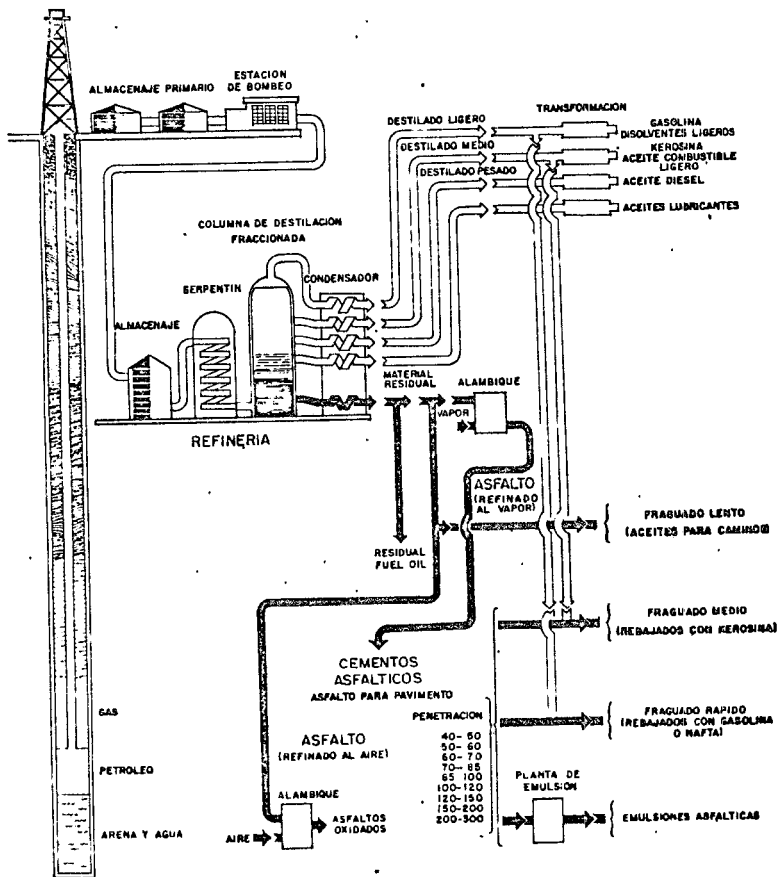
La principal condición que debe satisfacer una emulsión asfáltica en su estabilidad, es decir, su resistencia a la coagulación y sedimentación; principalmente a la coagulación, que aun parcial podría ocasionar muy serios trastornos durante su aplicación. Cuando en las emulsiones asfálticas se observa sedimentación debido a un gran período de reposo, basta renovar o agitar la emulsión antes de su aplicación.

Inmediatamente después de que una emulsión se riega sobre base de un camino, el contenido del agua empieza a evaporarse o a infiltrarse en las piedras y en la base, para coagular el asfalto de la emulsión. El tiempo en que se verifica esta coagulación depende del tipo de emulsión empleada.

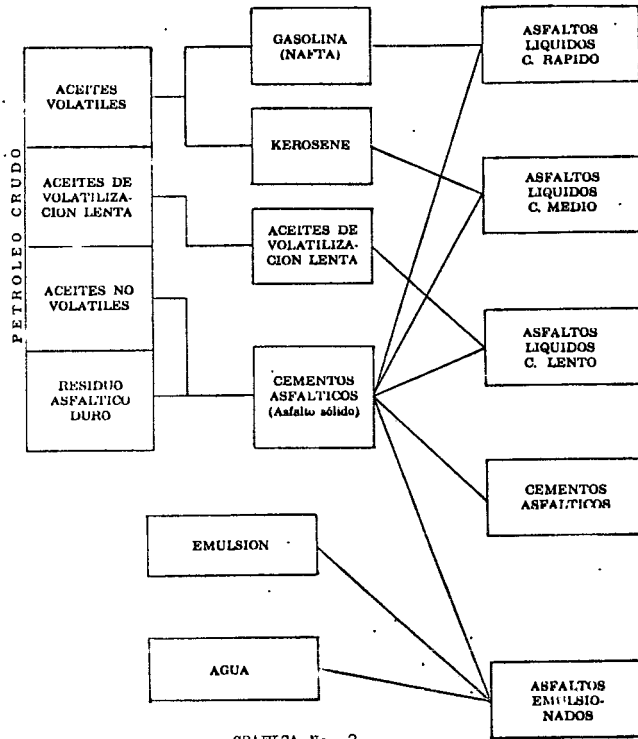
Para tener una idea más clara del proceso de destilación para la obtención del asfalto y sus derivados, muestra las siguientes gráficas:

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE LA RECUPERACION Y REFINO DE PRODUCTOS ASFALTICOS DE PETROLEO

POZO DE PETROLEO



Gráfica de marcha. No. 1



GRAFICA No. 2

TIPOS DE ASFALTOS USADOS

Desig-nación	Viscosidad furol		Contenido de asfal-to sólido 80-120 penetración. Mínima	Temp. de aplicación en °C			
	Temp.	Seg.		Tendido		Mezcla	
FR-0	a 25°C	75-150	50%	10°C	49°C	10°C	49°C
FR-1	a 50°C	75-150	60%	27°C	65°C	27°C	82°C
FR-2	a 60°C	100-200	67%	38°C	79°C	27°C	65°C
FR-3	a 60°C	250-500	73%	65°C	93°C	52°C	93°C
FR-4	a 82°C	125-250	78%	79°C	120°C	79°C	107°C

(120-300)

FM-0	a 25°C	75-150	50%	10°C	49°C	10°C	49°C
FM-1	a 50°C	75-150	60%	27°C	65°C	27°C	65°C
FM-2	a 60°C	100-200	67%	38°C	93°C	65°C	93°C
FM-3	a 50°C	250-500	73%	79°C	121°C	79°C	82°C
FM-4	a 82°C	125-250	78%	93°C	134°C	93°C	118°C

(100)

FL-0	a 25°C	75-150	40%	10°C	49°C	10°C	49°C
FL-1	a 50°C	75-150	50%	32°C	93°C	27°C	93°C
FL-2	a 60°C	100-200	60%	65°C	93°C	65°C	93°C
FL-3	a 60°C	250-500	70%	79°C	121°C	79°C	120°C
FL-4	a 82°C	125-250	75%	79°C	121°C	79°C	120°C

Desig-nación	Penetra-ción a 25°C	Ductilidad a 25°C mínimo	Temperatura de fusión o reblandecimiento	Temperatura de aplicación
Núm. 3	180-200	100	37°C-43°C	120°C-160°C
Núm. 6	80-10	100	45°C-52°C	120°C-160°C
Núm. 7	60-70	100	48°C-56°C	120°C-160°C
Núm. 8	40-50	100	52°C-60°C	120°C-160°C

Desig-nación	Visco-sidad furol a 25°C en seg	Demulsi-bilidad con Ca Cl ₂	Características del asfalto sólido		Tempe-ratura de aplicación
			Penetra-ción a 25°C	Ducti-lidad a 25°C	
FR	100 máx	30% mín	100-200	+ 40 cm	5°C 40°C
FL	100 máx	1% mín	100-200	+ 40 cm	5°C 40°C

EN PAVIMENTACION

C A P I T U L O III

FUERZAS DESTRUCTIVAS EN CAMINOS . 10'

Antes de entrar en las aplicaciones de los asfal^{tos} en los pavimentos hablaré en forma general, de las fuerzas destructivas a que están sujetos los caminos sin cubierta protectora. Los caminos por la acción del tránsito están sujetos a fuerzas destruc tivas que, de no tomarse las precauciones debidas, puedan llegar a destruir su estructura haciéndolos intransitables. La fricción de las partículas entre sí, al ser movidas por el tráfico, provo can por abrasión, el desgaste y la desintegración de las partícu las. La velocidad de los vehículos provoca en vacío parcial que succiona el material fino de la superficie, material que es saca do fuera del camino por las corrientes de aire y provoca polvare das detrás del vehículo. El choque de las ruedas contra los obs táculos en la superficie del camino y el de las ruedas al caer - después sobre el piso, da lugar a serios perjuicios destruyendo la estructura del camino .

Además de estos efectos de tránsito, en la época de lluvias la superficie del camino adquiere una humedad excesiva que le ha ce perder gran parte del valor soporte que tenía con una ligera humedad. Todos estos efectos pueden y deben evitarse o reducirse grandemente, protegiendo el camino con pavimentos asfálticos .

C A P I T U L O I V

APLICACIONES DE LOS ASFALTOS

A) Pavimentos:

Se dá el nombre de pavimentos a los revestimientos superiores de un suelo que se disponen encima de una cama o base, en forma de superficies planas, por las que se puede andar cómodamente. Pueden servir al exterior, como vías públicas, terrazas etc. o para interiores de edificios. Se clasifican de acuerdo con el material empleado, pero aquí solamente haré mención de los pavimentos asfálticos.

B) Pavimentos flexibles:

Son aquellos pavimentos en los que su capa de rodamiento está construida por una carpeta asfáltica u otra flexibilidad similar, que se apoya sobre una base no rígida. Tienen por objeto facilitar el tránsito aumentando la seguridad, rapidez y comodidad de los transportes. Los pavimentos deben de resistir la fuerza, destructiva del tránsito y también los efectos del intemperismo.

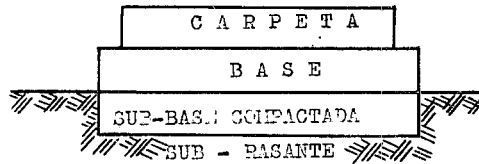
Para obtener un pavimento asfáltico que nos satisfaga económicamente es necesario que tenga:

- a) ESTABILIDAD, considerada como la resistencia del pavimento a deformaciones provocadas por las cargas del tránsito.
- b) DURABILIDAD, considerada como la resistencia del pavimento al deterioro, tanto por la acción del intemperismo, como del tránsito.
- c) FLEXIBILIDAD, superficie para resistir, sin agrietarse las deformaciones normales de la base del pavimento.

- d) Textura de Superficie, uniforme y ligeramente áspera para dar seguridad al conductor evitando patinajes peligrosos. ✓

UN PAVIMENTO FLEXIBLE CONSTA DE :

- 1.- SUB - BASE
- 2.- BASE
- 3.- CARPETA



- 1.- La sub-base, que es la capa de material seleccionado comprendida entre la capa sub-rasante y la base, tiene varios objetivos: transmitir el esfuerzo a la sub-rasante en la forma conveniente, constituir una transición entre los materiales de la base y la sub-rasante, de modo tal, que se evite la contaminación

y la interpenetración, disminuir los efectos perjudiciales en el pavimento, ocasionados por los cambios volumétricos y rebote plástico de la terracería. Mejorar el drenaje y evitar el acceso de agua capilar a la base y reducir el costo del pavimento.

Los materiales pétreos usados en sub-bases deberán cumplir íntegramente lo asentado en las especificaciones de la S. O. P. y en especial en cuanto a granulometría, plasticidad, dureza y cementación.

2.-

Base:

Es la capa de material seleccionado que se construye sobre la sub-base o sobre la sub-rasante, limitada por la carpeta asfáltica. Sirve para soportar apropiadamente las cargas de los vehículos a través de la carpeta y distribuir a la sub-base o la sub-rasante los esfuerzos de tal forma que no produzcan deformaciones perjudiciales: en caso de saturación deberá eliminar fácilmente el agua.

Los materiales pétreos para base, además de ser de mejor calidad que los sub-base, ya que reciben más directamente los impactos de las cargas del tránsito, deberán tener afinidad con el asfalto del riego de impregnación para evitar que el agua los desaloje.

Cuando un material, tal como se extrae de un banco, no llena las especificaciones en cuanto a granulometría, es en general posible lograr que las cumpla someténdolo a alguno de los siguientes procesos:

Disgregado

Scribado

Trituración parcial y cribado.

Trituración total y cribado.

Así mismo, en ocasiones, es necesario utilizar algún material que en sus condiciones originales no cumpla con las especificaciones, generalmente en lo que se refiere a plasticidad o cementación en esos casos; se recurre a la mezcla de dos o más materiales o a estabilizaciones con asfalto, cal o cemento para obtener las características requeridas.

Se considera responsabilidad conjunta del jefe de la obra y del jefe del laboratorio, el efectuar un estudio exhaustivo de localización de bancos para lograr que los materiales que se empleen sean de lo más adecuado tanto en calidad como en costos de producción y acarreo .

EQUIPO PARA CONSTRUCCION DE SUB-BASES Y BASES.

- a) Producción de material pétreo, Varía con el proceso requerido por el material y podrá consistir en alguna o algunas de las unidades siguientes:

Equipo de barrenación

Equipo de trituración.(quebradora primaria o secundaria)

Cribas (Rotatoria, vibratoria o fija)

- b) Carga y acarreo. Camiones de volteo o vagonetas, auxiliadas por cargadores frontales o palas mecánicas.

- c) Construcción para el mezclado y tendido de los materiales pétreos se usan motoconformadoras o mezcladoras móviles para la adición del agua se usan pipas. Para la compactación se usan aplanadoras rodillo vibratorios o no vibratorios, drapeadores etc.

Para bases estabilizadas con asfaltos, además del equipo antes descrito, se requiere petrolizadoras para la adición del asfalto .

Para las bases estabilizadas con cal o cemento se puede usar equipo especial para la dosificación, adición y revoltura del agente estabilizador, o bien incorporarlo, debidamente cubicado sobre el canellón del material pétreo y revolverlo mediante motoconformadora o mezcladoras móviles .

3) Carpeta asfáltica: ✓

Se define como la "Capa ó conjunto de capas construídas con material pétreo y un producto asfáltico, comprendidas entre la base y la superficie de rodamiento" .

Su función es proporcionar al tránsito una capa flexible, estable practicamente impermeable, con superficie uniforme y de textura y color apropiados al tránsito .

Los requisitos que debe satisfacer una carpeta asfáltica son: Ser capaz de adaptarse a cualquier asentamiento que tenga lugar en cualquiera de las capas inferiores del pavimento, sin que sufra graves daños la superficie, no deformarse bajo la acción de las cargas originales por el tránsito, impedir al máximo posible el paso del agua filtrante a la base y sub-base, proporcionar una textura anti-derrapante y ser de un color que contraste con el terreno en que está construída .

Las carpetas asfálticas pueden dividirse en dos amplios grupos, a pesar de que existen en las carpetas variaciones muy grandes:

A.- Carpetas de riegos e tratamientos superficiales.

B.- Carpetas construídas con mezclas asfálticas.

A.- El primer grupo abarca 3 clases principales de carpetas que son:

a).-Carpetas de 1 riego .

b).-Carpetas de riegos múltiples (de 2 a 4 riegos) .

c).-Incrustación asfáltica .

d).-Especificaciones para construcción de la carpeta asfáltica.

a).- Las carpetas de un riego se construyen a base de una aplicación de agregados pétreos y material asfáltico en una sola capa , sobre una superficie asfáltica o sobre la base de un camino.

El propósito de estas carpetas cuando se aplica sobre otra ya existente, puede ser; sellar una superficie agrietada para evitar -- la filtración de agua superficial; dar un revestimiento rugoso a un pavimento antiguo que se ha hecho deslizante por el exceso del asfalto que se manifiesta en la superficie, proporcionar una superficie renovable cada que se desgaste .

Cuando la carpeta se aplica sobre una base, nos encontramos con los tratamientos asfálticos superficiales de una capa, cuyo objeto es proporcionar una capa de desgaste por un breve período de tiempo a una base flexible recién construida, para soportar tránsito pesado, antes de colocar un pavimento adecuado para estas cargas.

El proceso de construcción es similar en ambos casos, aunque en el segundo, por lo general las dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos son mayores y consisten esencialmente enregar sobre la superficie una cierta cantidad de asfalto, cubriéndola después con una cantidad dada de ácidos, logrando una unión perfecta entre ambos materiales por medio de un apisonado.

b).- Las carpetas de riegos múltiples llamados también tratamientos superficiales multicapa, consisten en la aplicación de una capa de asfaltos y otros materiales, la cuando con lo descrito en las carpetas de un riego. De la aplicación de asfaltos y ácidos constituye una capa. En cada capa se usa aproximadamente la mitad proporcionalmente menores. Dentro de estas carpetas, el tipo más usado es el de tres capas, el cual se trata también con asfalto superficial doble .

↓

c).- El pavimento macadam asfáltico es también una construcción estratificada, que consiste en colocar sobre la caja del camino una capa de piedra partida y limpia de tamaño más o menos uniforme; esta capa se apisona hasta obtener un espesor ligeramente mayor que el tamaño máximo de la piedra. Después de esto, se riega con asfalto en forma abundante, para obtener la liga de las piedras entre sí. A continuación, se extiende una capa de grava para llenar los huecos que quedan y se apisona, una vez que se ha hecho un apisonado perfecto, se aplica asfalto en forma ligera y se extiende una nueva capa de gravilla de menor tamaño, apisonada nuevamente .

Respecto a los métodos empleados para la construcción de estos tipos de pavimento, podemos decir que es condición esencial - preparar adecuadamente la base o cimiento en que se aplicará el - tratamiento superficial ya que el grado de perfección obtenido en esta operación se reflejará posteriormente en la durabilidad y suavidad del pavimento terminado. Es necesario que la calidad y el espesor de la base flexible sean satisfactorios y que esté perfectamente compactado. En bases para caminos de tránsito medio acepta una compactación de 95% de densidad MASHC modificada, mientras que en los caminos de tránsito pesado exige el 100 % de esta densidad.

Después de compactado, conviene dar un período de curado de algunos días, con el objeto de disminuir la humedad a la mitad o menos del óptimo. Monense en que se aplicará una capa llamada de impregnación asfáltica la cual proporcionará a la base flexible un sello temporal contra la infiltración de agua superficial; producirá un buen enlace entre la capa de base y el pavimento asfáltico superficial .

J

La capa de impregnación se hace mediante el empleo de rebajados de tipo fraguado medio, y se recomienda usar el FM-0 para bases flexibles muy densas, en cantidad aproximada de 0.9 a 1.57 -- litros por metro cuadrado .

