



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGON

INGENIERIA

METODOLOGIA PARA PROGRAMAR LAS
ACTIVIDADES DE CONSERVACION
DE UN CAMINO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTA
MIGUEL ANGEL ORTEGA MONTIEL



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

103 y 104
sist 29490



ARAGON

INSTRUMENTOS

METODOLOGIA PARA PROGRAMAR LAS
ACTIVIDADES DE FORMACION
DE UN CAMINO

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA
MIGUEL ANGEL CIBEGA MONTIEL



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

SERVICIO NACIONAL
ATAJAH

MIGUEL ANGEL ORTEGA MONTIEL
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 9 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. FERNANDO OLIVERA BUS TAMANTE pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "METODOLOGIA PARA PROGRAMAR LAS ACTIVIDADES DE CONSERVACION DE UN CAMINO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., febrero 17 de 1983.
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería.
Unidad Académica.
Departamento de Servicios Escolares.
Director de Tesis.

10-
11-
12-
13-
14-
15-
16-
17-
18-
19-
20-
21-
22-
23-
24-
25-
26-
27-
28-
29-
30-
31-
32-
33-
34-
35-
36-
37-
38-
39-
40-
41-
42-
43-
44-
45-
46-
47-
48-
49-
50-
51-
52-
53-
54-
55-
56-
57-
58-
59-
60-
61-
62-
63-
64-
65-
66-
67-
68-
69-
70-
71-
72-
73-
74-
75-
76-
77-
78-
79-
80-
81-
82-
83-
84-
85-
86-
87-
88-
89-
90-
91-
92-
93-
94-
95-
96-
97-
98-
99-
100-

DEDICO ESTA TESIS A :

AL MAESTRO, ING. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE,
QUE GRACIAS A SU GUIA, FUE POSIBLE LA REALIZA
CION DE ESTA TESIS.

AL PROFESOR, ING. SALVADOR CANALES DE LA PARRA,
QUE EN TODO MOMENTO NOS SUPO INFLUIR ANIMO.

A TODOS LOS PROFESORES DE LA ESCUELA NACIO
NAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES, UNIDAD ARA
GON, POR SUS ENSEÑANZAS.

A MI MADRE ANGELA MONTIEL OLLIVIER,
CON TODO CARINO POR TODO LO QUE ME_
HA DADO.

A MI ESPOSA, GUADALUPE OLMOS BENITEZ,
POR SU AMOR, AYUDA Y COMPRESION.

A MIS HIJOS, HURY Y MIGUEL ANGEL,
COMO MUESTRA DE SUPERACION.

A MI HERMANA ORALIA, QUE SIN SU APOYO
Y AYUDA NO HUBIERA SIDO POSIBLE LA --
TERMINACION DE MIS ESTUDIOS.

A DON JORGE DEL PALACIO, POR SU APOYO.

A MI HERMANO, ALBERTO, COMO UN ALICIENTE.

A MI HERMANO, JORGE, POR SU VOLUNTAD
Y SUPERACION.

A MIS TIOS, ROBERTO E ISRAEL, POR SU
AYUDA Y SUS CONSEJOS.

A MALACO, POR SU PERSEVERANCIA

A MIS CUÑADOS (AS).

MANUEL

ANTONIO

CONCEPCION

ALICIA

ESTELA

ANA

COMO MUESTRA DE SINCERIDAD.

A MIS SOBRINOS :

ALBERTO

JUAN MANUEL

ANGEL

IVAN

CLODOALDO

RITA

SAMANTA

IVOON

FABIOLA

AIBBE

REBECA CON MUCHO CARINO.

A TI COMPANERO, QUE FUISTE PARTE DE LA ALEGRIA DE LA ESCUELA
Y QUE EN TODO MOMENTO MOSTRASTE LA CONFIANZA DE UN AMIGO.

TITULO

" METODOLOGIA PARA PROGRAMAR LAS ACTIVIDADES DE CONSERVACION DE UN CAMINO".

CAPITULARIO

INTRODUCCION

CAPITULO I

EVALUACION DE LAS CONDICIONES FISICAS Y OPERATIVAS DE UN CAMINO..... 13

CAPITULO II

ACTIVIDADES PARA LA CONSERVACION DE RUTINA..... 85

CAPITULO III

ACTIVIDADES PARA LA RECONSTRUCCION DE CAMINOS..... 105

CAPITULO IV

PROGRAMACION PARA LA RECONSTRUCCION DE UNA RED DE CAMINOS..... 131

CAPITULO V

CONCLUSIONES..... 154

BIBLIOGRAFIA..... 156

INTRODUCCION.

Todas las obras de ingeniería deben contar, durante su construcción de un adecuado control de calidad a fin de disminuir en lo posible los costos de conservación; - de esta manera, estos costos pueden elevarse en forma -- considerable y aún, disminuirse la vida de servicio. Sin embargo, todas las obras deben recibir conservación en -- mayor o menor grado.