Para bases de tipo más granular, se recomienda usar el FM-1 con dosificación que varía de 1.75 a 3.5 litros por metro cuadrado .

La dosificación adecuada de estos materiales, es el máximo -- que en condiciones atmosféricas favorables, puede ser absorbido -- completamente por el material de base en 24 horas.

Después de un tiempo de curado de 24 horas para la capa de -- impregnación, se aplica el material asfáltico e inmediatamente después de extienden los áridos. Tan pronto como esto se haga, se debe apisonar toda la superficie con una sola pasada de un rodillo de rueda metálica, pasando después una barredora mecánica para distribuir más uniforme los áridos .

Esto se hará tantas veces como riegos se especifiquen para la carpeta asfáltica; terminando con un apisonado con rodillo de rueda rígida o de neumáticos, hasta conseguir una perfecta adherencia del material pétreo al material asfáltico .

ASFALTO Y TIPO DE MATERIAL PETREO

A continuación doy algunos datos referente a cantidades recomendadas para distintos tipos de tratamientos asfálticos superficiales que relacionan las cantidades de asfalto apropiadas con las de material pétreo, expresadas en litros.

CARPETAS DE 1 MILÍMETRO

1.5 a 2.48 litros de asfalto por metro cuadrado .

10 a 15 litros de agregado pétreo por metro cuadrado .

GRANULOMETRÍA CONVENIENTE DEL AGRÉGADO PÉTRICO

Para 2 litros o menos de asfalto por metro cuadrado; el material



pétreo deberá pasar por las mallas anotadas según los siguientes porcentajes:

	3/4"	100%
	1/2"	90 a 100%
	3/8"	30 a 60%
Núm. 4		0 a 10%
Núm. 10		0 a 3%

Para 2 a 2.5 litros de asfalto por metro cuadrado; el material pétreo deberá pasar por las mallas anotadas según los siguientes porcentajes:

	3/4"	100%
	1/2"	45 a 55%
	3/8"	10 a 30%
Núm. 4		0 a 10%
Núm 10		0 a 3%

CARPENTAS DE DOS RIEGOS

Primera capa:

- 1.12 a 1.57 litros de asfalto por metro cuadrado .
- 12 a 18 litros de material pétreo por metro cuadrado .

Segunda capa:

- 1.57 a 2.00 litros de asfalto por metro cuadrado .
- 6 a 9 litros de material pétreo por metro cuadrado .

GRANULOMETRIA % DEL MATERIAL QUE PASA POR MALLAS:

Primera capa:

	1"	100%
	3/4"	55 a 85%
	1/2"	0 a 15%
Núm. 4		0 a 2%

Segunda capa:



	3/4"	100%
	1/2"	90 a 100%
Núm.	4	10 a 30%
Núm.	10	0 a 3%

CARRETERAS DE 3 RIEGOS

Primera capa:

0.9 a 1.35 litros de asfalto por metro cu drado .
 15 a 18 litros de material pétreo por metro cuadrado .

Segunda capa:

1.57 a 2.25 litros de asfalto por metro cuadrado .
 7.5 a 9.0 litros de material pétreo por metro cuadrado .

Tercera capa:

1.12 a 1.59 litros de asfalto por metro cuadrado .
 5 a 6 litros de material pétreo por metro cuadrado .

GRANULOMETRIA % DE MATERIAL QUE PASA POR LAS MALLAS.

Primera capa:

	1 1/4"	100%
	1"	85 a 100%
	3/4"	25 a 45%
	1/2"	0 a 20%
Núm.	4	0 a 5%

Segunda capa:

	3/4"	100%
	1/2"	65 a 90%
Núm.	4	0 a 10%
Núm.	10	0 a 3%

Tercera capa:

	1/2"	100%
Núm.	4	10 a 35%
Núm.	10	0 a 3%

d) Especificaciones para construcción de la carpeta asfáltica.

Antes de proceder a la construcción de cualquier tipo de -- carpeta asfáltica, hay necesidad de impregnar la base terminada. Esto se logra con el riego de un producto asfáltico rebajado de-- fraguado medio o lento, cuya función es impregnar superficialmente y hasta la profundidad que penetra el asfalto, permitiendo una transición entre la base y la carpeta asfáltica. El riego de im-- pregnación tiene un objeto actuar como agente adherente, así como sello de junta entre la base y el nuevo pavimento, dando a la base mayor impermeabilidad, resistencia al intemperismo y a la abrasión, y protección durante el tiempo que transcurra entre su terminación y la construcción de la carpeta o nuevo pavimento.

Terminada la base, de acuerdo con las normas que rigen su -- construcción, la impregnación de la misma se ha de sujetar a los siguientes lineamientos generales.

1.- Barrido, por medio de escobas, cepillos de mano o barre-- doras mecánicas con el objeto de eliminar de la base todo el polvo del suelo y materias extrañas que se encuentran en la superficie. Olvidar esta operación es dejar un lubricante entre la base y la nueva superficie de rodamiento, que impide toda adherencia -- en detrimento de la durabilidad del pavimento.

2.- Riego de asfalto, por medio de una petrolizadora dotada de equipo de calentamiento, bomba de presión, tacómetro y todos -- los aditamentos necesarios para su correcto funcionamiento y la -- distribución uniforme del número de litros/m² que hayan sido es-- pecificados. Este riego, por ningún motivo deberá aplicarse cuando la temperatura ambiente sea menor de 5° C, cuando aparece nublado o cuando la base se encuentra mojada, ni cuando la intensidad del viento impida una distribución uniforme del producto.

X

3.- El tipo de producto asfáltico (según el tipo de los rebajas) se especifica en el medio TI-0 y TI-1), la cantidad por m² que se debe usar, si conviene ser reducida en una o dos aplicaciones debiendo fijarse en las especificaciones que gobiernan la construcción del camino.

4.- Se cubre El riego de material asfáltico, con una capa de material asfáltico 2A o 3B en la cantidad fijada según la tabla siguiente. Esto se hace por medio de un esparciador de material .

5.-Se rastrea y plancha el material pétreo con una barredora y una aplanadora de 6 a 10 TON.

6.-Se recolecta y remueve el material pétreo excedente que no se haya adherido al material asfáltico .

Esta es la escuela para carpetas a base de riegos y varía según la cantidad de riegos de que se traten .

T A B L A N U M . I

<u>MATERIALES</u>	<u>4 RIEGOS</u>	<u>3 RIEGOS</u>	<u>2 RIEGOS</u>	<u>1 RIEGO.</u>
Cemento Asf. Mat. pétreo 0	0.6-1.1 35-40			
Cemento Asf. Mat. pétreo 1	1.2-1.1 2-25	0.6-1.1 20-25		
Cemento Asf. Mat. pétreo 2	1.0-1.4 8-12	1.0-1.4 8-12	0.6-1.1 8-12	
Cemento Asf. Mat. pétreo 3B	0.7-1.0 6-8	0.7-1.0 6-8	0.7-1.1 6-8	
Cemento Asf. Mat. pétreo 2A				0.9-1.1

<u>TALLERES</u>	<u>4 METROS.</u>	<u>2 METROS</u>	<u>2 METROS</u>	<u>1 RIEGO.</u>
Cemento Asf. Mat. pétreo 3C				1.0-1.2 3-12
Cemento Asf. Mat. pétreo 3D				1.0-1.2 8-12
Cemento Asf. Mat. pétreo 3E				0.9-1.1 10

Nota: El material asfáltico y pétreo debe considerarse en litros por metro cuadrado .

CARRETERAS CONCRETADAS CON MEZCLAS ASFÁLTICAS. ✓

Este grupo segundo de carreteras asfálticas, comprende 4 clases principales, por lo que respecta al tipo de fabricación de la mezcla asfáltica y son:

- a) Mezclas en el lugar, fabricadas con la planta móvil .
- b) Mezclas en el lugar, fabricadas mediante un equipo con motoconformadora .
- c) Mezclas elaboradas en el laboratorio, en caliente y colocadas en frío.

d) Mezclas en caliente, elaboradas en planta estacionaria.

a) Las carpetas asfálticas superficiales que se construyen con las mezclas en el lugar, se logran haciendo pasar los materiales por una planta mezcladora móvil. Estas mezclas resultan más económicas que aquellas que se fabrican en planta pero son de inferior calidad debido a la falta de un control seguro de la granulometría de los áridos, los cuales pueden ser materiales naturales o tratados. En caso de que un solo tipo de áridos no satisfagan convenientemente la granulometría, se mezclarán dos o más materiales pétreos para lograrlo.

Para mezclar los materiales en el lugar, se emplean plantas móviles de diferentes tipos. Entre ellos se puede mencionar la mezcladora mecánica, que recoge los materiales pétreos de un camellón y los pasa para una mezcladora de tipo continuo. Cuando los áridos entran en la cámara de mezcla, el asfalto se pulveriza sobre ellos. Para obtener un control adecuado de la cantidad necesaria de asfalto; es necesario que el camellón en que se encuentra acopiado el material pétreo, sea de tamaño uniforme, con objeto de poder relacionar la velocidad de la bomba de asfalto con el tamaño del camellón.

b) Cuando la mezcla se hace mediante la intervención de una motoconformadora, el material pétreo deberá estar sobre el camino en un camellón aplanado, de espesor y ancho uniforme y se plegan en forma abundante con material asfáltico, generalmente con una petrolizadora. Con la motoconformadora se remueven los áridos para mezclarlos con el asfalto, sobre el camino o zona de mezclado, hasta que el asfalto es dispersado uniformemente.

Los materiales asfálticos más adecuados para el mezclado como

conformadora, son los asfaltos rebajados FR-2, FR-3 y FM-3 .

Es muy importante en este tipo de mezclado, dar a la mezcla - la ventilación adecuada, por lo que se debe remover lo suficiente - para lograr que por evaporación se elimine la mayor parte de disolvente y de humedad .

Entendido y la compactación de la mezcla, no debe hacerse hasta que el contenido de volátiles se haya reducido a menos del 25% de la cantidad original y el contenido de humedad sean menor que el 2% .

Todo lo dicho anteriormente, puede aplicarse a las mezclas fabricadas en frío en el lugar, mediante el uso de motoconformadora o planta móvil .

c).- El concreto asfáltico fabricado en caliente y colocado en frío es la transición de los tipos de mezclas que hemos descrito, al concreto asfáltico fabricado y colocado en caliente, que es el de mayor calidad .

El fin de estas mezclas es colocarlas en caliente y una de sus ventajas principales, es que después de fabricadas, se pueden almacenar por 6 u 8 meses para aplicarlas esencialmente en bacheos .

El concreto asfáltico fabricado en caliente y colocado en frío se fabrica con una mezcladora central en caliente, donde los áridos se secan perfectamente y se separan en tolvas distintas de tamaños determinados, Una vez que los áridos están secos, se enfrían hasta una temperatura de 30° C, antes de hacerlos entrar en el mezclador.

Los áridos se calientan y se enfrían en un secador de doble tambor, que elimina el resto de humedad cuando estos atraviesan el cilindro exterior, con el objeto de lograr obtener la temperatura deseada a la descarga de la mezcla.

Para dosificación, los áridos se vierten en la tolva de la báscula que se encuentra sobre el mezclador, obteniendo de este modo

la cantidad exacta de material pétreo, de acuerdo con la dosificación especificada. Pasado el material se descarga en el mezclador, donde después de un mezclado en seco durante un tiempo de 10 segundos, se le añade el producto asfáltico de impregnación, prolongando el mezclado durante 10 segundos. El producto asfáltico de impregnación se utiliza en el FM-0 (Rebajado defraguado medio), al cual se le añade un activante. El objeto de este baño de impregnación, es asegurar una buena adhesión del cemento asfáltico a los agregados en presencia del agua .

Después de la operación anterior, se añaden simultáneamente agua y cemento asfáltico de alta penetración .

Si la mezcla va a colocarse en obra inmediatamente, la cantidad de agua que se le añade es de 2% de agua en peso; pero si la mezcla se va a almacenar y se usará dentro de varios meses, se añade el 3% de agua .

La temperatura de descarga de la mezcla más conveniente es de 75°C (más menos 5)

d).-El concreto asfáltico fabricado en caliente y elaborado en planta estacionaria, es la mejor mezcla para carpetas y se fabrica en plantas instaladas especialmente para ello.

Existen dos tipos de Plantas:

- 1.- De tipo continuo .
- 2.- De tipo discontinuo o intermitente .

La planta consiste en cldvas con cribas que clasifican el material pétreo de acuerdo con 3 o 4 tamaños, que quedan almacenados por separado .

De estas tolvas pasa el material al secador, donde se seca y calienta el material a unos 150°C , e inmediatamente después a unas cribas vibratorias, que clasifican nuevamente por tamaños para almacenarlo en tolvas de material caliente .

Hasta aquí es el mismo proceso de las dos plantas porque - en las plantas de tipo intermitente, el material que proviene de cada tolva se pasa en una nueva tolva y se deja caer al mezclador, donde se inicia el ciclo de mezclado descrito anteriormente.

En las plantas de tipo continuo, el material procedente de las tolvas de almacenaje en caliente se dosifica por medio de compuertas regulables que descargan sobre los alimentadores del material caliente. Así mismo, el asfalto fluye continuamente y se regula con una bomba conectada al mecanismo de dosificación para los alimentadores áridos, de tal manera que se obtiene una relación constante entre la cantidad total de -- áridos de asfalto, independientemente de la velocidad de producción.

Puesto que en este caso, considero que es más difícil obtener una aproximación satisfactoria, creo que la planta -- de tipo discontinuo o intermitente por el hecho de pasar el material pétreo en cada operación de mezclado, es la más conveniente a usar.

Con las siguientes figuras muestro el funcionamiento de -- cada una de las plantas.

UNIDAD DESTICADORA DE CONTROL.

Clasifica y afina la cantidad requerida de cada tamaño de cribas vibratorias clasificadas con los agregados en los tambores convenientes y reduce las de tamaño mayor.

El polvo atorado es eliminado uniformemente por medio de chicanas.

Los silos calientes almacenan el agregado para operación continua.

Las tolvas pesadas para todos los tamaños de agregado, incluyendo el polvo atorado.

El tambores con bolas calientes elimina la cantidad correcta de sobras para cada pesadora.

Las tolvas pesadas de material mezcla inicialmente el material.

El sistema desintoxicante y alivia el poder del polvo atorado almacenado el material al silo del silo.

COLECTOR DE POLVO.
Recoge los materiales finos que pueden volar a la mezcla, si es necesario.

SECADOR

La corriente continua de escape se pasa al mihon por quemador en contacto directo con la tolva y los gases calientes. Cada partícula queda seca antes de pasar para un mayor secado.

Doscientos millones de alfileres eliminan el porcentaje del polvo en la zona de la planta. El ventilador produce la circulación continua de aire y el sistema de control de polvo.

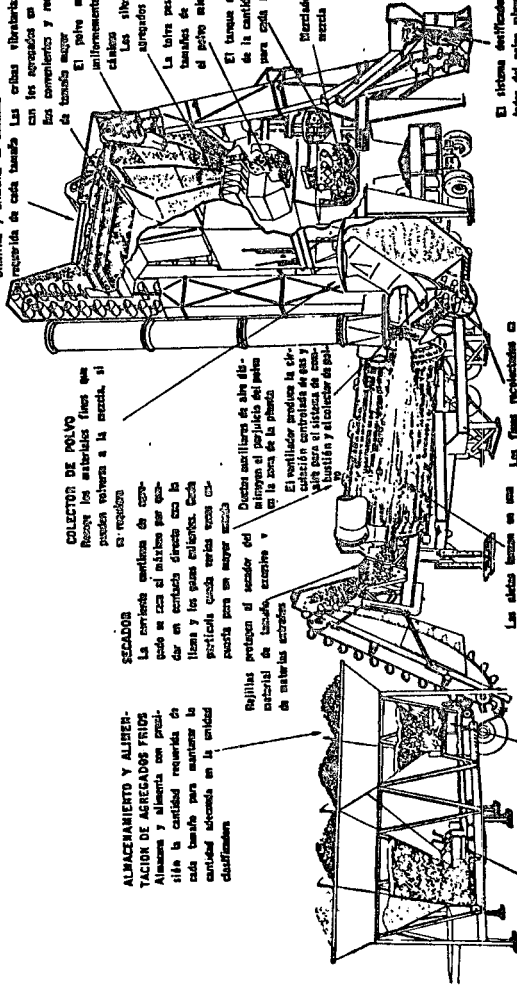
Las tolvas llenas en una capa uniforme las componen a través de la tolva de los pasos calientes para el mayor del secador caliente.

ALMACENAMIENTO Y ALIJE-TACION DE AGREGADOS FRÍOS.

Almacena y alimenta con precisión la cantidad requerida de cada tamaño para mantener la cantidad almacenada en la unidad clasificadora.

Rejillas producen el secador del material de tamaño adecuado.