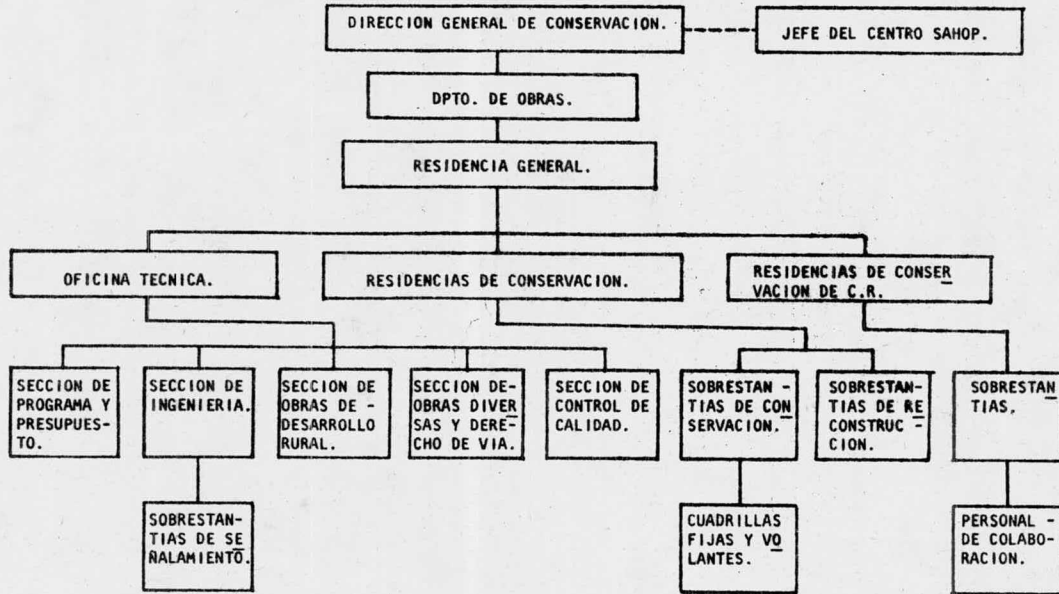
Los caminos, los cuales no solo están expuestos a -- las inclemencias del tiempo sino también a la acción de la tructora del tránsito de vehículos, deben de estar en óptimas condiciones para permitir la comunicación de nuestro país o para cualquiera que como el nuestro, se encuentra en vías de desarrollo.

Cuando viajamos sobre alguna carretera, ya sea en -- viaje de placer o en viaje de negocios, nos daremos cuenta que la gran mayoría de las carreteras están en malas condiciones, como por ejemplo fallas estructurales de la carpeta, falta de señalamiento, demasiados baches, deformaciones, etc., esto ocasiona que haya un porcentaje elevado de accidentes en las carreteras, provocando cuantiosas pérdidas materiales, inclusive humanas.

La conservación de la red federal de caminos, esta a cargo de la Dirección General de Conservación de Obras Públicas dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Organigrama de la Dirección General de Conservación.

DIAGRAMA ESTRUCTURAL DE ORGANIZACION.



EVALUACION AL PROGRAMA DE CARRETERAS

1976 - 1982

Al inicio de la administración pasada (Mayo de 1977), el señor Secretario planteo ante el señor Presidente de la República el programa del sector Asentamientos Humanos, de acuerdo con las atribuciones que la ley orgánica de la administración pública federal concede a la Secretaría de -- Asentamientos Humanos y Obras Públicas, y planteó la elaboración durante ese mismo año del Plan Nacional de Desarrollo Urbano, documento que señala como política para orientar el ordenamiento del territorio y la distribución de la población, la de promover el desarrollo de los sistemas de transporte y comunicación interurbana, así como la necesidad de fortalecer a los sistemas urbanos integrados, el impulso de zonas prioritarias y la regulación y ordenamiento de la zona conurbana del centro del País. Aceptando con esto que México es un País insuficiente comunicado en el que más del 25 % de la población padece aún los problemas derivados del aislamiento, con amplias zonas del territorio en las que no se cuenta con acceso alguno y poseen recursos - susceptibles de utilización en beneficio de la comunidad - nacional.

Las carreteras representan el medio más adecuado para resolver estos problemas y por ello debe seguir siendo un eficaz instrumento de política tendiente a consolidar el grado de desarrollo alcanzado y a ir abriendo nuevas y prometedoras perspectivas a nivel regional, en la medida que la expansión de la red permite establecer las bases físicas para el ordenamiento del territorio nacional, pues proporciona la corrección de las tendencias hacia el desarrollo urbano irregular y arbitrario; asimismo, constituyen el mejor vínculo entre las ciudades integrantes del sistema urbano nacional.

Las acciones en este programa se orientaron a resolver los más grandes problemas a los que se enfrenta, pues como es obvio, la red de carreteras del país debe adecuarse a las demandas generadas por la aplicación de las políticas de desarrollo de los otros sectores y del propio, de acuerdo con el plan global de Desarrollo que señala:

"Todos los sectores de la sociedad interactúan y se influyen reciprocamente; por esta causa, el impulso de que se imprime a cada uno de ellos tendrá indudable eficacia en los demás".

El primero de dichos problemas, es el de superar la limitada extensión de la red y su todavía baja cobertura territorial. Para resolverlo, se construyen algunos de los

tramos que aún faltan para constituir la red básica (entendida como parte del sistema que registra los mayores volúmenes, que une los principales centros del sistema urbano y que da expresión física al Pacto Federal), nuevos tramos de carreteras federales que cumplan con la política definida en el Plan Global de Desarrollo, en el sentido de reorientar "La estructura del sistema del transporte, para apoyar la política de descentralización, mediante la construcción de ejes transversales que articulen en forma eficiente la economía de las zonas costeras y marginadas con las regiones centrales".

El segundo problema lo constituye la creciente incapacidad del sistema, para atender la demanda de transporte y que afecta principalmente a la red troncal, que liga a los centros urbanos que concentran la actividad productora. Para resolverlo el señor Presidente de la República aprobó el programa de modernización de la red para convertir las carreteras congestionadas, sobrecargadas y rebasadas por los avances que en todos sentidos se han presentado en México, en las rutas que darán soporte al esfuerzo de desarrollo que el País tiene que acometer en los próximos años. Programa que fue puesto en marcha en 1980 y continuado en 1981 y 1982.