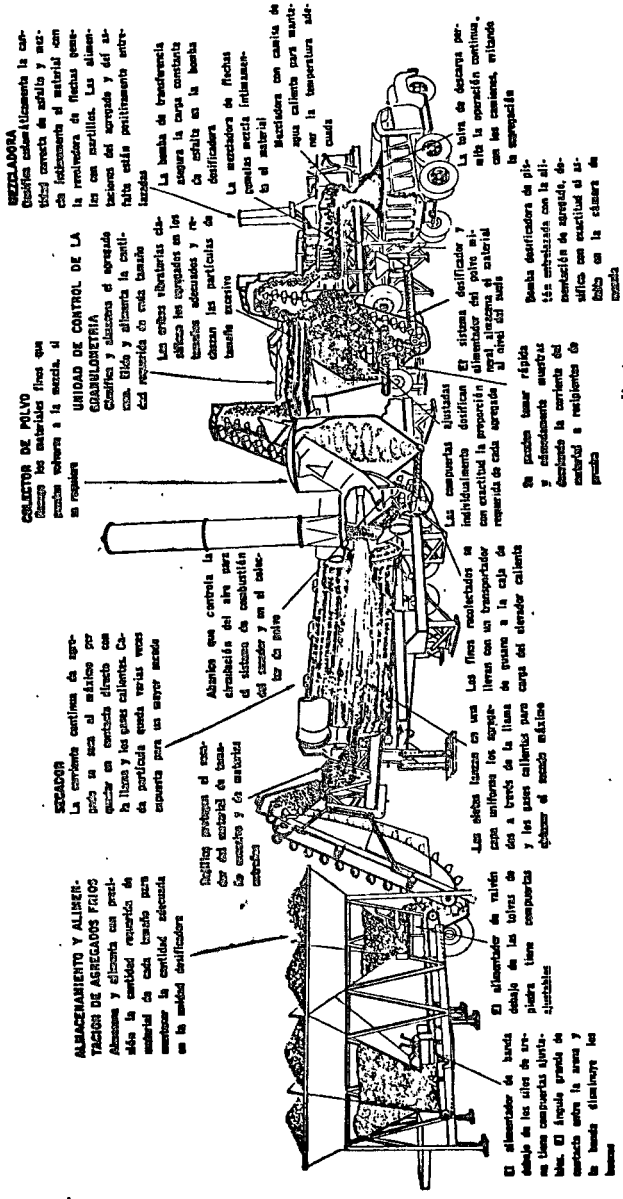
El almacenador de bolas debajo de los silos de agregado en líneas compuestas alfileres. El líquido grande de contacto entre la arena y la bandeja eliminando las bombas.



Planta de operación intermitente para mezcla en caliente

FIGURA No. 1

20 P



SECCION DE POLVO
 Siempre los materiales finos que quedan adheridos a la mezcla, si se requieren

SECCION DE CONTROL DE LA ENANBLEMETRIA
 Controla y asegura el agregado exacto de cada uno de los componentes de la mezcla, al mismo tiempo que asegura la cantidad de cemento en cada bandeja

SECCION DE ALIMENTACION Y ALIMENTACION DE ASREGAOS FRIOS
 Alimenta y alimenta con precisión la cantidad requerida de material de cada bandeja para mantener la cantidad adecuada en la bandeja dosificadora

SECCION DE SECADO
 La corriente continua de agregados se seca al máximo por acción de la corriente directa en las líneas y los gases calientes. Cada partícula queda seca antes de pasar para un mayor secado

SECCION DE MEZCLA
 Las bolas truenan en una capa uniforme. Los agregados se mezclan con el cemento y en el momento de salir por la salida

SECCION DE MEZCLA
 Las bolas truenan en una capa uniforme. Los agregados se mezclan con el cemento y en el momento de salir por la salida

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 Las compuertas ajustadas individualmente dosifican con exactitud la proporción requerida de cada agregado en el nivel del mazo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 Las compuertas ajustadas individualmente dosifican con exactitud la proporción requerida de cada agregado en el nivel del mazo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

SECCION DE MEZCLA
 Las corrientes vibratorias controlan los agregados y reducen las partículas de tamaño excesivo

SECCION DE MEZCLA
 El sistema de polvo mide la cantidad de material que cae en la bandeja

SECCION DE MEZCLA
 La bandeja de transferencia asegura la carga constante de polvo en la bandeja dosificadora

Planta de operación continua para mezcla en caliente

FIGURA No. 2

P R O C E D I M I E N T O

Producción de materiales:

En la producción de materiales provenientes de bancos, la piedra se obtiene del mismo por medio de barrenación y se hace pasar después através de una serie de trituradoras y cribas con binas convenientemente para producir los tamaños deseados. Si el material presenta alguna contaminación de finos perjudiciales es necesario efectuar la operación de lavado .

ELABORACION DE LA MEZCLA ASFALTICA

La planta estacionaria para la elaboración de mezcla asfáltica cuenta de los siguientes elementos como los mostrados en las figuras anteriores.

- a).- Tolvas de alimentación de materiales en frío. De preferencia en un número de tres .
- b).- Secador con inclinación variable colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta. A la salida del secador debe haber un pirómetro para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo .
- c).- Cribas para clasificar el material pétreo cuando menos entre tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas material disponible para la mezcla.
- d).- Tolvas para almacenar material pétreo en 3 líneas -- que son protegidos de la lluvia y el polvo y con una capacidad

7
y

tal que asegure la operación de la planta cuando menos durante 15 minutos sin ser alimentados .

e).- Dispositivos que permiten dosificar los materiales pétreos por peso o por volumen. Estos admiten un fácil ajuste de la mezcla en cualquier, para obtener la curva granulométrica de proyecto con cierta tolerancia, que para el caso de ~~generales~~ de construcción de la S.O.P. fija un 2% en cada uno de los tamaños.

f).- Equipo para calentar el cemento asfáltico instalado de tal manera que no permite contaminaciones y provisto de un termómetro con graduación de 20°C. a 210°C. que permite controlar la temperatura .

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

h).- Mezcladora del tipo de producción por peso o continuas equipada con un dispositivo para el control de tiempo de mezclado.

i).- Recolector de polvo y dispositivos para agregar finos.

Dependiendo del dispositivo para dosificar los materiales pétreos, las plantas estacionarias para mezcla asfáltica pueden ser de producción por bacha o continuas. En las de producción por bacha, el material caliente de cada tolva es impulsado por las cantidades necesarias para dar cierta cantidad de mezcla asfáltica a la caja pesadora, pasando después el mezclador donde se agrega el asfalto. Entonces se mezcla el conjunto durante un minuto o minuto y medio, repitiendo después el ciclo. La capacidad del recipiente en la mayoría de las plantas de este tipo suele variar de 1,000 a 3,000 lbs.

En el tipo de planta continua el material procedente de las tolvas de almacenamiento en caliente se dosifica por medio de compuertas regulares que descarga sobre los alimentadores de material en caliente. Todos los materiales son transportados en forma continua, el asfalto también fluye continuamente y se regula con una bomba conectada con el mecanismo de dosificación, de tal forma que se obtiene una relación constante de material pétreo y asfalto independientemente de la velocidad de producción.

En ambos tipos de mezcla puede obtenerse un buen control de la mezcla.

1.-Ajuste de las compuertas de las tolvas de materiales -- fríos de forma que esto pase al secador en las proporciones -- necesarias.

2.-Determinación de la cantidad de material que debe pasar al mezclador desde cada una de las tolvas de material en caliente y de la cantidad de cemento asfáltico .

Para determinar la abertura de las compuertas de las tolvas de tal manera que den la cantidad de material que demande la curva granulométrica, se puede hacer uso de la fórmula que combina el ancho del material pétreo y rendimiento o bien portentos; siendo esto último lo más socorrido. Cuando se trabaja con tolvas que ya han sido utilizadas y se tienen los datos de éstas, se puede obtener una aproximación bastante aceptable fijando las compuertas de tal manera que las áreas correspondientes a los diversos tamaños de material pétreo sean proporcionales a los porcentajes que deben suministrarse .



b

Es conveniente calibrar los alimentadores en frío. Este es un trabajo que puede realizarse fácilmente cuando el material se lleva al secador por medio de transportadores de cinta. Se cierran las compuertas, se pone en marcha la planta. Cuando ha funcionado durante un minuto aproximadamente se para y pesa el material contenido en el transportador en una distancia media por ejemplo 3 metros y se convierte la cifra a Kg./Mts., esta multiplicada por la velocidad de la cinta en metros por minutos dá kilogramos por minuto suministrados por la tolva con esa abertura particular de la compuerta. Se convierte a toneladas por hora y por centímetro de abertura de compuerta y se calcula por proporcionalidad el número exacto de centímetros que debe abrirse la compuerta para suministrar la cantidad deseada de toneladas por hrs. Una acumulación de datos de este tipo facilita además del ajuste exacto de los alimentadores en frío al primer tanteo .

Es indiscutible la importancia del estricto control de la alimentación de los materiales en frío de cada fracción de tamaño. Esta alimentación debe regularse de tal forma que al caudal de cada tipo de material pétreo sea uniforme y lo más próximo posible a la cantidad exacta necesaria para mantener las tolvas de material caliente bien llenas pero sin rebosar. La irregularidad del caudal de cualquiera de los materiales fríos es perjudicial para el buen funcionamiento de las plantas .

Una vez efectuado el ajuste de los alimentadores en frío se pone en marcha la planta y se hace funcionar durante un minuto aproximadamente después de que el material pétreo ha empezado a caer en las tolvas de material en caliente. Se vacían estas tolvas y se

✓

deja la planta en marcha unos minutos más para volverlas a -
llenar hasta su mitad por lo menos. Entonces ya pueden to -
marse muestras de las tolvas de material pétro en calidad pa
ra el análisis granulométrico. } ✓
↓

FORMULA DE DOSIFICACION DE PLANTA.

Para mayor claridad pongo el siguiente ejemplo:

Todo el material que se pasa por la malla No.10 se tra
ta en una sola fracción.

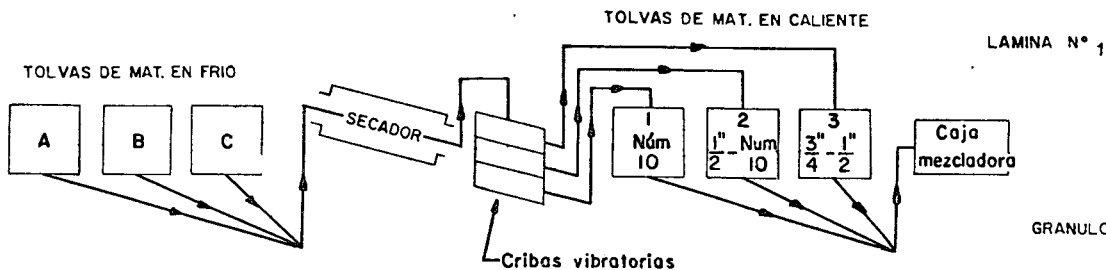
Los datos del ejemplo vienen incluidos en Lámina No. 1
y la tabla No.2.

La fórmula de dosificación en el ejemplo exige 65% de
material de la tolva "A" de lámina No.1 el 25% de material -
de la tolva "B" y el 10% del material de la tolva "C" repre-
sentados por kilogramos para facilitar la explicación.

En este ejemplo idealizado en el que se representan las
mallas trabajando con un rendimiento del 100%, el material -
llegaría a las tolvas de material caliente como se indica en
la parte inferior de la lámina No.1, esto es 43% a la tolva-
No.1, 40% a la No.2 y 17% a la No.3.

Se observará que estos son los porcentajes representados
por las fracciones representativas. La tolva No.1 contiene la
fracción que pasa por la malla No.10; la No.2 la fracción que
pasa por la malla de 3/8" y se retiene en la malla No.10 y la
13 contiene la fracción retenida en la malla de 3/8".

Al sacar pruebas granulométricas de las tolvas 1,2 y 3-
supongamos que dá los análisis representados en la tabla No.2



Granulometría	Material A	Material B	Material C	Combinado	Tolva 1	Tolva 2	Tolva 3	Combinado
3/4" - 1/2"	4 Kg			4 Kg			4 Kg	4 Kg
1/2" - 3/8"	4.5 Kg			4.5 Kg			4.5 Kg	4.5 Kg
3/8" - núm 4	8 Kg	0.5 Kg		8.5 Kg		8.5 Kg		8.5 Kg
núm 4	6.5 Kg			11.5 Kg		11.5 Kg		11.5 Kg
núm 10		5 Kg						
pason por la núm 10	9.5 Kg			21.5 Kg		21.5 Kg		21.5 Kg
		7 Kg						
			5 Kg					
TOTALES	32.5 Kg	12.5 Kg	5 Kg	50 Kg	21.5 Kg	20 Kg	8.5 Kg	50 Kg
	de A	de B	de C	de combinado	de la tolva 1	de la tolva 2	de la tolva 3	de combinado

EJEMPLO DE PROYECTO DE GRANULOMETRIA

<u>ABERTURA DE LA MALLA.</u>	<u>PIEDRA CALIZA TRITURADA DE 3/4 PULG.- DESIGNACION A, 65%.</u>	<u>PORCENTAJE QUE PASA</u>			<u>GRANULOMETRIA CON I- NADA (FORMULA DE -- TRABAJO .</u>
		<u>MENUDOS DE TRITURACION DE PIEDRA CALIZA 3/8 PULG. DESIGNACION B, 25%</u>	<u>ARENA FINA, DE -- ASIGNACION C.10%.</u>		
3/4 Pulg.	100	100	100	100	
1/2 Pulg.	87.7	100	100	92	
3/8 Pulg.	73.8	100	100	83	
Núm. 4	49.4	96.0	100	66	
Núm. 10	29.0	55.6	100	43	
Núm. 40	10.5	18.8	100	22	
Núm. 80	7.4	12.0	68.2	15	
Núm. 200	5.7	8.5	7.4	6	
Porcentaje de asfalto	- - -	- - -	- - -	5.2	

Porcentaje que pasa .

Alaptrian del Pavim.	Tolva 3		Tolva 2		Tolva 1		Granulo metria Combinada .	Fórmula de Trabajo
	3/4 pulg.-3/8 pulg.		3/8 pulg.-núm.10		menor que núm.10			
	Total	19.0%	Total	49.0%	Total	32.0%		
5/16 pulg.	100.0	19.0	100.0	49.0	100.0	32.0	100.0	100
1/2 pulg.	58.2	11.0	100.0	49.0	100.0	32.0	92.0	92
3/8 pulg.	10.1	1.9	100.0	49.0	100.0	32.0	82.9	83
núm. 4	2.0	0.4	68.5	33.6	100.0	32.0	66.0	66
núm 10	0.5	0.1	21.0	10.3	100.0	32.0	42.4	43
núm 20	0.3	0.1	11.0	5.4	55.1	17.6	55.1	22
núm. 30	0.1	...	6.1	3.0	30.6	9.8	12.8	15
núm. 200	0.0	...	3.2	1.6	9.1	2.9	4.5	6
Contenido de asfalto, %

Hay que observar aquí que en cada tolva existe siempre algún material menor que la malla de menor abertura representado por la tolva. Esto se debe a que cierta cantidad de los materiales finos es siempre arrastrada a la tolva siguiente por las partículas de mayor tamaño. En igualdad de condiciones este efecto aumenta cuando disminuye la abertura de la malla, por esta razón nunca se emplea en ninguna planta mallas menores del No. 10.

Suponiendo que se efectúa la mezcla en una planta de producción por peso empleado 2,000 Kgs. por pesada, los pesos serán los indicados en la tabla siguiente.

TABLA NUM. 4
PESOS POR BACHA.

	Porcentaje de Mat. Petreo. 1901 Kg.	Kilogramos	Kilogramos de Mat. Pe treo Acumula tivo.	Kilogramos de Asfalto.
	(1)	(2)	(3)	(4)
Tolva 3	19.0	361.2	361.2	
Tolva 2	49.0	931.5	1,292.7	
Tolva 1	32.0	608.3	1,901.0	
Asfalto	----	99.0	----	99.0
T O T A L:	100.0	2,000.0	----	99.0

El primer paso que se sigue en la preparación de esta table consiste en determinar la cantidad de asfalto necesaria.

$$\text{En este caso } \frac{5.2 \times 2.000}{100 + 5.2} = 99 \text{ Kgs.}$$

5.2 % de asfalto.

100 porcentaje de material petreo.

2.000 Kilogramos empleados por pesada.

Esta cantidad se resta a continuación del peso total de la bacha o sea de 2.000 kilogramos para obtener los kilogramos de material petreo -

indicados en la columna No. 1.

Los porcentajes correspondientes incluidos en la columna No. 1 multiplicado por $\frac{1.901}{100}$ dan los pesos individuales a tomar en cada tolva. -- Al determinar los pesos, debe pesarse en primer lugar la tolva No. 3; -- despues debe añadirse la tolva 2 y finalmente la tolva 1 de forma que -- esto son los pesos que deben indicarse en la balanza. Cada uno de estos pesos sucesivos escritos en la columna 3 se marcan por medio de un indicador de forma que el operador pueda cerrar la tolva cuando la aguja alcanza cada punto de referencia. El asfalto se pesa en balanza a parte ya que las empleadas para el material petreo no son adecuadas para ello, -- por que en la pesada del asfalto es necesaria mayor precisión.

A continuación utilizando los pesos que se han obtenido según algunas bachas de prueba y se efectua el analisis granulométrico, si el material no esta dentro de los límites de la fórmula de dosificación en planta será preciso introducir una modificación para adaptarlo a aquellos.

Supongamos que en este caso ha ocurrido que la primera mezcla esta fuera de los límites de la fórmula de dosificación, en planta, según la tabla siguiente:

ABERTURA DE LA MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
3/4"	100.0
1/2"	92.4
3/8"	82.4
No. 4	62.5
No. 10	38.7
No. 40	20.8
No. 80	11.9
No. 200	5.4

Este analisis excede de los límites de dosificación en planta -- para la malla No. 10. El exámen nos indica que la cantidad tomada de la tolva 3 debe ser aproximadamente correcta, porque el material mayor de -

3/8 tendría que ser el 17 % y resulta el 17.6 %. El material comprendido entre la malla 3/8" y retenido en lamalla 10 debería ser 40 % y resulta el 43.7 % lo que indica que el análisis realizado no representaba adecuadamente a la tolva 2 y que hay demasiado material de esa tolva en la mezcla. También se observa que los porcentajes correspondientes a las mallas No. 4 y menores requieren más material, por lo que sería ventajoso añadir algún material fino, esto es aumentando el que procede de la tolva 1. Ahora bien, si con un 49 % proveniente de la tolva No. 2 obtuvimos un 43.7 % de partículas comprendidas entre 3/8" y malla No. 10 es fácil averiguar cuanto necesitaremos de la tolva "2" para dar el 40 % de material comprendido entre esos tamaños

$$49 - 43.7$$

$$X - 40 \quad X = \frac{40 \times 49}{43.7} = 45\%$$

o sea que disminuye un 4% de la tolva No. 2, mismo porcentaje que le aumentaremos al originalmente considerado en la tolva No. 1 de modo la nueva corrección será:

19% de la tolva No. 3

45% de la tolva No. 2

36% de la tolva No. 1

Cuando se emplean plantas de producción continua el procedimiento para el ajuste de la producción de la mezcla, sólo se diferencia del que acabamos de describir el que se considera como una bache una "vuelta de contravuel~~t~~a" incorporado a la planta, se representa la curva que relaciona los kilogramos por vuelta con la abertura de la compuerta por medio de datos obtenidos de una calibración de la planta realizada según instrucciones dadas por el manual de la misma.