1.- Se puede decir que en 1976 la red carretera federal se integraba de 43,179 Km. en caminos principales y de 48,230 km. en caminos secundarios, y por lo que se refie

re al programa de carreteras planteado por el señor secretario se previó que durante el período 1977 - 1982 se construirían 8000 nuevos kilómetros de carreteras federales -- además de conservar y mejorar la red existente, así como -- la construcción de libramientos en no menos de 30 ciudades importantes y el mejoramiento del paso por otras 38 poblaciones. Las metas fijadas para la modernización de la red -- para el período 1980 - 1982, fué construir 800 kilómetros -- de carreteras con sección de cuatro ó más carriles y reconstruir y ampliar 2000 kilómetros de dos carriles.

2.- En función de los recursos autorizados (a pesos -- corrientes) y que para el período señalado asciende a ---- \$ 30,082.00 Millones, se construyeron 2050 kilómetros de -- nuevas carreteras federales, la modernización en 85 kilómetros de carreteras de dos carriles y en 575 kilómetros de -- cuatro o más carriles; así como la reconstrucción de 350 -- kilómetros y 95 kilómetros en libramientos para 8 ciudades y de los cuales se concluyeron tres de ellos. Además para -- las obras anteriores fué necesario construir 25120 metros -- de puentes.

3.- Para que las obras cumplan con los nuevos requerimientos de volúmenes, cargas y composición del propio tránsito, se han venido aplicando nuevas tecnologías y dentro -- de las cuales pueden destacarse los siguientes:

a) el caso de las estructuras atirantadas de los puentes --

Coatzacoalcos y Tampico, que permite salvar grandes claros a un menor costo respecto a las soluciones tradicionales. - Claros que son demandados para dar continuidad y fluidez al tráfico marítimo y al tránsito carretero.

b) el empleo de membranas geotextiles en la construcción de terraplenes cimentados sobre suelos blandos o pantanosos, con el propósito de impedir su contaminación e incrustación irregular, logrando disminuir los asentamientos diferenciales en la superficie de rodamiento que finalmente se traduce en una reducción de los costos de mantenimiento. Desde la construcción misma también se disminuyen costos al emplear menores volúmenes de materiales y en consecuencia, reducción en los acarrees.

c) el confinamiento de terraplenes con el procedimiento -- "Tierra Armada", que permite el ahorro de volumen de material requerido para la construcción de terraplenes que resulta importante cuando existe escasez de materiales y estos se localizan a grandes distancias.

d) en nuestro país se dispone abundantemente de materiales petreos producto de los cortes y resulta ventajoso no desperdiciarlos, sino aprovecharlos en la construcción de terraplenes mediante el tratamiento adecuado, para ajustarse a los requerimientos de cada obra. Por ello se han realizado investigaciones que conducen a definir procedimientos de construcción que satisfagan con los requisitos que en -

cada caso exija el proyecto.

4.- Ha sido una preocupación institucional el cumplimiento de la ley de Obras Públicas y consecuentemente a lo previsto por la nueva ley, particularmente por lo que respecta a las adjudicaciones de las obras mediante las licitaciones respectivas. En el período 1976 - 1982, los concursos celebrados fueron 112, esto significa que en este período y considerando los recursos autorizados, el grado de cumplimiento fué de un 80 % y el 20 % correspondió a obras de emergencia o especiales.

Como se vé, el Plan Nacional de Desarrollo Urbano le da una importancia especial a la conservación de los caminos en sus aspectos de actualización y reconstrucción de los mismos para adecuarlo a las necesidades del País.

En el primer capítulo, se muestran los procedimientos para la evaluación de los caminos, también se mencionan -- las fallas con los factores que las causan así como las -- pruebas necesarias para clasificar y controlar los materiales y así proyectar los pavimentos, obteniendo con esto el mejor aprovechamiento de los materiales. Se tienen fórmulas y tablas para el cálculo del nivel de servicio de los caminos.

En el segundo capítulo, se dan a conocer todas las actividades para la conservación de rutina, aquí cabe aclarar -- que en el cuarto capítulo, la conservación la dividimos en dos que son: Conservación Preventiva y Reconstrucción. La conservación preventiva incluirá a la rutinaria y a la de rehabilitación, teniendo en cuenta que en la conservación rutinaria, se realizan actividades como: proporcionar riego de sello, tapar baches esporádicos, limpiezas, renovación de acotamientos, etc.,. En la rehabilitación se efectúan actividades como: colocación de sobrecarpetas, rigidización de bases y construcción de carpetas nuevas. En la reconstrucción, se tienen en cuenta las actividades necesarias para la modificación geométrica del camino, tanto longitudinalmente, para reducir pendientes, como transversalmente, para ampliar el ancho de corona. Adelante se verá -- como estas actividades se les agrupa en programas.

En el capítulo tercero, se encuentran las formas de reconstrucción de las carreteras y los lineamientos a seguir.

Para la reconstrucción de caminos, en general se efectúan los mismos trabajos que para una carretera nueva, por esto se hace mención en este capítulo del proyecto de reconstrucción de pavimentos y cálculo de espesores por medio de la prueba Porter Modificada.

Por último, en el cuarto capítulo se hace referencia a una política que se puede adoptar para el proceso de conservación, así como para recabar los datos necesarios por métodos habituales de auscultación de los pavimentos, la metodología a seguir, tanto administrativa como técnica, y la programación de las actividades de conservación con diagrama de flujo.

Nota; Se aclara que en el presente trabajo se pueden encontrar las siglas SAHCP (Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas) y S.O.P. (Secretaría de Obras Públicas), dado que con el cambio de Sexenio, hubo cambio de nombre en la Secretaría.

CAPITULO I. - EVALUACION DE LAS CONDICIONES FISICAS Y .
OPERATIVAS DE UN CAMINO.

I.1.- Condiciones físicas de un camino.

Se denominan condiciones físicas de un camino, a las - condiciones superficiales del pavimento, que se determinan - en relación a la comodidad de los usuarios, no tomando en - cuenta factores como: diseño geométrico de la carretera, es - tado de los acotamientos, señalamiento del camino, etc., és - tas condiciones físicas o condiciones superficiales del pa - vimento se miden por medio de la calificación actual y el - índice de servicio actual, las cuales se refieren en una es - cala numérica establecida por la ASSHO, que va de cero (in - transitable) a cinco (excelente):

CALIFICACION	ESTADO DEL PAVIMENTO
4 - 5	muy bueno
3 - 4	bueno
2 - 3	regular
1 - 2	malo
0 - 1	muy malo

Los aspectos más importantes del pavimento que intervienen - para valuar la calificación actual o el índice de servicio - actual son los siguientes:

- a) Las ondulaciones longitudinales
- b) Las deformaciones transversales
- c) La textura de la superficie
- d) El porcentaje de baches y areas reparadas

I.1.-1.- CALIFICACION ACTUAL

Concepto de calificación actual.

Puede ser definida como la estimación de un observador, respecto a la capacidad de un pavimento para permitir el tránsito para el cual fué construido. La calificación actual debe tomar en cuenta exclusivamente el estado de la superficie de rodamiento en el momento de la inspección, sin que influya en la misma el conocimiento que tenga el observador de posibles condiciones futuras del pavimento, tampoco deben influir en la calificación actual, aspectos del camino tales como diseño geométrico, estado de los acotamientos o taludes, etc.,. La calificación se deberá realizar pensando en el grado de comodidad que el usuario tendría, al efectuar por un camino con acabado semejante al que se juzga, en un recorrido de quinientos kilómetros, bajo esas condiciones el calificador podrá juzgar si el pavimento resulta excelente, funcionalmente intransitable o con alguna calificación intermedia. La calificación actual verdadera, puede ser definida como el promedio de las calificaciones que darían todos los usuarios del camino. En la práctica, se puede considerar que la calificación actual verdadera es el valor medio de las apreciaciones de un grupo de observadores suficientemente grande, a medida que el grupo se reduce aumenta la diferencia entre la calificación verdadera y la del grupo.

De acuerdo con estudios llevados a cabo durante la prue

de ASSEO y trabajos posteriores realizados en diferentes partes del mundo, se ha encontrado lo siguiente:

1.- es práctica y suficientemente precisa la determinación de la calificación del estado de la superficie de una carretera, mediante la observación de personas.

2.- aún cuando la calificación individual varía ampliamente el proceso permite una estimación adecuada de las condiciones de una carretera en el momento de la inspección. Es necesario señalar que la calificación actual o el índice de servicio actual no tratan de predecir el estado del pavimento en una etapa futura.

3.- el grupo calificador debe constar de 5 a 10 personas para tener una estimación adecuada, siendo conveniente que la apreciación se realice individualmente y con el mismo tipo de vehículo que normalmente utiliza la persona que va a calificar. En general se obtienen promedios congruentes utilizando personas de preparación muy diversa, siempre y cuando el trabajo se efectúe con responsabilidad. La calificación es más precisa a medida que aumenta el número de observadores, de tal manera que se puede aceptar como calificación actual verdadera, el promedio de las calificaciones que darían todos los usuarios del camino.

4.- las carreteras principales con calificaciones de 2.5 ó mayores y los caminos secundarios con calificación de 2 ó más, son aceptables, son aceptables de acuerdo con la opinión media de los usuarios del camino.

5.- Las carreteras principales con calificaciones de 2 ó -
menores y los caminos secundarios con calificaciones de 1.5
ó menos, el camino esta practicamente destruido y requiere-
reconstrucción.

Para obtener el resultado de la calificación actual, -
el grupo calificador deberá marcar en la escala (fig. 1) su
apreciación personal. Todas las calificaciones deberan regis-
trarse una sola vez, enseguida se hará una media de todos -
los valores obtenidos y esta será el resultado de la califi-
cación actual.