Lo más frecuente es que al comenzar el funcionamiento normal de la planta la granulometría de la mezcla tome un aspecto algo distinto de lo

obtenido en las mezclas de prueba. Esto exige pequeños cambios en los pesos a dosificar de cada tolva en las plantas discontinuas, o a las aberturas de estas cuando se trata de plantas continuas. Estos cambios deben hacerse cuidadosamente y por pequeños incrementos; antes de cada cambio es necesario estar seguros de que se hace en la dirección correcta. Es conveniente tener varios análisis granulométricos para estar seguro de que la variación no se base en una muestra no representativa.

CALENTAMIENTO Y ALMACENAJE DEL CEMENTO ASFALTICO.

El calentamiento del cemento asfáltico debe realizarse empleando vapor o aceite caliente.

El calentador de aceite caliente controlado con termostato es el medio más moderno que conozco para el calentamiento del asfalto. Consiste en hacer pasar el aceite caliente através de un sistema de tubos o serpentinos en el interior del tanque de almacenaje. Se tiene la ventaja con este procedimiento que se puede mantener el asfalto a temperatura uniforme con un gasto de combustibles muy reducidos.

TEMPERATURA DE LA MEZCLA.

Para que la característica de los materiales no se alteren, las especificaciones fijan un límite superior de temperatura de la mezcla asfáltica de 150° C. aunque no sufriera ningún daño si se supera esta temperatura en 5° ó 10° C. no suele ser necesario producir mezclas a temperaturas superiores a 135° C.. La temperatura conveniente de la mezcla al salir de la planta debe fijarse tomando en cuenta la temperatura ambiente y la distancia donde se va a tender.

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION:

A.- La construcción de la sub-base o la base se indica cuando las terracerías o la sub-base según sea el caso, esten terminadas dentro de las tolerancias fijadas en las especificaciones.

B.- La descarga de los materiales que se utilicen en la construcción de sub-base o base deberá hacerse sobre la sub-razante o la sub-base, según

sea el caso, controlando que los volúmenes depositados por estación de 20 metros, estén en función de los de proyecto.

C.- El espesor de proyecto para cada capa de sub-raqueo base será - - determinado en el laboratorio pero no deberá ser inferior de 12 centíme-- tros compactos.

D.- El material petreo suelto se colocará en una orilla del camino, - en las curvas, en la parte exterior y deberá acamellonarse a la brevedad - posible.

E.- Deberán colocarse las señales necesarias de acuerdo con lo in-- - dicado en el manual de dispositivos para el control del tránsito, a efec-- to de anunciar debidamente la existencia de material sobre el camino. Así-- mismo, deberán colocarse sobre el camellón piedras encaladas a distancia - de 10 metros.

F.- Con objeto de evitar pérdidas de material y disminuir en lo posi-- ble las molestias de tránsito nunca deberá existir un camellón contínuo -- de más de cinco (5) kilómetros de material petreo, ni deberá transcurrir -- un lapso superior a quince (15) días entre el acamellonado y el tendido.

G.- Cuando se emplean dos (2) o más materiales, siempre deberá colo-- carse el ó los materiales de menor volúmen sobre el ó los de mayor volúmen, ya que es inevitable que haya una pequeña pérdida del material que se en-- cuentra abajo y es preferible que la misma corresponda al material de - -- mayor volúmen . Estos materiales deberan revolverse entre sí en seco, y -- acamellonarse nuevamente.

H.- Si se van a construir varias capas de sub-base o base, no deberá acamellonarse el volúmen total, si no únicamente el volúmen parcial de ca-- da capa y acarrear el siguiente cuando este tendida compactada la capa - - inferior.

I.- Cuando se emplean motoconformadoras para el mezclado se extendera

el material y se procedera a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad que haya sido fijada y hasta - obtener homogeneidad en la misma, evitando la clasificación del material.- A continuación se extenderán capas sucesivas de materiales sueltos cuyo - espesor no deberá ser mayor de quince (15) cm..

J.- Cuando se emplea otro equipo para el mezclado se deberá estudiar las características del mismo, para que se obtenga una mezcla homegenea - con el grado de humedad optimo.

K.- Cada capa se compactaráhasta alcanzar el grado mínimo especificado, sobre-uniendose las mismas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto.

L.- En las tangentes la compactación se hara desde las orillas hacia el centro; y en las curvas, desde la parte inferior de la curva hacia la parte exterior.

M.- Se tendrá cuidado de evitar que se produzca el defecto llamado - "encarpetamiento", que se origina por tener el material en varias etapas- y espesores pequeños, o por efectuar una compactación previa y despues al final quedando una capa superficial delgada, misma que fácilmente se desprende por la acción del tránsito, o por dar diferentes grados de humedad a capas continuas.

BASES ESTABILIZADAS .

La escasez de materiales petreos adecuados para construcción de sub-bases o bases, obliga algunas veces a utilizar los materiales disponibles que se encuentren a la obra, y que por si solos no reunen características físicas satisfactorias para dichos fines. En esos casos, mediante la -- adición de un producto estabilizante se logra disminuir su plasticidad y- aumentar su resistencia.

Los casos más frecuentes de estabilizaciones de acuerdo con el ti- po de estabilizante empleado, son los siguientes:

A).- Estabilización con asfalto. Es una solución muy empleada en el caso de construcción de bases en caminos en cooperación, ya que presenta las siguientes ventajas:

1.- Pueden emplearse materiales petreos cuya granulometría no sería adecuada para pases; ello es importante en algunas zonas del país por - - hacer utilizables bancos de material cercanos a la zona de trabajo.

2.- Provoca menos molestia a los usuarios en los casos de caminos - en que no es económico hacer desviaciones. Cuando se elabora una base no estabilizada con asfalto, se produce polvo, o lodo y además las interrupciones al tránsito son más prolongadas.

3.- Su espesor general, es menor que el requerido para base sin --- estabilizar, aproximadamente un treinta y tres por ciento (33%).

El disminuir el espesor y utilizar en consecuencia un volumen menor de material petreo es especialmente conveniente cuando se trata de materiales con un alto costo de extracción y/o tratamiento, o que requieren acarreo largo. Frecuentemente en estos casos, el abatimiento del -- costo del material petreo compensa el costo del producto asfáltico que -- requiere.

Sin embargo, no todas son ventajas, en el uso de bases estabi-- lizadas con asfalto, ya que con frecuencia se tiene dificultad para dispo-- ner oportunamente de las cantidades necesarias de productos asfálticos -- por problemas de adquisición, acarreo y almacenamiento. asimismo las --- grandes cantidades de productos asfálticos requeridos para las estabiliza-- ciones podrían limitar la construcción de carpeta, sobre carpetas y riegos de sello.

Por lo anterior, es indispensable estudiar con detalle las con-- diciones de bancos de materiales en la zona, así como el diseño de pavim-- mento en si, para poder escoger la mejor solución técnica y económica.

En cuanto a procedimiento de construcción las bases estabiliza-

das tienen el mismo que las carpetas, de acuerdo con lo indicado en la --
cláusula anterior, con las siguientes diferencias básicas:

1.- De preferencia el acabado superficial deberá tener textura abier-
ta, para que se logre una buena adherencia con la carpeta, especialmente-
si ésta es de riego.

2.- Una vez compacta, deberá tener un espesor no menor de ocho (8) -
cm.

3.- Cuando el espesor sea superior a doce (12) cm., deberá constru-
irse en dos o más capas, cuidando que el tamaño máximo del material pe-
treo no sea mayor del sesenta y seis por ciento (66%) del espesor de la -
capa que lo contiene.

B).- Estabilización con cemento. Pueden ser de dos tipos:

1.- Estabilización del tipo flexible, se logra empleando únicamente
la cantidad necesaria de cemento para neutralizar la arcilla por acciones
físico-químicas sin llegar a alcanzar la aglutinación suficiente para pro-
ducir una masa rígida. Aún cuando se utilizan porcentajes relativamente -
bajos de cemento, puede producirse una cierta rigidez en la capa compac-
tada, que es perjudicial cuando las deformaciones en la terracería ocasio-
nadas por cargas, producen en la capa estabilizada esfuerzos mayores que-
los que éste puede resistir. Esto puede dar lugar a la formación de fisu-
ras y grietas e inclusive a la desintegración de la capa estabilizada. --
Para evitar esta rigidez, es necesario que transcurra un período de tres-
(3) días entre la incorporación del cemento y el agua y la compactación-
del suelo estabilizado; durante este período, deberá removerse la mezcla-
dos (2) veces al día. Será conveniente ampliar dicho lapso, si por el ---
tiempo del cemento empleado o por alguna otra causa se observan contrac-
ciones elevadas en el camellón al finalizar el período de tres (3) días.

2.- Estabilización del tipo rígido. Difiere de la anterior en que --
el cemento no solamente neutraliza la actividad de la arcilla, sino que -

también proporciona al suelo una elevada resistencia que le permite, una vez compactado, trabajar en forma semejante al pavimento de concreto - - hidráulico. La cantidad de cemento que se utiliza es función de la finura granulométrica y plasticidad del suelo y varía generalmente entre seis (6) y catorce (14) por ciento del peso del suelo seco.

El procedimiento de construcción en una estabilización de tipo rígido es el mismo que el usado para bases no estabilizadas, hasta el momento en que se tiene el camellón de material petreo homogéneo en seco.

Una vez que se tiene el material seco homogéneo se abre el camellón en canal en forma de "V", se deposita en cemento en la parte interior de dicho canal, de acuerdo con la dosificación señalada por el laboratorio, y se procede a revolver ambos materiales en seco y a iniciar su mezclado por medio de motoconformadoras o de mezcladoras móviles. Tan pronto se logre una mezcla homogénea, se procederá a incorporarle agua hasta obtener la humedad óptima que recomiende el laboratorio.

A continuación se procederá a su tendido y compactación. Para ésta última, se usará un compactador neumático y posteriormente un rodillo metálico de 10 a 12 toneladas.

Debido a la cantidad elevada de cemento que se utiliza, se pueden -- producir grietas de construcción, que es necesario evitar o disminuir, -- protegiendo la capa compactada de la evaporación, curándola en forma similar a la acostumbrada para losas de concreto hidráulico. Para ese efecto puede colocarse una capa de arena o paja mojadas o cualquier otro mate- - rial que conserve la humedad durante el período de curado, o bien aplicar una película asfáltica, recomendándose específicamente para esto el uso de emulsiones.

Una vez terminado el curado de la base se deberá proceder a la brevedad posible a su impregnación y a la construcción de la carpeta; eliminando previamente la capa asfáltica si se usó emulsión para el curado.

C.- Estabilización con cal:

Se usa, fundamentalmente para abatir plasticidad en los suelos que la tienen en exceso. Los resultados obtenidos varían mucho con las características del suelo y de la cal, tanto en el momento de elaborar la mezcla como con el transcurso del tiempo.

Aún cuando en general, los resultados que se obtienen son satisfactorios, se han presentado casos en los que la plasticidad de los suelos prácticamente no sufre reducción al añadirles la cal, o bien acusa un aumento con el tiempo y en ocasiones llega a tener el valor original de plasticidad. Por ello, es necesario antes de hacer la estabilización, el efectuar investigaciones preliminares con los materiales que vayan a usarse, las que requieren normalmente un lapso de varios meses. Dichos estudios deberán definir el porcentaje óptimo de cal y el procedimiento de construcción a seguir, en caso de que su resultado sea satisfactorio el procedimiento de construcción, en general, es el mismo que en el caso de bases sin estabilizar, pero debe tenerse la precaución de tender el material inmediatamente después de terminado el mezclado.

Dado que la manipulación de la cal es siempre arriesgada y puede producir irritación en la piel, vías respiratorias y ojos, el personal deberá llevar guantes y anteojos de seguridad y si se levanta polvo de cal, caretas protectoras.

Las bases de mezclas estabilizadas con cal presentan muy poca resistencia al desgaste superficial, por lo que deberán impregnarse y protegerse con carpeta, a la brevedad posible.

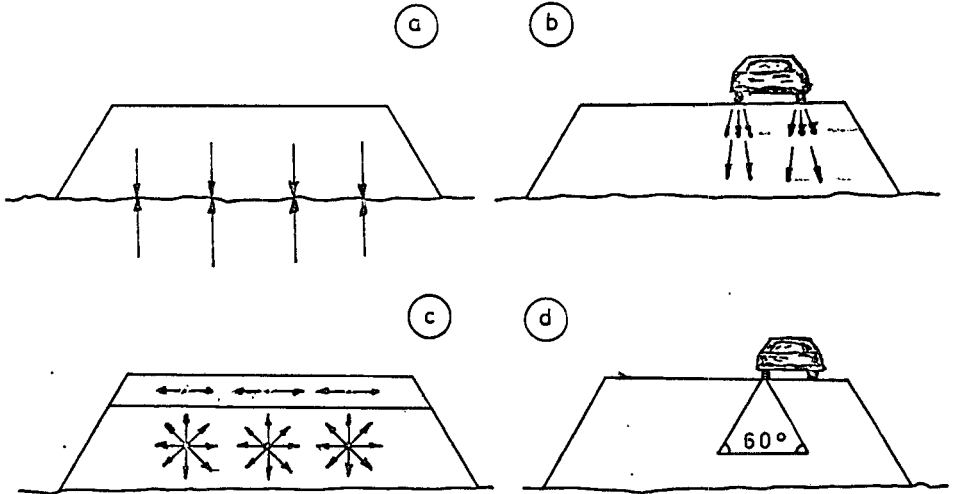
C A P I T U L O V.

COMPORTAMIENTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

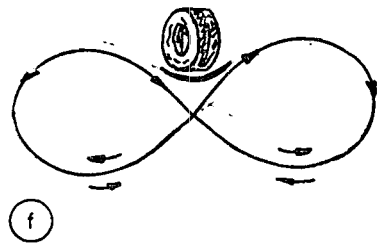
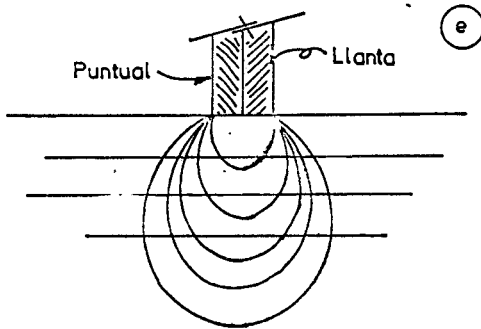
Los esfuerzos originados por la estructura del camino son de varios tipos los principales son:

- 1.- Los esfuerzos que transmite la estructura al terreno de cimentación como lo indicó en la figura (a)
- 2.- Los esfuerzos que transmite el tránsito al camino como lo indico en las figuras (b,d,e, y f.)
- 3.- Los cambios originados dentro de la estructura misma originados por el intemperismo, cambios de humedad y/o drenaje insuficiente. Como la figura (c).

Para contrarrestar los esfuerzos que transmite el tránsito -- a la estructura, ésta no tiene más que las propiedades de los suelos con que se forma y queda al estudio técnico obtener las mayores ventajas una vez conocidos los problemas y la bondad del material de -- que dispone para contrarrestarlos.



Bulbo de Presión Bajo una Carga



Esfuerzos en la Estructura del Camino

Varias personas se han dedicado al estudio e investigación de estos problemas tales como Boussinesq, Westergaard, Terzaghi y Francis R. Haveen que nos han legado teorías y métodos para el diseño de pavimentos. Vale la pena hacer incapié que cada camino es un caso especial que se debe resolver teniendo muy en cuenta la economía, procurando satisfacer los requisitos de estabilidad, durabilidad y seguridad.

DISEÑO DE PAVIMENTOS

Para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente elaboradas en planta estacionaria es necesario hacer pruebas de estabilidad utilizando al efecto cualquiera de los métodos que se mencionan a continuación:

- 1.- El método de Marshall.
- 2.- El método de Hubbard-Field.
- 3.- El método de Hvemn/
- 4.- El método Triaxial de Smith.

MÉTODO DE MARSHALL

Por ser este el método que utiliza la Secretaría de Obras Públicas, para el diseño de mezclas asfálticas en caliente, es sobre el cual hablaré a continuación.

El método de Marshall está limitado al proyecto y control de elaboración de mezclas asfálticas hechas en planta en caliente y utilizando cemento asfáltico.

Como esta prueba se determinan los valores de estabilidad y flujo en especímenes cilíndricos compactados axialmente por un sistema determinado y probados a 60°C. El valor de estabilidad se determina midiendo la carga necesaria para producir la falla del espécimen aplicado en sentido normal a su eje. La deformación vertical producida en el espécimen por dicha carga, es el valor del flujo. El valor de estabilidad expresa la resistencia estructural de la mezcla compactada y está afectada principalmente por el contenido de asfalto, la composición granulométrica y tipo de agregado. Principalmente el valor de estabilidad es un índice de la calidad de agregado.

El valor del flujo representa la deformación requerida en el sentido del diámetro del espécimen para producir su fractura. Este valor es una indicación de la tendencia para alcanzar una condición plástica y consecuente de la resistencia que ofrecerá la carpeta a deformarse bajo la acción de las cargas que por ella transiten.

Para determinar el contenido óptimo de asfalto correspondiente a una mezcla, por este método, es necesario además de determinar el peso volumétrico del espécimen ya compactado de acuerdo con el procedimiento indicado en el capítulo 112-12.2 de las especificaciones generales de la S.O.P. el porcentaje de varios determinado de acuerdo con lo indicado en el capítulo 112-2 y el porcentaje de varios ocupados por asfalto de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$V_o. = \text{VOLUMEN DE ASFALTO} \times 100$$

Volumen total de huecos.