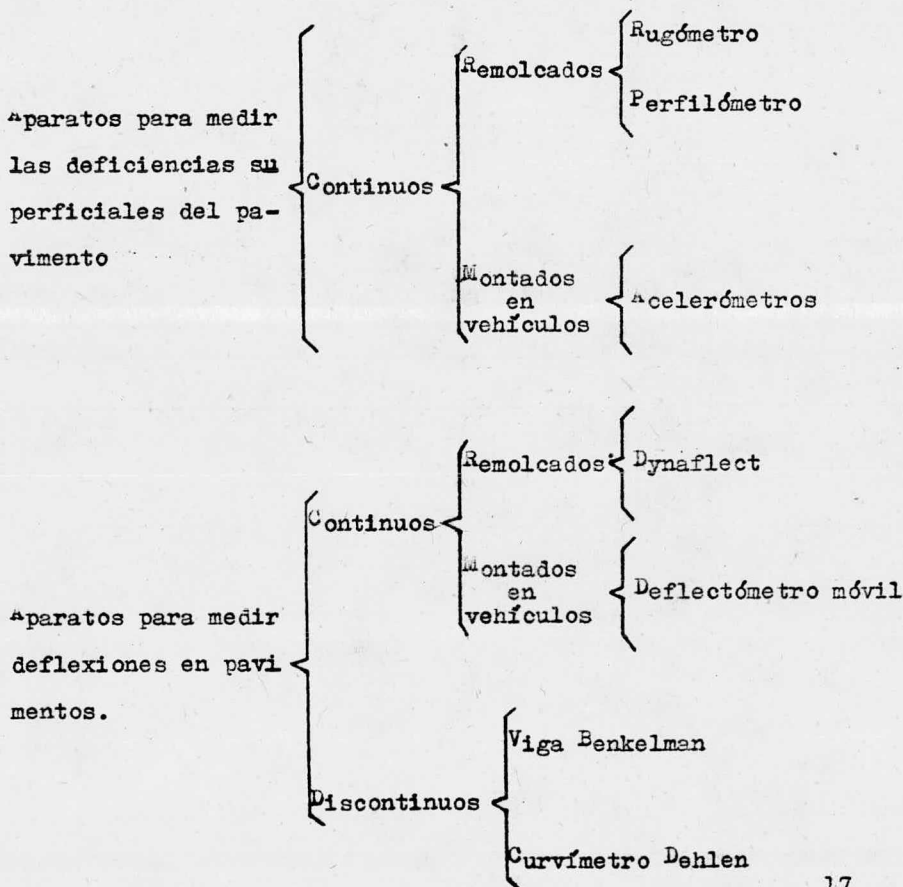
DIVISION Nº		SUBSECCIONES Nº												
CARRETERA Nº		NOMBRE		FECHA										
ORIGEN		DESTINACION												
ANTECE- DENTES	CALIFICACION INICIAL													
	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	SELLO CARPETA												
	BASE N.													
	AÑOS DE SERVICIO													
KILOMETRAJE														
SECCION Nº														
CALIFICACION ACTUAL DEL PAVIMENTO	EXCELENTE	5												
	MUY BUENO	4												
	BUENO	3												
	REGULAR	2												
	MALO	1												
	MUY MALO	0												
	INTRANSITABLE													
CALIFICACION ACTUA														
PAVIMENTO		SI												
ACEPTABLE		NO												
DESCRIPCION DANOS	DEFORMACION	N	F	N	L	F	N	L	F	N	L	F	N	L
	AGRIETAS													
	BACHES													
	ZONAS HONADAS													
	DESPELLO													
NOTA Nº														

Figura 1

I.1.2.- INDICE DE SERVICIO ACTUAL

Concepto de índice de servicio actual.

El índice de servicio actual, se define como la calificación de un camino por medios mecánicos. Las deficiencias superficiales del pavimento pueden medirse por los siguientes medios:



Mediciones de las deficiencias superficiales.

El Instituto del Asfalto recomienda para esta medición el Rugómetro, que consiste en un remolque rectangular de -- una sola rueda que puede ser arrastrado por un vehículo ligero. El remolque esta dinamicamente equilibrado para eliminar cualquier efecto del vehículo remolcador. El movimiento del eje con respecto al bastidor principal del aparato, es integrado mecanicamente y registrado como unidades de detectoro por milla. El mencionado aparato mide las irregularidades de la superficie del pavimento de una carretera al -- plano base establecido por el bastidor rectangular principal. (fig. 2)

Procedimiento con el Rugómetro.

- 1.- El éxito en el uso del rugómetro depende en gran parte de la persona que lo opere. Es conveniente que tenga algunos conocimientos sobre equipo mecánico y que sea capaz de seguir cuidadosamente las instrucciones detalladas del procedimiento.
- 2.- Los efectos del tránsito se reflejan en las rodadas. Las observaciones con el rugómetro normalmente deben hacerse aproximadamente al centro de estas trayectorias.
- 3.- La cantidad de trayectorias longitudinales seleccionadas para hacer las pruebas, así como la cantidad de veces que se recorra cada una, deben ser suficientes para obtener un cuadro representativo de las condiciones superficiales del carril.

4.- Para cada trayectoria longitudinal, dos a tres recorridos darán un índice bastante aproximado, cuando se hacen varios recorridos de prueba en una trayectoria, sobre un pavimento de superficie estable, es de esperarse una dispersión de alrededor del 2 %, si se notara una dispersión mayor, es conveniente revisar cuidadosamente el equipo de prueba.

5.- Cuando se van a hacer mediciones en un tramo de camino, de gran longitud, es recomendable que los valores integrados se registren cada media milla. Cuando se hagan pruebas en tramos cortos, es recomendable aumentar la cantidad de recorridos para lograr una mayor exactitud. Cuando se vallan

a tomar medidas en varios tramos de longitudes diferentes, se encontrará ventajoso marcar el principio y fin de cada tramo. En todos los casos, el índice de deterioro superficial se debe expresar y registrar en pulgadas por milla

6.- La velocidad normal para operar el rugómetro ha sido fijada en 80 m.p.h. (32 Km/h) con una tolerancia de ± 0.5 m.p.h.. La influencia de diferencia en las velocidades del va

hículo, sobre los valores obtenidos para el deterioro superficial es apreciable. Los velocímetros y odómetros comercia

les no es seguro que sean precisos, por lo que deben ser cuidadosamente calibrados. Además, el operar a 20 m.p.h., facilita al conductor conservar la trayectoria fijada y al observador, poder tomar las notas necesarias.

7.- Para obtener resultados consistentes, es imperativo que el rugómetro se opere (se caliente) por lo menos unas 10 mi

llas antes de empezar las pruebas del día.