Para el efecto, se prepara una serie de probetas con diferentes contenidos de asfalto. Los ensayos han de realizarse sobre la base de adicionarle el material pétreo una cantidad de cemento asfáltico mayor de 0.5% al 2% del contenido mínimo de asfalto determinado por medio de fórmulas empíricas de acuerdo con el párrafo 112-4 de las especificaciones de la S.O.P.

Por cada cantidad de asfalto se elaboran tres probetas y con los valores obtenidos se dibujan las siguientes gráficas:

Peso volumétrico - contenido de asfalto.

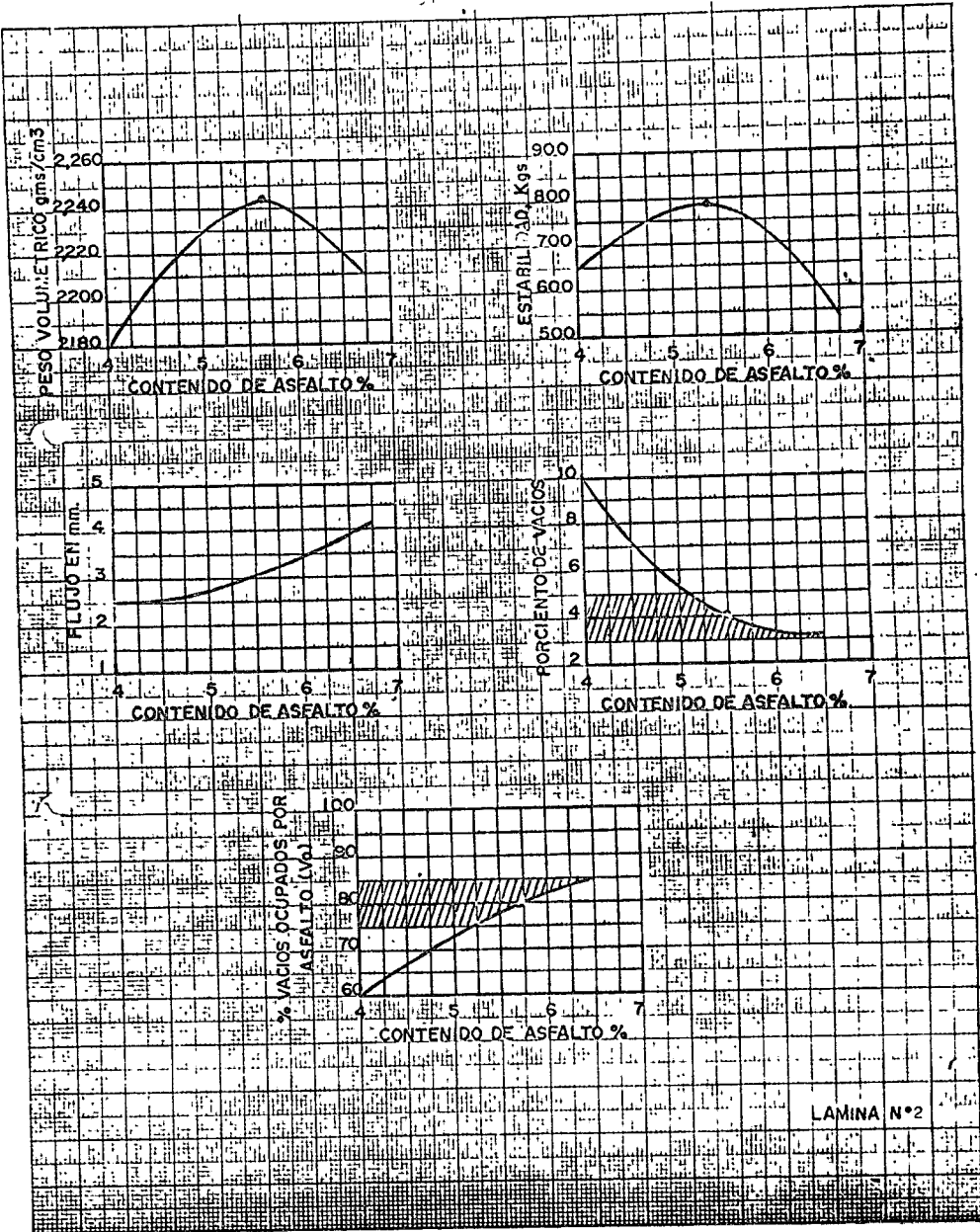
Estabilidad - contenido de asfalto.

Flujo - contenido de asfalto.

% de vacíos - contenido de asfalto.

Vacíos ocupados por el asfalto - contenido de asfalto.

En la lámina No.2 se puede observar la forma de estas gráficas.



LAMINA N°2

C O N C E P T O S	INCISO DE PRUEBA.	No. 3	GRADO DE CEMENTO ASFALTICO		
			No. 6	No. 7	No. 8
Punto de ignición (Copa abierta de clevelan) °C	110-3	220 min.	230 min.	240 min.	260 min.
Penetración, grados	111-6	180-200	80-100	60-70	40-50
Punto de fusión °C	111-12	37-45	45-52	48-56	52-60
Ductilidad	111-9	100 min.	100 min.	100 min.	100 min.
Solubilidad en CCl4 %	111-10	99.5 min.	99.5 min.	99.5 min.	99.5 min.
Pérdida por calentamiento %	111-19	1.0 max.	1.0 max.	0.5 max.	0.5 max.

Me refiero al libro primero de la parte novena de las Especificaciones Generales de Construcción.

Tendencias y relaciones de los resultados de ensayos. Se ha encontrado que las curvas que representan las propiedades de las mezclas asfálticas son en general bastante semejantes unas a otras ---- Las características que se estudian normalmente son las siguientes:

- a.- La estabilidad crece con el contenido de asfalto hasta un máximo después del cual disminuye.
- b.- El flujo aumenta con el contenido de asfalto creciente.
- c.- La curva correspondiente al peso volumétrico de la mezcla análoga a la curva de estabilidad salvo que en general el contenido de asfalto correspondiente al peso volumétrico máximo es ligeramente superior al correspondiente a la estabilidad máxima.
- d.- El porcentaje de vacíos en la mezcla disminuye con contenidos crecientes de asfalto, aproximándose finalmente a un mínimo.
- e.- El porcentaje de vacíos llenos por el asfalto aumenta con contenidos crecientes de asfalto, aproximándose finalmente a un máximo.

DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO.

El contenido óptimo de asfalto de la mezcla se determina a partir de los datos obtenidos conforme quedó asentado anteriormente. Para realizar esta determinación se toma el promedio de los contenidos de asfalto correspondientes: Al máximo peso volumétrico, a la máxima estabilidad, al valor medio de los límites fijados por el porcentaje de vacíos y el valor medio de los límites fijados por el porcentaje de vacíos ocupados por el asfalto. El promedio así obtenido es el contenido óptimo de asfalto y como último requisito, debe corresponder a un flujo menor del límite máximo fijado para caso. Si -

esto no sucede repetirse los ensayos. La mezcla asfáltica elaborada con el contenido óptimo de asfalto debe reunir los requisitos que se expresan en la tabla No. 6

En la práctica se ha observado que este contenido óptimo es del orden del 6%, respecto a el peso de los materiales pétreos. Mayores porcentajes deben conducir a un estudio y análisis cuidadoso del diseño de la mezcla antes de su aceptación definitiva.

SELECCION DEL PROYECTO

Por lo general el proyecto seleccionado es el más económico entre los que cumplan satisfactoriamente todas las especificaciones dadas. Normalmente se elige la mezcla de mayor estabilidad.

De ordinario son poco deseables las mezclas con valores de estabilidad Marshall demasiado altos y valores de flujo anormalmente bajos, porque los pavimentos construídos con ellas tienden a hacer rígidos o quebradizos y pueden agrietarse bajo los efectos de las descargas pesadas. Esto se agrava cuando las deformaciones de las capas inferiores de sub-base, base y terracerías son de tal magnitud que permiten deformaciones moderadas o relativamente altas en la car peta.

En casos extremos en la elaboración de las mezclas asfálticas en caliente podría permitirse una tolerancia de 1% de vacíos y 5% de vacíos ocupados por el asfalto sobre los valores expresados en la tabla No. 6 pero en ningún caso debe excederse el valor permisible de flujo ni admitirse valores de estabilidad inferiores a los in dicados.

TIPO DE MEZCLA	PRESION DE CONTACTO DE LAS LLANTAS		
	7 Kg/cm ² .	14 Kg/min.	
Estabilidad	225 Kgs/cm ² .	450 Kgs/min.	
Flujo	4 mm. max.	5 mm. max.	
Por ciento de vacíos....	Con agregado de tamaño máximo de 19.05 mm. (3/4")	3-5	3-5
	Con agregados de tamaño máximo - de 6.35 mm. (1/4")	5-7	6-8
Por ciento de huecos ocupa dos por asfalto.....	Con agregados de tamaño máximo - de 19.05 mm. (3/4")	75-85	75-82
	Con agregados de tamaño máximo de 6.35 mm. (1/4")	65-75	65-72

Se ha observado en la práctica que elaborando las mezclas con contenidos, cemento asfáltico en una cantidad menor en 0.5% - al 10% al óptimo determinado con la prueba de Marshall, se obtienen resultados que satisfacen las especificaciones.

C A P I T U L O VI

PROYECTO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS

El proyecto de los pavimentos flexibles consiste en determinar las proporciones de la mezcla asfáltica y en el proyecto de un sistema de capas materiales que transmiten las cargas de las ruedas a la sub-rasante.

Existen varios métodos para la determinación del espesor del pavimento, estos métodos se basan en:

- 1.- Proyectos teóricos
- 2.- Procedimientos empíricos
- 3.- Propiedades del suelo.

1.- Los métodos teóricos se basan con frecuencia en la teoría de Boussines para determinar los esfuerzos bajo una carga concentrada en una masa infinita, homogénea e isótropa, como son:

- A.- El método de resistencia al esfuerzo cortante.
- B.- El método de Golder.
- C.- El método del Departamento de carreteras de Kansas.
- D.- El método de V. R. Smith
- E.- El método de Burmister, etc.

2.- Los procedimientos empíricos se basan en múltiples pruebas de laboratorio y la observación de su comportamiento en el campo, - como son:

- A2.- El método del cono de Dakota del Norte.
- B2.- El método de la Marina de los Estados Unidos y del Comité de pavimentos flexibles.
- C2.- El método del Ministerio del transporte Canadiense

D2.- El método de California Bearing Ratio (C.B.R.)

E2.- El método del valor Relativo de Soporte (V.R.S.) que es una modificación del C.B.R. Este es del que haré mención por ser el más utilizado por la S.O.P.

3.- Los métodos que se basan en las propiedades del suelo en que se va apoyar el pavimento son:

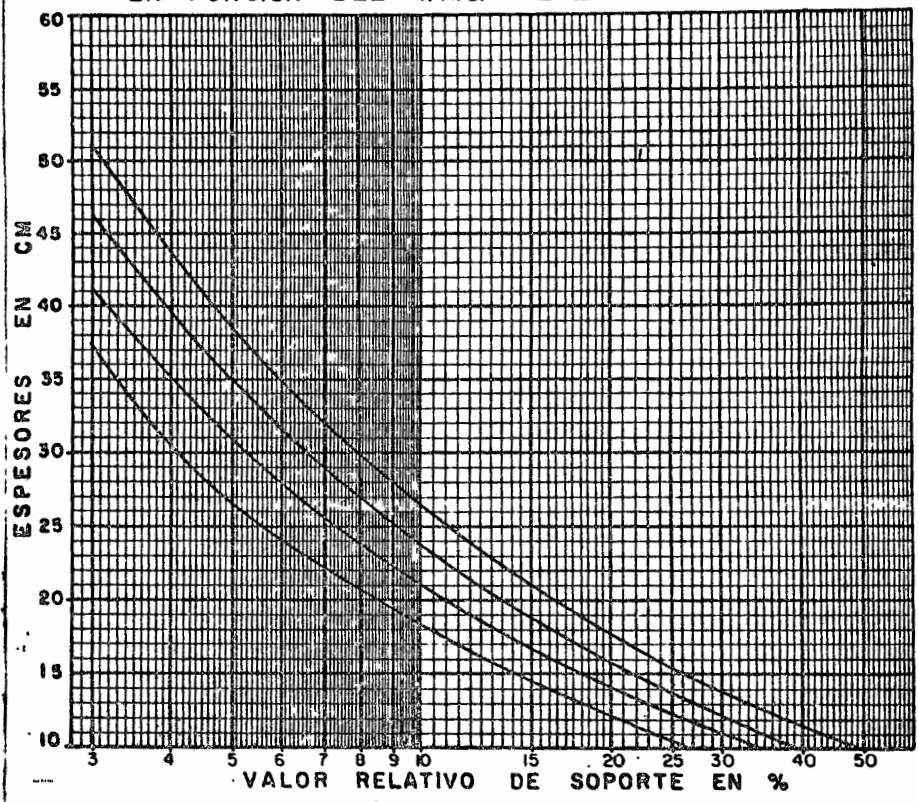
A3.- Método del índice de grupo (es considerado en esta tesis).

B3.- Método de la Civil Aeronáutica Administración de los EE.UU.

E3.- Cálculo de espesores por método del (Valor Relativo) de soporte (V.R.S.)

Al material actual de la capa subrasante de le hace estudio completo comúnmente llanado estudio de terracerías. Entre las pruebas ejecutadas está la Standard de Porter y con el dato obtenido se entra a una gráfica para determinar el espesor necesario de pavimento de acuerdo con la intensidad probable del tránsito que valla a tener el camino. (La Clase de material de la subrasante determinada el espesor del Pavimento.)

GRAFICA PARA EL CALCULO DE ESPESOR MINIMO DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA CAMINOS EN FUNCION DEL V.R.S. DE LA SUBRASANTE



INTENSIDAD DE TRANSITO DE VEHICULOS CON CAPACIDAD DE CARGA IGUAL O SUPERIOR A 3 TONELADAS METRICAS CONSIDERADO EN UN SOLO SENTIDO	CURVA APLICABLE PARA PROYECTO DE ESPESORES	TIPO RECOMENDABLE DE CARPETA ASFALTICA
MAYOR DE 1000 VEHICULOS AL DIA	A	MEZCLA EN PLANTA
De 600 a 1000 " " "	B	MEZCLA EN EL LUGAR A MEZCLA EN PLANTA
De 200 a 600 " " "	C	TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE O MEZCLA EN EL LUGAR
MENOR De 200 " " "	D	TRATAMIENTO SUPERFICIAL; SIMPLE O DOBLE.

PRUEBA STANDARD DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE. (PRUEBA DE PORTER)

OBJETO DE LA PRUEBA

El objeto de esta prueba es determinar la calidad de los suelos en cuanto al valor de soporte se refiere, midiendo la resistencia a la penetración del suelo compacto y sujeto a un determinado período de saturación.

Equipo de Prueba.

Un molde cilíndrico de compactación de 15.75 cm. (6.2") de diámetro interior y 20.32 cm. (8") de altura, provisto de una base con dispositivo para sujetar el molde.

Una máquina de compresión, con la capacidad mínima de 30 toneladas- y aproximación en las lecturas de más o menos 10 kg. para cargas bajas.

Una varilla metálica de 1.9 de diámetro y 30 cm. de longitud, con punta de bala, para picado del material en el molde.

Una placa circular para compactar con 15.50 cm. de diámetro con un vástago desplazable colocado en el centro, sobre el cual apoyará el pie del extensómetro.

Un tanque de láminas o mampostería, de 30 cm. de altura. Dos placas de carga, con un diámetro ligeramente menor que el del interior del cilindro, con un orificio central de 5.2 cm. de diámetro y un peso total de 6 Kgs.

Un cilindro para la prueba de penetración, con una sección de 19.35 cm² (3"²), que pueda sujetarse a la cabeza de carga de la máquina.

Un extensómetro de carátula, graduado en milésimos de pulgada, con carrera de una pulgada, con un soporte adecuado para fijarse en la cabeza de aplicación de carga.

Una malla No.4

Una malla de 1"

Una balanza de 10 Kg. mínimo, con sensibilidad de 1 gr.

Una balanza con sensibilidad de 0.1 gr.

Cápsulas para determinación de humedad.

Un horno con temperatura controlable, entre 100 y 110°C

Charolas de lámina galvanizada

Una probeta graduada de 1000 cc

Una probeta graduada de 500 cc

Foijas de papel filtro, de 15.57 cm. de diámetro.

- 61 -
Preparación de la muestra.

La muestra, para efectuar esta prueba, deberá haber sido seca disgregada y cuarteada, como ya se indicó. Cuando se haga la disgregación de los grumos, se tamiza la muestra por la malla de 1" Si la muestra original contiene menos de 15% en peso de material que se retiene en la malla. Cuando el retenido en la malla de 1" exceda del 15% será necesario substituir este retenido por una cantidad igual en peso de material petreo que pase la malla de 1" y se retenga en # 4 el cual deberá tomarse de otra muestra del mismo material.

La cantidad necesaria de muestra para la prueba no deberá ser menor de 16 Kg. de los cuales se tomarán, por cuarteo, porciones de 4 Kg. para cada determinación.

Procedimiento de prueba.

La prueba consiste en medir la resistencia a la penetración de un especimen compactado a la humedad óptima de Pórtier, con una carga unitaria de 140.6 Kg./cm² aplicada con la máquina de compresión, después de haber sido saturado en agua hasta lograr su máxima expansión.

Los pasos necesarios para verificar la prueba se detallan a continuación, en su orden respectivo:

- a) Obtención de la humedad óptima de Pórtier por compactación de varios especímenes con la carga unitaria de 140.6 Kg./cm², a diversas humedades.
- b) Saturación del especimen compactado a humedad óptima, hasta que alcance su máxima expansión.
- c) Determinación de la expansión sufrida durante la saturación.
- d) Determinación de las resistencias a la penetración.

a) Obtención de la humedad óptima y del peso volumétrico seco máximo.