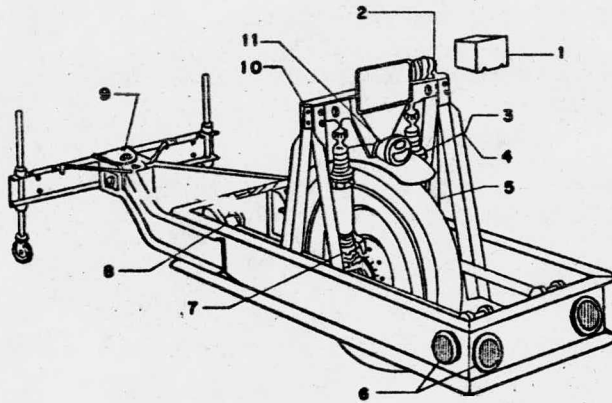


FIG. 2 .- RUGOMETRO

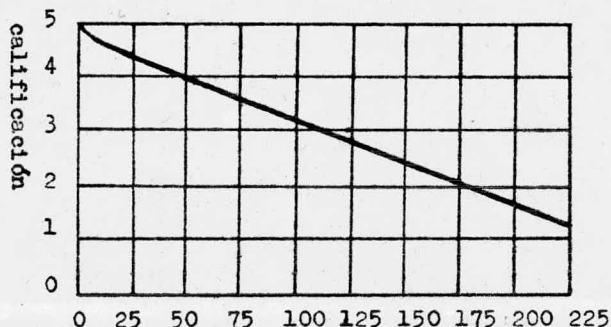
DESCRIPCION DE PARTES

- | | |
|---|--|
| 1.- Cubierta | 7.- Contador de Revoluciones
Microswitch y Leva |
| 2.- Integrador | 8.- Muelles de Hojas y Suspensión |
| 3 y 4.- Amortiguador y Unidad
de Amortiguación | 9.- Enganche Remolque |
| 5.- Cable del Integrador | 10.- Puente |
| 6.- Reflectores | 11.- Luz de Alto |

Para obtener el valor del índice de servicio actual, se entra a la gráfica 1, con el valor del deterioro superficial, en pulgadas/milla o se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de servicio actual} = 5.00 - 0.015R - 0.140 \text{ Log. } R$$

R = deterioro superficial, en pulgadas por milla



valor del rugómetro R. en pulgadas por milla

gráfica 1

Por ejemplo; si un tramo es de 1/4 de milla de longitud y las medidas acumuladas del deterioro superficial, es de 25 pulgadas.

Solución: $R = \frac{25}{0.25} = 100.00$ pulgadas /milla

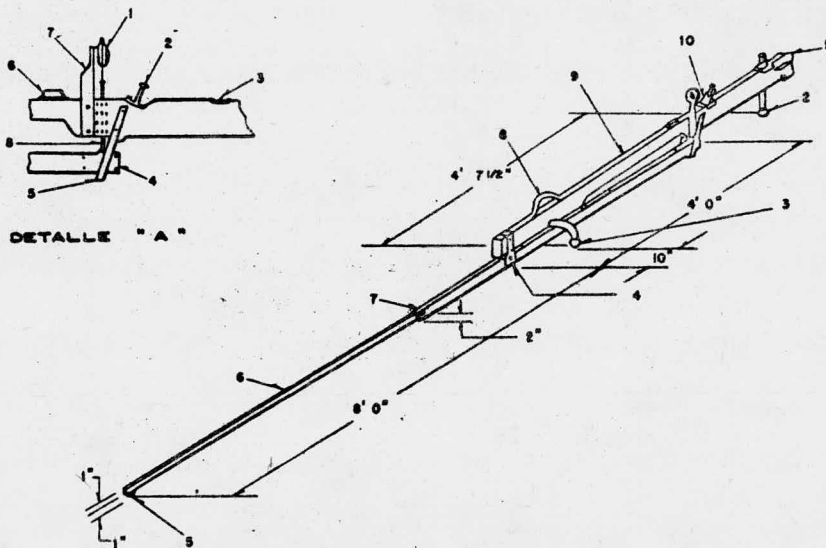
entrando a la gráfica con el valor de R = 100.00 encontramos que la calificación es de 3.20

Medición de la deflexión del pavimento.

Basicamente el método de la medición de la deflexión, - consiste en la aplicación de una carga por eje sencillo de - 15,000 Libras (7,500 libras por rueda doble). Las lecturas - de deflexión obtenidas, se comparan con los valores máximos- permisibles, determinados previamente en un tramo de condi-- ciones estructurales semejantes y con un volumen de tránsito similar, referido a cargas equivalentes de 5,000 libras por- rueda.

Viga Benkelman, este aparato opera siguiendo el principio de una palanca simple. Un brazo de prueba de 8 pies de longitud se coloca entre las dos llantas duales del camión cargado -- con 15,000 libras por eje sencillo. Al deformarse el pavimen- to, el pivote de la viga gira alrededor de un punto de rota- ción colocado en la viga de referencia, la cual descansa en- el pavimento, hacia atrás del área de influencia, de tal ma- nera que el brazo posterior de la viga, de cuatro pies de -- longitud, acciona un extensómetro, que registra la deflexión máxima, con una aproximación de 0.001 de pulgada.

Aún cuando este aparato está limitado a la medición de defla- xiones totales, tiene ventajas muy importantes en cuanto a - sencillas, versatilidad y rapidez de medición. Con el es po- sible efectuar entre 300 y 400 medidas por día. (Fig. 3.)



DETALLE "A"

FIG. 3 - VIGA BENKELMAN

DESCRIPCION DE PARTES DE LA FIG. 3

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1.-BATERIA | 6.- VIGA SONDA |
| 2.-APOYO TRASERO AJUSTABLE | 7.- JUNTA RIGIDA |
| 3.-APOYO DELANTERO | 8.- AGARRADERA |
| 4.-PIVOTE EMBALERADO | 9.- VIGA DE REFERENCIA |
| 5.-PIE DE LA SONDA | 10.- VER DETALLE "A" |

DETALLE "A"

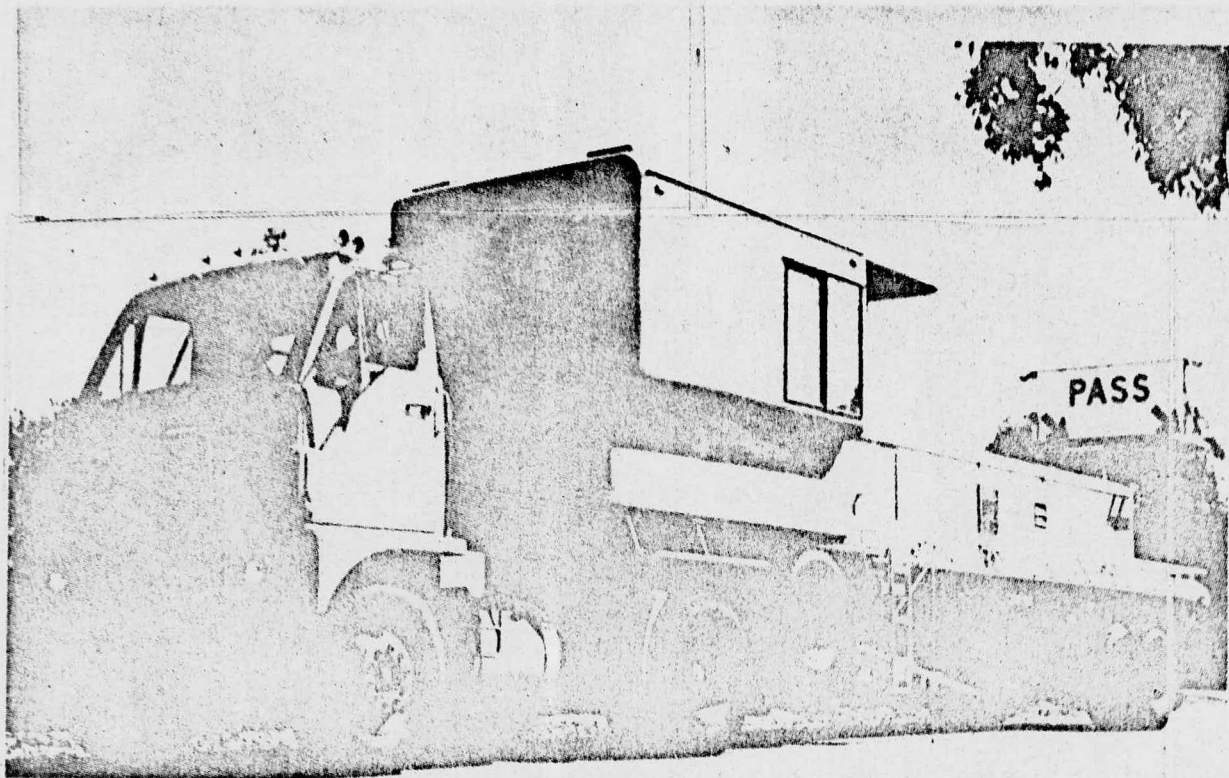
- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1.-EXTENSOMETRO DE CARATULA | 5.-GUIA DE LA VIGA |
| 2.-SEGURO DE LA VIGA | 6.-ZUMBADOR |
| 3.-INTERRUPTOR DEL ZUMBADOR | 7.-SOSTEN DEL EXTENSOMETRO |
| 4.-SONDA | 8.-VASTAGO DEL EXTENSOMETRO |

Deflectómetro móvil. Es un instrumento automático de medición de deflexiones, basado en el principio de la viga Benkelman. Forma una unidad camión remolque que lleva una carga de prueba por eje sencillo, de 15,000 libras, en las llantas traseras (medidas 11 X 22.5, separación de 12" entre sí y 70 libras por pulgada cuadrada de presión, que son características idénticas a las del vehículo que se emplea en la viga Benkelman) y mide la deflexión del pavimento bajo ambas ruedas simultáneamente. El deflectómetro es un instrumento electromecánico, capaz de medir deflexiones en el pavimento a intervalos de 20 pies, de una forma uniforme y continua, mientras el vehículo se desplaza sobre el camino a 0.5 millas/hora. Las deflexiones se miden con una aproximación de 0.001 de pulgada, por medio de un brazo de prueba que descansa sobre el pavimento y se registran en forma continua en una gráfica. En un día de trabajo normal, se pueden hacer entre 1500 y 2000 medidas individuales de deflexión. (Figura 4).