La humedad óptima de Pórtier es la humedad mínima requerida por el suelo para alcanzar su peso volumétrico seco máximo cuando es compactado con la carga unitaria anteriormente indicada.

Para obtener el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima se sigue este procedimiento:

Se incorpora cierta cantidad de agua, cuyo volumen se anota, a los 4 Kg. de material preparado y, una vez lograda la distribución homogénea de la humedad, se coloca en tres capas dentro del molde de prueba y a cada una de ellas se le dan 25 golpes con la varilla metálica. Al terminar la colocación de la última capa, se compacta el material aplicando cargas uniformes y lentamente, de modo de alcanzar la presión de 140.6 Kg./cm² en un tiempo de 5 minutos, la que debe mantenerse durante un minuto, e inmediatamente hacer la descarga en otro minuto.

Si al llegar a la carga máxima, no se humedece la base del molde, la humedad del especimen es inferior a la óptima.

Se determina la altura del especimen restado la altura entre -

la cara superior del espécimen y el borde del molde, de la altura total del molde.

Se conserva el material dentro del molde, mientras no se haya definido cual es el espécimen que se encuentra en la humedad óptima o muy cercano a ella.

A otra porción de 4 Kg. de material se le adiciona una cantidad de agua igual a la del espécimen anterior más 80 cc (2%) y se repite el proceso descrito. Si, al aplicar la carga máxímase observa que se humedece la base del molde por haberse iniciado la expulsión de agua, el material se encuentra con una humedad ligeramente mayor que la óptima de Porter. En este caso, el primer espécimen será al que deba ponerse a saturar en agua para después verificar la prueba de penetración.

En caso contrario, es decir, si no se humedeció la base del molde, deberá repetirse todo el proceso indicado, adicionado a una nueva muestra una cantidad de agua igual a la del primer espécimen más 160 cc (4%).

El proceso deberá repetirse al número de veces necesario para lograr, con incrementos de 80 cc (2%) de agua, que se humedezca la base del molde. Cuando esto se logre, se seleccionará, para saturarlo y verificar la prueba de penetración, el espécimen inmediato anterior a aquel en donde se inició la expulsión de agua.

b) Saturación del espécimen.

Al espécimen seleccionado se le colocan una ó dos hojas de papel filtro en la cara superior, la placa perforada, las placas de carga y se introduce en el tanque de saturación. Sobre los bordes del molde se coloca el tñpié con extensómetro, ajustándose a cero o anotándose la lectura inicial del mismo. Se mantiene el espécimen dentro del agua y se hacen lecturas diarias del extensómetro. Cuando se observe que cesa la expansión, deberá anotarse la lectura final de extensómetro y sacar del tanque el molde con el espécimen para sujetar éste a la prueba de penetración.

El período de saturación varía, por lo general, entre 3 y 5 días.

c) Determinación de la expansión.

La diferencia de lecturas final e inicial del extensómetro -- expresado en mm. se divide entre la altura en mm. del espécimen antes de sujetarlo a la saturación y este cociente, multiplicado por 100 expresa el valor de la expansión (Tabla 7)

d) Determinación de las resistencias a la penetración.

Al molde con el espécimen, que fue retirado del tanque de saturación, se le quitarán el tñpié y el extensómetro, y con todo -- cuidado, se acostará sin quitar las placas, dejándolo en esta posición durante tres minutos, para que ocurra el agua.

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO SOPORTE Y LA EXPANSION

Prueba Porter Standard

Camino Peña Blanca-Peña Miller Km 56+100-57+100 Operador F. Muñoz Fecha 15-IX-67

PESO VOLUMETRICO MAXIMO

Ensaye número	2584	2585	2586	2590	2592
	1	3	4	5	6
Molde número	18.90	19.15	20.30	20.45	20.30
Altura del molde, cm	9.83	10.13	11.27	11.26	11.22
Lectura al espécimen, cm	9.07	9.02	9.03	9.19	9.08
Altura del espécimen, cm	195	195	194	193	194
Area del espécimen, cm ²	1770	1760	1750	1780	1760
Volumen del espécimen, lit.	4000	—	—	—	—
Peso del material húmedo, gr	2260	2270	2280	2250	2270
Peso volumétrico húmedo, kg/m ³	12.8	13.4	13.0	135	132
Humedad, %	2000	2000	2050	1980	2000
Peso volumétrico seco, kg/m ³					

DETERMINACION DE LA HUMEDAD

Peso del material húmedo Ww	200.0	—	—	—	—
Peso del material seco Ws	177.4	176.3	179.7	176.2	176.6
Peso del agua Wa	22.6	23.7	20.3	23.8	23.4

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO SOPORTE

1a lectura 1.27 mm (0.05") kg.	150	200	150	200	150
2a .. 2.54 (0.10") ..	200	250	225	200	220
3a .. 3.81 (0.15") ..	275	350	300	225	350
4a .. 5.08 (0.20") ..	300	400	375	250	400
5a .. 7.62 (0.30") ..	350	450	425	275	475
6a .. 10.16 (0.40") ..	425	500	500	300	550
7a .. 12.70 (0.50") ..	500	525	550	325	600
Valor relativo soporte, %	14.9	17.6	16.6	14.9	20.2

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Lectura del extensómetro, ..	100	064	093	100	092
Lectura del extensómetro, cm	254	162	236	254	234
Altura del espécimen, cm	9.07	9.02	9.03	9.19	9.08
Expansión, %	2.8	1.8	2.6	2.8	2.6

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO SOPORTE								
1a. lectura	1.27	mm (0.05")	Kg.	150	200	150	200	1
2a. "	2.54	(0.10")	"	200	250	225	200	2
3a. "	3.81	(0.15")	"	275	350	300	225	3
4a. "	5.08	(0.20")	"	300	400	375	250	4
5a. "	7.62	(0.30")	"	350	450	425	275	5
6a. "	10.16	(0.40")	"	425	500	500	300	6
7a. "	12.70	(0.50")	"	500	525	550	325	7
Valor relativo soporte, %				14.9	17.6	16.6	14.9	

DETERMINACION DE LA EXPANSION						
Lectura del extensómetro		.100	.064	.093	.100	
Lectura del extensómetro, cm.		.254	.162	.236	.254	
Altura del espécimen, cm.		9.07	9.02	9.03	9.19	9
Expansión %		2.8	1.8	2.6	2.8	2

Se llevarán a la prensa, se retiran las placas y el papel filtro; se colocarán nuevamente las dos placas de carga, con suavidad.

El pistón para la prueba de penetración debe pasar a través de los orificios de las placas hasta tocar la superficie de la muestra, se aplica una carga inicial que no sea mayor de 10 Kg. e inmediatamente después, sin retirar la carga, se ajusta a cero el extensómetro de la carátula para registrar el desplazamiento vertical del pistón. Se procede a la aplicación lenta de cargas continuas con pequeños incrementos y se anotan las cargas correspondientes a cada una de las siete penetraciones indicadas en el cuadro siguiente :

Penetraciones

		Cargas registradas en Kg.
En mm.	En pulg.	
1a. 1.27	0.05	
2a. 2.54	0.10	
3a. 3.81	0.15	
4a. 5.08	0.20	
5a. 7.62	0.25	
6a. 10.16	0.40	
7a. 12.70	0.50	

Cálculo del valor relativo de soporte.

La carga registrada para la penetración de 2.54 mm. (0.1") se debe expresar como un porcentaje de la carga standard de 1360 Kg. y si la prueba estuvo bien ejecutada, el porcentaje así obtenido es el valor relativo de soporte correspondiente a la muestra ensayada.

Con el fin de saber si la prueba estuvo bien ejecutada, se dibuja la curva carga-penetración, anotando en las abscisas las penetraciones y en las ordenadas de las cargas registradas para cada una de dichas penetraciones (Graf. 4) Si esta curva es defectuosa, como en la mostrada en la gráfica 5 es debido, probablemente que la carga inicial para empezar la prueba fue mayor de los 10 Kg. especificados al comienzo de este inciso. En este caso, deberá repetirse la prueba.

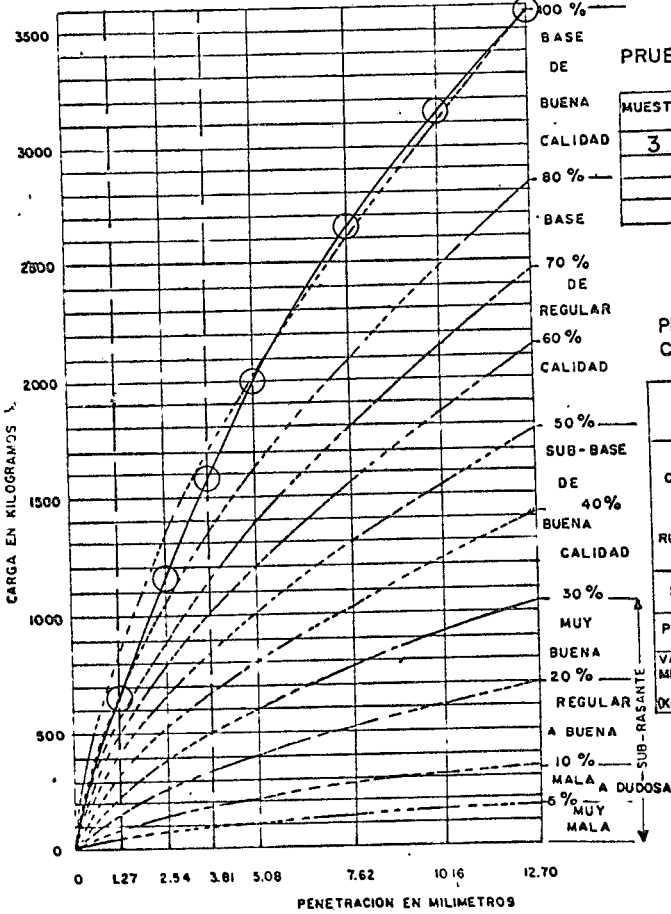
Si la curva de resistencias presenta en su iniciación una concavidad hacia arriba, deberá hacerse la siguiente corrección:

Dibújese una tangente a la curva en el punto de máxima pendiente (punto A), hasta cortar el eje de las abscisas en el punto B, que se tomará como nuevo origen. Márquense los puntos C D y E, que se tomarán como las penetraciones de 2.54, 5.08 y 7.62 mm. respectivamente;

Por lo tanto, las ordenadas C'C, D'D y E'E, representarán las cargas corregidas para dichas penetraciones. El valor relativo de soporte — de la muestra será el calculado con el valor de la ordenada C'C, expresado como porcentaje de la carga standart de 1360 Kgs. (Graf. 6).

MUESTRA No. _____ OPERADOR _____ FECHA _____

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



PRUEBA DE HINCHAMIENTO

MUESTRA	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	HINCHAMIENTO
3	9.61	9.61	0.0

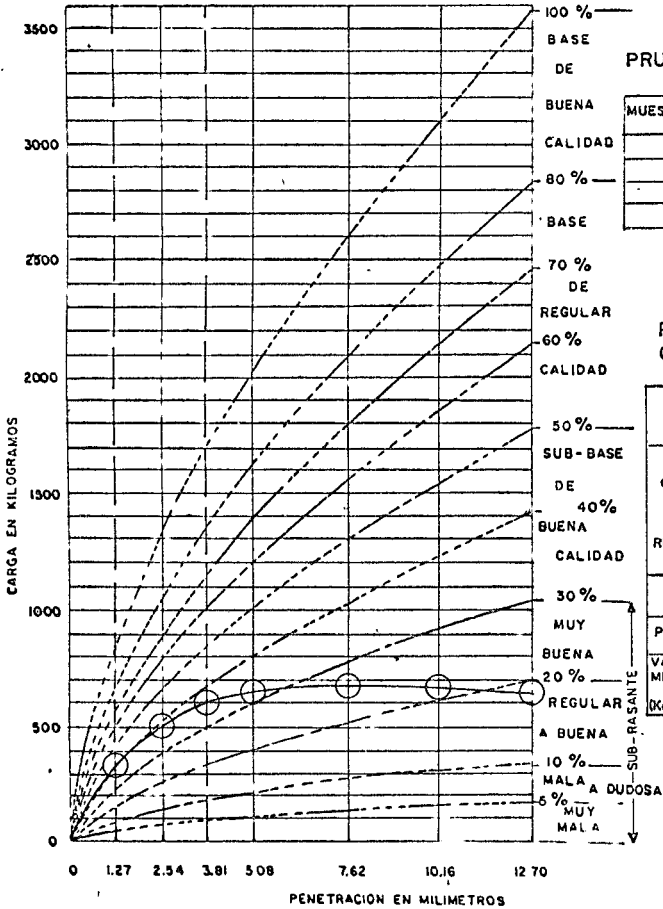
PRUEBA DE VALOR CEMENTANTE

		MUESTRA No.		
		3		
CARGAS DE RUPTURA	800			
	860			
	960			
SUMA	2620			
PROMEDIO	873			
VALOR CEMENTANTE (Kgs/cm ²)	17.3			

OBSERVACIONES BASE DE BUENA CALIDAD, 88 % VRS.

MUESTRA No. _____ OPERADOR _____ FECHA _____

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



PRUEBA DE HINCHAMIENTO

MUESTRA	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	HINCHAMIENTO

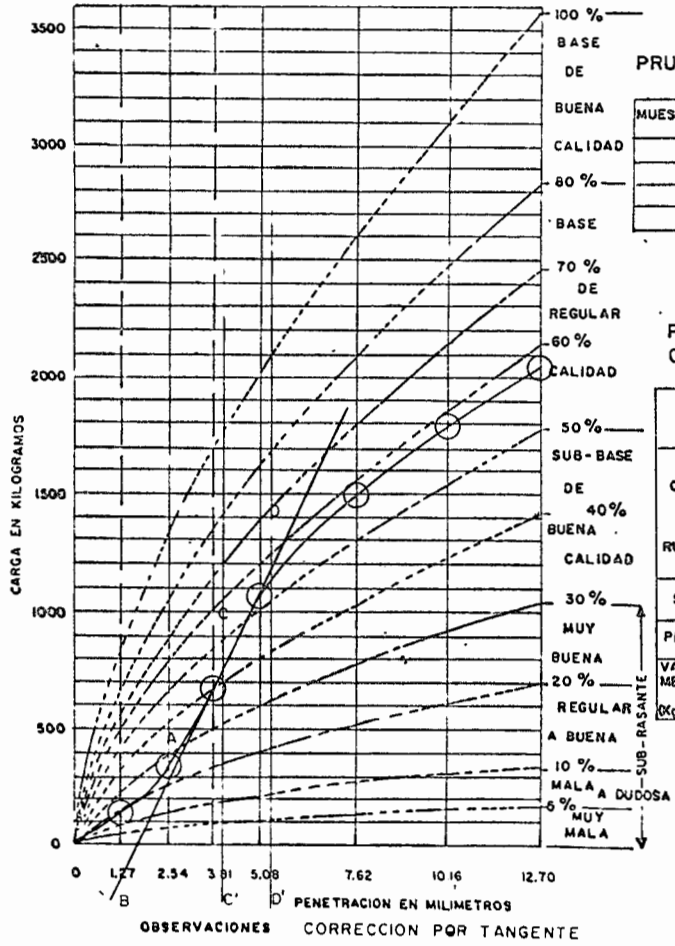
PRUEBA DE VALOR CEMENTANTE

	MUESTRA No.		
	CARGAS DE RUPTURA		
SUMA			
PROMEDIO			
VALOR CF. CEMENTANTE (Kgs./cm.2)			

OBSERVACIONES: REPITASE () No. F

MUESTRA No. _____ OPERADOR _____ FECHA _____

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



PRUEBA DE HINCHAMIENTO

MUESTRA	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	HINCHAMIENTO

PRUEBA DE VALOR CEMENTANTE

	MUESTRA No.	
	CARGAS DE RUPTURA	
SUMA		
PROMEDIO VALOR CEMENTANTE (Kgs./cm ²)		

Clasificación del material con lo que respecta a su valor relativo de soporte.

Con el resultado obtenido en esta prueba, se clasifica el suelo usando la siguiente tabla, que indica el empleo que pueda dársele al material por lo que a valor relativo de soporte se refiere :

Zona	Valor relativo de soporte.	Clasificación
1	0 - 5	Subrasante muy mala
2	5 - 10	Subrasante mala
3	10 - 20	Subrasante regular a buena
4	20 - 30	Subrasante muy buena
5	30 - 50	Sub-base buena
6	50 - 80	Base buena
7	80 - 100	Base muy buena

H. MODIFICACIONES A LA PRUEBA STANDARD DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE

Objeto de las pruebas.

Las pruebas que se describirán posteriormente tienen por objeto hacer la determinación del valor relativo de soporte de un material para calcular el espesor mínimo de la capa a capas que deberán colocarse encima del material estudiado (suelo natural, terracería o sub base), a fin de que las cargas vivas que se apliquen no produzcan esfuerzos que puedan ocasionar deformaciones permanentes perjudiciales.

Estas pruebas deberán verificarse siempre en condiciones de humedad cercanas a las más desfavorables que pudiera alcanzar el material para una compactación dada.

Elección de la prueba.

Se da a continuación una descripción somera del campo de aplicación de cada una de las pruebas, enumerándose los diferentes requisitos que deberán satisfacerse simultáneamente para que pueda ejecutarse la prueba de que se trate.

Prueba modificada de valor relativo de soporte para diferentes grados de compactación.

Se refiere esencialmente a una prueba de proyecto, es decir, -- que los resultados obtenidos con ella al hacer la prueba en el material proveniente de cortes, préstamos a bancos deberán ser verificados posteriormente en el camino ya construido, a fin de comprobar dichos resultados, o bien, en caso de discrepancia, hacer las modificaciones precedentes, de acuerdo con los nuevos datos obtenidos. Tiene aplicación también esta prueba al caso de caminos ya construidos -- cuando se considere que los suelos que los forman son capaces de adquirir mayor humedad que pueda originar una disminución apreciable -- del valor relativo de soporte.

Se presentan cuatro casos principales:

1).- Suelos cuya estructura vaya a ser alterada por compactación o remoción, que además permitan la incorporación uniforme del agua y la manipulación en el laboratorio.

Si el camino está localizado en una región de precipitación pluvial baja o media, y su drenaje es correcto, se verificará la variante 1 de la prueba, a diversas compactaciones y manteniendo constante la humedad de prueba, que será igual a la humedad óptima de compactación.

2).- Suelos cuya estructura vaya a ser alterada por compactación o remoción, que además permitan la incorporación y distribución uniforme del agua y la manipulación en el laboratorio.

Si el camino atraviesa una región de precipitación media y está mal drenado, o bien se encuentra localizado en una región de alta -- precipitación pluvial, la prueba se efectuará a diversas compactaciones aumentando la humedad de prueba desde la humedad óptima (w_o) hasta la humedad igual a w_o+3 , como se especifica en la tabla 1 de la prueba modificada, variante 2.

3).- Suelos cuya estructura nó va a ser alterada por compactación ni remoción, que permitan su manipulación en el laboratorio y la incorporación uniforme del agua, cuando se considere que son capaces de adquirir mayor humedad que ocasione una disminución apreciable de su resistencia a las cargas que le son transmitidas por las capas superiores.

Si el camino está localizado en una región de precipitación baja o media, con buen drenaje, la prueba deberá efectuarse al peso volumétrico seco del lugar y con la humedad óptima de compactación -- (variante 1).

4).- Suelos cuya estructura nó va a ser alterada por compactación ni remoción, que permitan su manipulación en el laboratorio y la incorporación uniforme del agua, cuando se considere que son capaces de adquirir mayor humedad que ocasione una disminución apreciable de su resistencia a las cargas que le son transmitidas por las capas superiores.

Si el camino se encuentra en regiones de alta precipitación, o está mal drenado, la prueba se hará al peso volumétrico seco del lugar y con la humedad que le corresponda al grado de compactación alcanzado, de acuerdo con la tabla mencionada (variante 2). Esta humedad de prueba está comprendida entre la humedad óptima w_o y la humedad w_o+3 .

Prueba modificada de valor relativo de soporte a humedad constante y variando el peso volumétrico.

La prueba está limitada únicamente al caso de los suelos que van a ser empleados en la construcción de terracería o sub-base que debido a sus características de finura y elevada plasticidad, presentan dificultad a la pérdida o adquisición de humedad.

Prueba directa de valor relativo de soporte en el lugar.

Esta prueba se aplica unicamente al caso de suelos que se encuentran formando parte de las terracerías o del terreno natural y cuya estructura no vaya a ser alterada por compactación, si se considera que, el tiempo de hacer la prueba, contienen ya la mayor humedad que son capaces de adquirir, de acuerdo con las condiciones locales de drenaje y precipitación pluvial. Este es el caso de suelos que constituyen un camino que tiene ya algún tiempo de construido, cuando la prueba se verifica en la temporada de lluvias, o bien, de suelos cuya finura y plasticidad impiden o dificulten la adquisición o pérdida de humedad.

Siempre que sea posible, esta prueba deberá preferirse a la que a continuación se anota, debido a su rapidez de ejecución.

Prueba de valor relativo de soporte en muestras inalteradas.

Esta prueba se aplica en los mismos casos de la prueba anterior - salvo que se trate de suelos sin cohesión o con agregados gruesos que impidan la obtención de la muestra inalterada y el labrado del espécimen de prueba.

Cálculo de espesores por medio de la clasificación de suelos.

3A3 del tercer grupo de métodos trata de relacionar el espesor del pavimento con las características de la sub-rasante por medio de las clasificaciones de suelos.

Los suelos de las mismas características de comportamiento se designan por índices descriptivos que pueden relacionarse al espesor requerido en la estructura que constituye el pavimento. En este sistema también son necesarios conocimientos que no se refieren a los suelos y dependen en gran manera del sistema de clasificación de los suelos, que es independiente de la ubicación del pavimento y de los métodos de manejo y compactación.

El método de los índices de grupo es buen ejemplo de este procedimiento de proyecto. A los suelos se les asignan números que sirven de índices, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$I_g = 0.2a + 0.005 ac + 0.01 bd$$

En donde a = Porción del porcentaje que pasa por la malla 200 - deberá ser mayor del 35% sin exceder del 75% expresado esto como un número entero entre 0 y 40.

b = Porción del porcentaje que pasa por la malla 200 - sin exceder del 55% expresado esto como un número positivo entero entre 0 y 40.

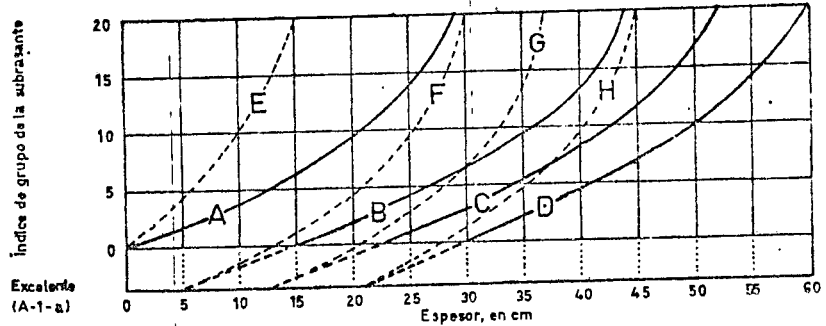
c = La porción del límite líquido numérico, deberá ser mayor de 40 sin exceder de 60 expresado como un número entero positivo entre 0 y 20.

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

Este índice numérico y un ábaco de índice de grupo para proyecto dan el espesor del pavimento ver figura (4) se puede usar una clasificación pedológica en vez del índice de grupo, pero el concepto básico es el mismo, es decir, relacionan la estructura del pavimento e los suelos de características de funcionamiento semejantes.

ESPESOR DE PAVIMENTO

Clasificación general de la subrasante	Índices correspondientes a la calidad de la subrasante	Volumen diario de tránsito ordinario			cm	El espesor de la carpeta y de la base varía con el volumen del tránsito
		Ligero (de menos de 50)	Medio (de 50 a 300)	Pesado (de más de 300)		
Excelente (A-1-a)			22.5	30	30	
Buena	0-1				20	
Regular	2-4				10	
Mala	5-9				0	
Muy mala	10-20				10	El espesor de la subbase varía con las características de la subrasante
					20	
					30	



- CURVA A. Espesor de material selecto, subbase solamente.
- CURVA B. Espesor combinado de carpeta, base, subbase - tránsito ligero
- CURVA C. " " " " " " " " medio.
- CURVA D. " " " " " " " " pesado
- CURVA E. Espesor adicional de base que puede sustituirse por la subbase de la curva A.
- CURVA F. Espesor combinado de carpeta y base (sin subbase), tránsito ligero
- CURVA G. " " " " " " " " medio
- CURVA H. " " " " " " " " pesado

ÁBACO POR ÍNDICES DE GRUPO

Figura No. 4

CAPITULO VII.

CONSERVACION.

Los pavimentos con el transcurso del tiempo y ocasionados básicamente por las continuas repeticiones de carga y por las condiciones climáticas, -- sufren una serie de fallas o deterioros que al manifestarse en la superficie de rodamiento, disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito expedito y cómodo al usuario.

Considerando, que todos los elementos que constituyen un camino, la superficie de rodamiento es la que más influye para que el tránsito pueda ser rápido, cómodo y seguro; será por demás importante, el corregir oportunamente sus deterioros para evitar que progresen y requieran una construcción para su arreglo. Por ello, es lógico que una gran parte del esfuerzo en la -- conservación de carreteras, se dedique a estas labores.

En el presente capítulo, esbozo las normas y procedimientos a que deberán ajustarse, en términos generales, las labores de conservación de la superficie de rodamiento que son más usuales, de acuerdo con el siguiente orden:

- 1.- Relleno de grietas.
- 2.- Renivelación.
- 3.- Bacheo.
- 4.- Riego de sello.
- 5.- Rastreos y/o recargues en caminos con superficie de rodamiento revestida o de terracerías.

1.- Relleno de Grietas:

A).- Generalidades.- Las grietas son una manifestación muy frecuente de fallas y su causa puede tener su origen en cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los materiales subyacentes. No es posible, en el caso de las grietas, dar un valor numérico que indique cuando son -- susceptibles de corrección mediante labores de conservación y cuando debe -- procederse a efectuar una reconstrucción. Sin embargo, como norma puede establecerse que siempre que se presenten agrietamientos en un pavimento, deberá procederse de inmediato a su relleno o corrección, de la manera que -- describo a continuación, para evitar que la falla progrese y puedan presentarse deterioros mayores en el pavimento.

B).- Procedimiento.- Los liniamientos generales que se tomarán en cuenta para efectuar las correcciones de grietas, según el tipo de las mismas, -- son las siguientes:

- a).- Grietas aisladas cuya profundidad no sobrepase el espesor de la -- capa de base. El procedimiento para su reparación será:
 - a).- Cuando el ancho de la grieta sea de tres (3) mm. o menor se rellena con producto asfáltico cuya fluidez a la temperatura de -- aplicación específica garantice la penetración en toda su profundidad. De preferencia deberán usarse asfaltos rebajados, estos -- deberán ser de fraguado rápido.
 - b).- Cuando el ancho de la grieta sea mayor de tres (3) milímetros se rellena con una mezcla de producto asfáltico y arena. Dicha -- mezcla deberá tener una fluidez que garantice el relleno total de la oquedad.
 - c).- Al terminar el relleno de la grieta, deberá extenderse el producto o mezcla asfáltica sobrante que hubiere quedado sobre el nivel de la carpeta.
- a).- En ningún caso deberá aplicarse una grieta para pretender obtener mejor penetración del relleno.
- b).- Grietas aisladas cuya profundidad llegue a las capas de sub-base o terracerías.

En estos casos, será muy importante el estudiar la causa de la falla para poder definir la solución y procedimientos de reparación más adecuados. En términos generales, este procedimiento podrá ser el abrir caja en el ancho mínimo necesario para trabajar y de preferencia hasta el fondo de la grieta y proceder a su relleno en forma semejante a la descrita en la clausula correspondiente a bacheo.

- c).- Grietas abundantes en la carpeta firme.
Por su número, no se puede rellenar individualmente y la carpeta deberá repararse con un tratamiento general de toda la superficie de rodamiento, de acuerdo con los siguientes lineamientos:
- a2).- Si las grietas son de un ancho de hasta tres (3) milímetros y la base se encuentra en un buen estado, podrá efectuarse un tratamiento superficial como riego de sello o lechada asfáltica.
- b2).- En caso de que las grietas tengan un ancho promedio superior a tres (3) milímetros y la base se encuentra en buen estado, deberá programarse la reconstrucción más adecuada que en general podrá ser una carpeta nueva o una sobre carpeta.
- D).- Agrietado abundante, con porciones de carpeta suelta, sobre base en buen estado, sin deformaciones permanentes.
Deberá removerse la carpeta en las zonas aisladas en que se presente este caso, procediendo a su reparación mediante la forma indicada, en las clausulas de bacheo o renivelación.
Cuando la zona por remover sea superior en superficie al (50%) cincuenta por ciento del área total del pavimento, se deberá remover el total de la carpeta asfáltica en esa zona y proceder a la construcción de una nueva.
- E).- Grietas paralelas acompañadas de deformaciones.
En general este tipo de grietas es manifestación de una falla en las capas inferiores a la carpeta; por lo que, en cada caso y previos los estudios necesarios, deberá programarse la reparación más adecuada. En general, estas fallas no pueden corregirse con tratamientos superficiales o sobre carpeta, por lo que conviene recalcar la necesidad de buscar la causa de la falla y suprimirla antes de reponer la superficie de rodamiento. Los trabajos necesarios tales como construcción o modificación del sub-drenaje, sub-base, base u otros deberán efectuarse siguiendo los lineamientos dados en las clausulas respectivas de estas normas.
- 2.- Renivelación.
- A).- Definición.- Conjunto de labores requeridas para reponer al nivel original la porción de la superficie de rodamiento que ha sufrido alguna deformación y/o desplazamiento.
- B).- Normas.- Se deberá estudiar la causa de la falla, con el auxilio del laboratorio en caso necesario, para poder efectuar la corrección en forma adecuada y que garantice que la deformación no vuelva a presentarse en un lapso de un año o menos. Siempre que existan asentamientos y se programe alguna reconstrucción consiste en base asfáltica, carpeta o riego de sello, se deberán efectuar previamente los trabajos de renivelación para lograr que sean uniformes tanto los espesores como la superficie de rodamiento.
- C).- Procedimiento.- La manera de efectuar la renivelación será la que a continuación se indica:
- a).- En caso de deformaciones pequeñas, del orden de uno (1) a tres (3)-centímetros, estas podrán corregirse empleando el sistema de riegos, como lo indico en la clausula "4" de este capítulo.
- b).- En general, se usará mezcla asfáltica de acuerdo con los siguientes lineamientos:
- al).- La zona por renivelar deberá limpiarse de materia extraña tales como tierra, yervas, deshecho de animales u otros.

- b1).- Deberá definirse y marcarse el área por renivelar, siguiendo aproximadamente el perímetro y abarcando en su totalidad la zona fallada.
- c1).- En esa zona deberá efectuarse un picado de carpeta existente, excepto en bases impregnadas o carpetas de un riego, cuya distribución se procurará que sea lo más regular posible, con un espaciamiento entre cada golpe de pico aproximadamente de treinta (30) centímetros, barriendo posteriormente el material excedente.
- d1).- Se dará un riego de liga, con el tipo de producto asfáltico y temperatura adecuadas según las especificaciones de la S. O. P. de acuerdo con los siguientes lineamientos generales:
 - a2).- El asfalto deberá cubrir en forma uniforme y en su totalidad el área por reparar.
 - b2).- La dosificación debe ser tal que logre la perfecta adhesión de la mezcla asfáltica, sin producir deslizamientos ni exceso de asfalto en la superficie.
- D).- La mezcla asfáltica deberá cumplir con las especificaciones de materiales para carpeta a bases asfálticas, pero variando el tamaño del material petreo, de acuerdo con el espesor de la capa en forma total, que nunca exceda del cuarenta por ciento (40%) de ella. Cuando la profundidad del asentamiento exceda de siete (7) centímetros, deberá rellenarse en dos (2) o más capas; la capa superficial podrá tener hasta seis (6) centímetros sueltos de espesor y las inferiores un máximo de diez (10) centímetros sueltos.
- E).- Las capas deberán compactarse con rodillo o aplanadora desde las orillas hacia el centro. El pisón de mano sólo deberá usarse en compactación de renivelaciones poco profundas y cuya superficie no exceda de cuatro (4) Mts.2 en ningún caso, deberá dejarse la zona renivelada a la acción del tránsito sin la debida compactación.

3).- Bacheo.

Definición.- Conjunto de labores requeridas para reponer una porción de la superficie de rodamiento que ha sido destruida y removida por el tránsito. Estas porciones se dividen por su tamaño en calaveras y baches, según sea su dimensión mayor respectivamente inferior o superior a quince (15) centímetros.

A).- Normas:

- a).- Calaveras. Tomando en cuenta que la presencia de calaveras implica la falla de la superficie de rodamiento, deberá considerarse que su relleno en la forma que aquí describo, solo podrá tomarse como solución definitiva en el caso de que se encuentren muy aisladas.

Cuando las calaveras lleguen a presentarse en un rango de una (1) por cada diez (10) metros de camino o bien que se note tendencia a incrementarse rápidamente, por ejemplo, que se dupliquen en un lapso de tres (3) meses, deberá procederse de inmediato al estudio de la falla para programar la reconstrucción que proceda con la mayor brevedad posible. Esta reparación deberá efectuarse con la suficiente anticipación para no permitir en ningún caso que llegue a ser su número del orden de una calavera por cada doce (12) metros cuadrados de superficie.

- b).- Baches. Cuando los baches se presentan en número de uno (1) o dos (2) por cada veinte (20) metros de camino y esto se mantenga en tramos de cien (100) metros o mayores, deberá iniciarse de inmediato el estudio de la falla y programarse la reconstrucción de manera que se efectúe oportunamente, para que en ningún caso lleguen a existir cinco (5) o más baches por cada veinte (20) metros o bien que en superficie representen más de un (1) metro cuadrado.

B).- Procedimiento.

- a).- Calaveras.- La calavera debe atenderse oportunamente para impedir que se convierta en bache y origine mayor costo de reparación y serios perjuicios al tránsito. El procedimiento para su reparación deberá ser:

- a1).- La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña tal como - - tierra, yerbas, deshechos de animales u otros y removerse el mate--- rrial suelto de la misma superficie de rodamiento.
- b1).- La zona por reparar deberá estar seca. Si las condiciones climáticas locales y la falta de equipo necesario no lo permitan y existe la -- urgencia de efectuar el trabajo, deberán usarse los productos asfálticos y/o los aditivos que recomiende el laboratorio.
- c1).- Deberá darse en la zona por reparar un riego de liga con el tipo de- producto asfáltico y temperatura adecuada de acuerdo con el capítulo III parte cuarta de las especificaciones de la S. O. P.
- d1).- La calavera deberá rellenarse con mezcla asfáltica elaborada de acuer- do con las especificaciones, pero con tamaño de material petreo no -- mayor del cuarenta por ciento (40%) de la profundidad de la oquedad. Deberá ponerse la mezcla en un volúmen superior aproximadamente en -- un veinte por ciento (20%) al de la oquedad, con objeto de que al - - compactarse quede el nivel de la superficie de rodamiento.
- e1).- Deberá compactarse con pisón o rodillo ligero, pero nunca dejarse -- sin la debida compactación a la acción del tránsito.
- b).- Baches. Los baches se dividen en profundos o superficiales, siendo - estos últimos los que afectan exclusivamente a la carpeta. El proce- dimiento para su reparación es el siguiente:
 - a).- La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña (tierra, yer- bas, deshechos de animales, etc.)
 - b).- Deberá definirse y marcarse el área por reparar, cuidando que siem-- pre tenga forma rectangular y sus lados sean paralelos y perpendicu- lares al eje del camino.
 - c).- De acuerdo con el área delimitada, se efectuara la excavación lle--- gando hasta la profundidad necesaria para remover todo el material - afectado, tal como material con exceso de agua, de arcilla u otros.
 - d).- Si al efectuar la excavación se ve la necesidad de emplear el área - de la misma, para poder remover todo el material afectado, la ampiea- ción respectiva deberá a su vez ser rectangular y de lados paralelos y perpendiculares al eje del camino.
 - e).- Se completará la excavación, hasta la profundidad prefijada cuidando de obtener paredes verticales en los extremos y de remover todo el - material sobrante.
 - f).- En el caso de baches profundos, para tener condiciones de trabajo -- apropiadas que garanticen la debida colocación y compactación del -- material con el que se rellene la oquedad, deberán considerarse los- siguientes lineamientos:
 - 1.- El lado menor deberá ser cuando menos el doble del ancho del pisón o una y media $1 \frac{1}{2}$ veces el ancho del rodillo ligero.
 - 2.- Si la profundidad es de cuarenta (40) centímetros o mayor el ancho - -deberá ser de sesenta (60) centímetros como mínimo.
- g).- El bacheo se efectuará con mezcla asfáltica, que cumpla con las es- pecificaciones de materiales para carpeta y/o bases asfálticas. - -- Cuando la oquedad tenga una profundidad mayor de siete (7) centime-- tros, deberá rellenarse en varias capas. La capa superior deberá -- tener de cuatro (4) a seis (6) centímetros de espesor suelto y ella- podrá usarse material petreo hasta de diecinueve (19) milímetros - - ($\frac{3}{4}$ "). Las capas inferiores deberán tener un espesor no mayor de -- diez (10) centímetros sueltos y en ellas se podrá usar material pe- treo con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros ($1 \frac{1}{2}$ ").
- h).- La capa superficial debere dejarse ligeramente excedida en volúmen, - aproximadamente un veinte por ciento (20%), para que al compactarse- quede al mismo nivel de la superficie de rodamiento existente.
- i).- En caso de baches profundos, y que se considere económico el proce- dimiento, podrán colocarse las capas inferiores, con materiales del- tipo de los usados en sub-base o base, cuidando de que se cumplan -- los siguientes requisitos:

- 1.- Para el relleno correspondiente a las capas de terracería o sub-base, podrá usarse material de sub-base o base.
- 2.- Para el relleno correspondiente a la capa de base; deberá utilizarse exclusivamente material que cumpla con las especificaciones relativas a esta capa.
- 3.- En ambos casos, los materiales deberán compactarse adecuadamente según sea el caso.
- j).- Independientemente del espesor y tipo de la carpeta existente, incluyendo el caso de baches aislados en bases impregnadas, la capa superficial del bacheo consistirá en mezcla asfáltica en un espesor no menor de cuatro (4) centímetros compactos.
- k).- Antes de iniciar el relleno con mezcla asfáltica, deberá darse en las paredes y piso, un riego de liga con el tipo de producto asfáltico y a la temperatura adecuados, de acuerdo con las especificaciones, es aconsejable usar FR3 por ser adecuado y de los más comerciales.
- 1).- Las capas deberán compactarse adecuadamente con pisón de mano o rodillo ligero, pero nunca dejarse a la acción del tránsito sin la debida compactación.

EQUIPO EMPLEADO.

- a).- Para calaveras: Pisones o rodillos ligeros, bacheadores portátiles - o un conjunto patrulla de bacheo.
- b).- Para bacheo: Pisones, rodillos ligeros, aplanadoras tandem de 3 toneladas, un conjunto patrulla bacheo o bacheadora portátil.
- 4.- Riego de Sello.
 - A).- Definición Aplicación de un material petreo, para impermeabilizar el pavimento protejerlo del desgaste y proporcionar una superficie antideslizante.

Atendiendo a la magnitud de los trabajos y organización establecida para efectuarlos, se considera el riego de sello como labor de conservación cuando la superficie tratada no exceda de seis mil (6,000) Metros cuadrados continuos, si se excede de esto se considera reconstrucción.

B).- Procedimiento. En la ejecución de los riegos de sello deberá seguirse el procedimiento indicado en el capítulo.

Sin embargo, si por causa de fuerza mayor no se puede utilizar el equipo adecuado, podrán aceptarse las siguientes variaciones:

a).- En superficies que no excedan de sesenta (60) metros cuadrados, cubriendo baches, renivelaciones a tramos agrietados, el producto asfáltico podrá aplicarse a mano.

b).- En superficies no mayores de seis mil (6,000) metros cuadrados continuos, podrá extenderse a mano el material petreo.

c).- Aun en estos trabajos de volumen pequeños, deberá usarse material petreo que cumpla con las especificaciones, tanto por lo que se refiere a la calidad del material, como a su granulometría, cuidando expresamente que no tenga polvo.

5.- Rastros y/o recargues en caminos con su superficie de rodamiento revestida o de terracerías.

A).- Definición. Se llama rastro al reacondicionado del material de la capa superficial de un camino con superficie de rodamiento revestida o de terracerías, que da a la sección transversal sus condiciones originales, pudiendo ser necesario en algunos casos efectuar recargues del material correspondiente.

B).- Normas. Los rastros y los recargues se deberán efectuar -- otros tipos de conservación también importantes son:

- A.- Limpia de cunetas y contracunetas.
- B.- Limpieza de alcantarillas.
- C.- Limpieza de canales de entrada y salida.
- D.- Reparación de Obras de Drenaje.
- E.- Limpieza de Derechos de Vía.
- F.- Chaponeo.
- G.- Derrumbes.
- I.- Sobre carpeta.

C A P I T U L O VIII

CONCLUSIONES.

- 1.- Teniendo en cuenta que en todas las Obras Cíviles es necesario hacer una pavimentación c nsidero de mucha importancia se le dé' más preferencia a esta materia dentro del Programa de Estudios de esta Escuela de la cual soy egresado y por ser un tema tan amplio.
- 2.- El Material 3-E y 3-A se usan en carpetas de un Riego. Cabe preguntar se cual de los dos es el más adecuado.

El 3-E Presenta una superficie más rucosa que el 3-A pero en temporada de lluvia guarda más la humedad en los huecos que quedan entre el mat. de 3/8" y el No.4, lo que debilita su adherencia a la base. .

Este material es el que pasa por la malla de 1/2" 100% pasa por la malla 3/8" 95%, pasa por la malla No.4 de 0 a 5%

El 3-A tiene la ventaja de llenar los huecos oon el material intermedio de la malla No.4 y la No.8 este material pasa por la malla de 1/2" 100% por la de 3/8", 95% por la No.8, 5%

Estos aspectos son importantes para decidir cual material debe esoojer se para sellar una carpeta asfaltica, cerrada o semi-abierta, pues al mismo tiempo que sirve como superficie rugosa, sirve para impermiabili zarlas sobre todo las semi-abiertas que son recomendadas para altas ve locidades y volumende tránsito considerable.

- 3.- Como no es posible hablar de cada una de las Pruebas de Laboratorio -- necesarias para la construcción de este tipo de Obras solamente enume raré las más importantes.

PRUEBAS NECESARIAS EN CONSTRUCCION DE BASE Y SUB-BASE.

- 1.- Granulometría
- 2.- Densidad y Absorción
- 3.- Límites de Atterberg
- 4.- Proctor
- 5.- Porter Estandar y sus variantes
- 6.- Valor Cementante
- 7.- Equivalente de Arena

PRUEBAS NECESARIAS EN CONSTRUCCION DE CARPETAS.

- 1.- Granulometría
- 2.- Desgaste
- 3.- Límites de Atterberg
- 4.- Equivalente de arena
- 5.- Determinación de contenido Optimo de Asfalto
- 6.- Destilación
- 7.- Penetración
- 8.- Viscosidad Saybolt
- 9.- Punto de encendido
- 10.- Ductibilidad
- 11.- Solubilidad en tetracloruro de Carbono.

4.- Creo pertinente tener una idea de lo que cuesta el M3. de sub-base, base y carpeta para lo cual pongo un ejemplo considerando un acarreo de materiales de 20.0 kms. y en base a los Precios Unitarios que rigen en la Secretaría de Obras Públicas.

P R E C I O S U N I T A R I O S

SUB-BASE (1 M3) CON ACARREOS A 20. KMS.

Extracción	(0-70-30)	1.30 M3.	a \$ 11.77	\$ 15.30 M3.
Disgregado		1.30 M3.	a \$ 3.00	3.90 M3.
Acarreo	(20 kms.)	1.50 M3.	a \$ 30.00	45.00 M3.
Carga de Agua		0.300M3.	A \$ 6.96	2.09 M3.
Acarreo	(20 kms.)	0.300M3.	a \$ 26.60	7.98 M3.
Mezcla, Tendido, y compactado		1.0 M3.	a \$ 9.57	9.57 M3.
				<hr/>
				\$ 83.84

COSTO POR M3 \$ 83.84

Base Hidráulica: (Para 1 M3 y Acarreos de 20 kms.)

Acarreo a la planta		1.50 M3	a \$ 1.50	\$ 2.25 M3
Trituración		1.30 M3	a \$39.28	51.06 M3
Acarreo al Almacén		1.30 M3	a \$ 1.50	1.95 M3
Carga Material Almacenado		1.30 M3	a \$ 3.72	4.84 M3.
Acarreo al Camino (20 kms)		1.30 M3	a \$30.00	39.00 M3
Extracción Cementante		0.200M3	a \$11.77	2.35 M3
Disgregado		0.200M3	a \$ 3.00	0.60 M3
Acarreo al Camino (200 kms)		0.200M3	a \$30.00	6.00 M3
Carga de Agua		0.300M3	a \$ 6.96	2.09 M3
Acarreo al Camino (20 kms.)		0.300M3	a 26.60	7.98 M3
mezcla, tendido y Compactado		1.00M3	a \$12.50	12.50 M3
				<hr/>
				\$ 130.62 M3

Costo por M3 \$ 130.62

RIEGO DE IMPREGNACION : - (UNIDAD HECTARHA)

Barrido de Base	\$ 215.36
Acarreo de Asfalto (20 kms.)	
15 x 20 kms. = 300 M3/km. a \$ 1.84	552.00
Asfalto para Impregnación: - (1.5 Lts/m2	
10,000 m2 x 1.5 = 15,000 Lts a \$ 0.47	7,050.00
	<hr/>
	\$ 7,817.36

COSTO POR M2 = \$ 0.78

BASE ASPALTICA: - (1 M3 y Acarreos de 20 kms.)

Acarreo a la Planta : 1.50 M3 a \$ 1.50	\$ 2.25
Fragmentación : 1.30 M3 a \$ 39.28	51.06
Acarreo al Almacén : 1.30 M3 a \$ 1.50	1.95
Carga de Material Almacenado : 1.30 M3 a \$ 3.72	4.84
Acarreo al Camino: (20 kms.) 1.30 a \$ 30.00	39.00
Acarreo de Asfalto para Base y Liga : 100 Lts. -	
-x20= 2.0 Lts a \$ 1.84	
Asfalto para Base: (85 Lts/m3) 85 Lts. a \$ 0.50	42.50.
Asfalto para Liga: (1.5 Lts/M2) 1.5 x 10= 15 Lts a	0.50
a - - - - -	7.50
Mezcla, Tendido y Compactado 1 M3 a \$ 11.33	<u>\$ 11.33</u>
	\$164.11

COSTO POR M2 \$ 164.11

CARPETA POR EL SISTEMA DE PRES RIEGOS :

Primer Riego : (25 m/m.)

Extracción (D-C-100) 1.00 M3 a \$ 24.17	24.17
Acarreo al Camino: (1 km.) 1.50 M3 a \$ 1.50	2.25

Trituración : (A 25 mm.) 1.20 M3 a \$ 39.56	\$	47.47
Acarreo al Almacén : 1.20 M3 a \$ 1.50		1.80
Carga de Material Almacenado: 1.20 M3 a \$ 3.72		4.46
Acarreo al Camino: (20 kms)x20= 24 M3/Km a 1.50		
-a - - - - -		36.00
Acarreo del Asfalto: (20 kms.) 0.025 M3x20= 0.5 M3/ km. a \$ 1.84 - - - - -		0.92
Asfalto para Liga: (Material de 25 mm.)		
25 Lts. de FR - 3 a \$ 0.50 - - - - -		12.50
Tendido y Rodillado: 1.00 M3 a \$ 6.76		6.76
	\$	<u>136.33</u>

COSTO POR M3 \$ 136.33

SEGUNDO RIEGO = (13 m/m.)

Extracción: (0-0-100)

1.00 M3 a \$ 24.17 - - - - -	\$	24.17
Acarreo a la Planta: (1 km.) 1.50 M3 a \$ 1.50		2.25
Trituración: (A 13 m/m) 1.20 M3 a \$ 61.12		73.34
Acarreo al Almacén 1.20 M3 a \$ 1.50		1.80
Carga de Material Almacenado: 1.20 M3 a \$ 3.72		4.46
Acarreo al Camino: (20 kms.) 1.20 M3 x 20=24 M3/ km. a \$ 1.50 - - - - -		36.00
Acarreo de Asfalto : (20 kms.)		
0.063 M3 x 20 = 1.66 m3/km. a \$ 1.84		3.05
Asfalto para Liga: (material 19 mm.)		
83 Lts. de FR-3 a \$ 0.50		41.50
Tendido y Rodillado : 1.00 M3 a \$ 12.48		12.48

COSTO POR M3 a \$ 199.05

TERCER RIEGO : (3 - A 6 m/m.)

Extracción : (0-100) 1.00 M3 a \$ 24.17	\$	24.17 M3.
Acarreo a la Planta : 1.50 M3 a \$ 1.50		2.25 M3
Trituración = (A 6 m/m.) 1.20 M3 a \$ 75.25		90.30 M3.
Acarreo al Almacén : 1.20 M3 a \$ 1.50		1.80 M3
Carga de Material Almacenado 1.20 M3 a \$ 3.72		4.46 M3.
Acarreo al Camino : (20 kms.)		
1.20 M3 x 20 = 24 M3 / Km. a \$ 1.50		36.00 M3
Acarreo de Asfalto : (20 kms.)		
0.100 M ² x 20 = 2.00 M3/KM. a \$ 1.84		3.68 M3.
Asfalto para liga: 100 Lts. de FR-3 a \$ 0.50		50.00 M3
Tendido y Rodillado: 1.00 M3 a \$ 27.50		<u>27.59 M3.</u>
	\$	240.25

COSTO POR M3 \$ 240.25

CARPETA ASFALTICA: (MEZCLA EN EL LUGAR)

Acarreo a la Planta: 150 M3 a \$ 1.50	\$	2.25 M3
Trituración: 1.30 M3 a \$ 43.34		56.34 M3
Acarreo al Almacén : 1.30 M3 a \$ 1.50		1.95 M3
Carga de Material Almacenado : 1.30 M3 a \$ 3.72		4.84 M3.
Acarreo al Camino : (20 kms.) 1.30 M3 a \$ 30.00		39.00 M3
Acarreo de Asfaltos para mezcla y Liga :		
0.090x20 = 1.8 M3 a \$ 1.84		3.31 M3
Asfaltos para mezcla y Liga: (90 Lts. / m3) a \$ 0.50		45.00 M3
Mezcla, Tendido y Compactado : 1.0 M3 a \$ 32.75		32.75 M3
Recorte de Carpeta : 20 Lts. Lineales		1.34 M3
		<u>186.78</u>
	\$	186.78

COSTO POR M3 \$ 186.78

- 5.- De Acuerdo con mi criterio que teniendo todos los elementos necesarios la carpeta más recomendable es la construida con mezcla en Planta por muchas razones las cuales algunas expongo en esta Tesis.

Este trabajo lo presento con el fin de transmitir a mis compañeros de Escuela la poca experiencia que he adquirido dentro de la Secretaría de Obras Públicas y poder dar algo a la Universidad de lo mucho que me dió.

C A P I T U L O IX

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- ASPHALT ITS, COMPOSITION PROPERTIES AND USE RALPH N. TRAXLER NEW-YORK.
REINHOLD PUBLISHING CORPORATION
- 2.- THE ASPHALT AND ALLIED SUBSTANCES BY HERBERT ABRAHAM SIXTH EDITION IN-FIVE VOLUMES
D.VAN NOSTRAND COMPANY INC.
- 3.- THE ASPHALT MANUAL HANDBOOK
THE ASPHALT INSTITUTE
APRIL 1965 EDITION
- 4.- APUNTES DE CONSTRUCCION. PRIMER SEMESTRE
POR EL ING. RODOLFO MAGNUS GALAN
CATEDRATICO DE LA U.I.A.Q.
- 5.- TRATADO DE CONSTRUCCION, TOMO PRIMERO
POR EL ING. ANTONIO MIGUEL SAAD
CATEDRATICO DE LA FACULTAD NACIONAL DE INGENIERIA U.N.A.M.
- 6.- CONCRETOS DE CEMENTO PORTLAND Y ASFALTICOS
POR THOMAS D. LARSON
CATEDRATICO DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD DE PENNSYLVANIA.

- 7.÷ MECANICA DEL SUELO PARA ING. DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS TRADUCCION
ESPAÑOLA DE LUIS VALORO ALONSO DEL LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y ME
CANICA DEL SUELO.
MADRID 1963

- 8.- NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACION Y RECONSTRUCCION DE
CARRETERAS .
SEGUNDA EDICION
MEXICO 1970
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

- 9.- ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION
PARTE CUAR^{TA} (CUARTA EDICION)
MEXICO 1971
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS.

- 10.- APUNTES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CARRETERAS ASFALTICAS
POR LOS INGS. RICARDO PINEDA GOMEZ Y ANTONIO ROSADO
ECHANOVE DE LA DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION DE CARRETERAS
FEDERALES.
ABRIL 1969