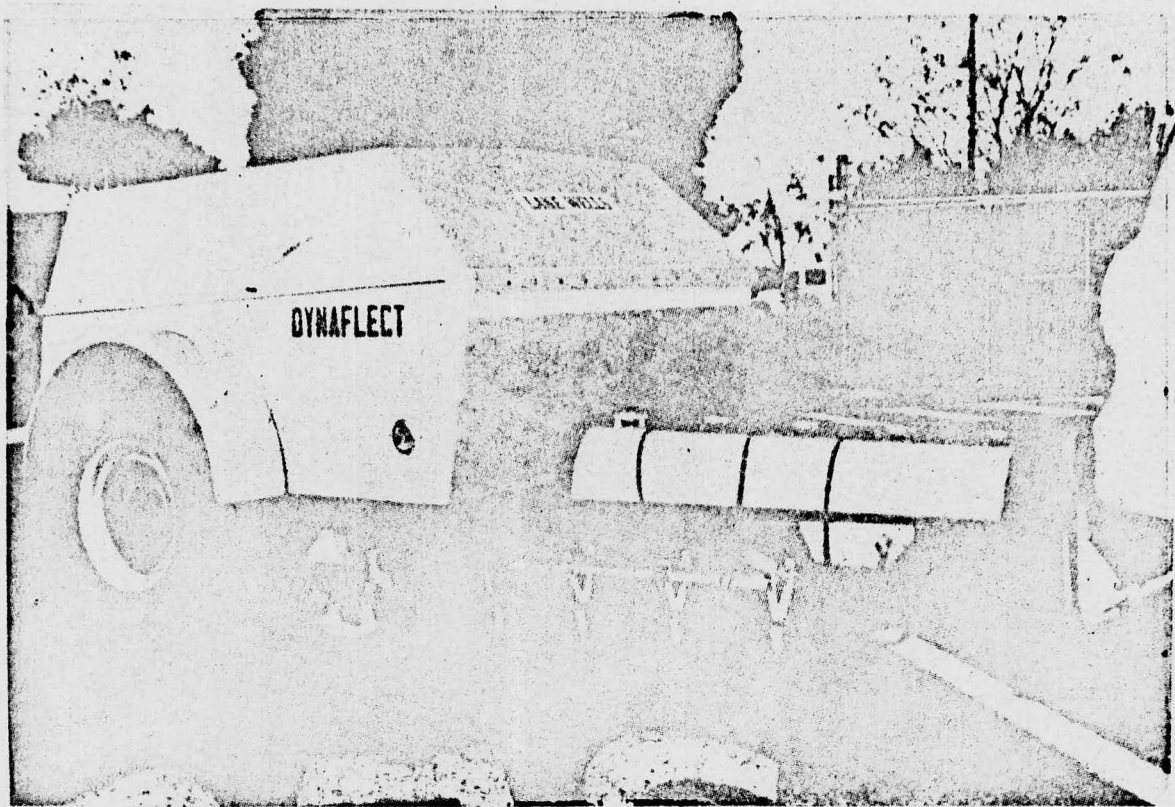
Dynalect. Es un sistema electromecánico para medir la deflexión dinámica de la superficie de una carretera, producida por una carga oscilatoria. Consiste en un generador de fuerza dinámica, un aparato móvil de medición, una unidad de calibración y una serie de cinco geófonos móviles, montados en un pequeño remolque. El remolque, estando en posición fija, ejerce en la superficie del pavimento, mediante dos ruedas de acero cubiertas de hule, una carga oscilato-

ria cuya intensidad es de 1000 libras en los puntos máximos. La amplitud resultante de la deflexión, es recogida por los geófonos y leída como una medida de la propia deflexión, en un aparato colocado dentro de la cabina del vehículo remolcador. (Figura 5).

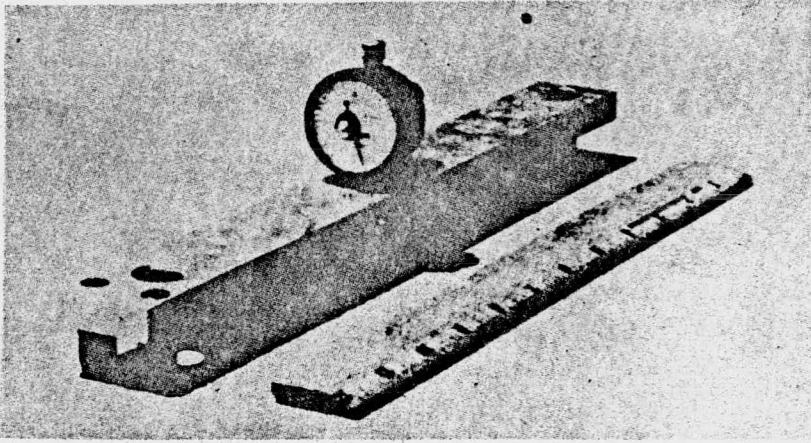
Curvímetro Dehlen. Este aparato, consiste en una barra de aluminio de $1/2$ " de grueso por $1-1/2$ " de ancho y 13" de longitud, con apoyos a una distancia de 12" centro a centro y un extensómetro de carátula, con aproximación de 0.005 ", - carrera de 0.05 ", fijado al centro de la barra. Colocando este aparato entre las 2 ruedas duales del vehículo de prueba cargado (15,000 libras), es posible medir la ordenada media de una curva que tiene una longitud de cuerda de 12 - pulg., correspondiente a la cavidad de la zona deformada y de la cual puede calcularse el radio de curvatura y obtener el valor de la deflexión. (Figura 6).



DEFLECTOMETRO MOVIL
figura 4



DYNAFLECT
figure 5



CURVIMETRO DEHLEN

figure 6.

I.1.3.- Tipos de fallas.

El término falla se ha venido usando indistintamente - para designar los daños que presente un pavimento, aunque - estos hayan sido ocasionados tanto por defectos de construc- ción como por el tránsito y las condiciones climáticas a -- que ha estado sometida la superficie de rodamiento. Se dis- tinguen dos tipos de fallas, que son las siguientes:

Falla estructural, es aquella que implica una destruc- ción de la estructura del pavimento y en general es debida- a que el tránsito que ha soportado es mayor al que se calcu- ló para su vida útil; Si este es el caso, se puede conside- rar que la estructura cumplió su cometido. En otras ocasio- nes la falla estructural se presenta prematuramente, es de- cir, mucho antes que termine la vida útil y entonces, en ge- neral se debe a espesores reducidos de pavimento, a que los materiales usados fueron de mala calidad, a menudo combina- dos con un mal drenaje o a baja compactación.

La falla funcional es aquella que tienen los caminos - cuando las deformaciones superficiales son mayores a las ta- lerables, de acuerdo con el tipo de camino del cual se tra- te; Ya que se puede tener una superficie de rodamiento con- deformaciones que son aceptables para caminos secundarios - pero que puede considerarse inconveniente para autopistas y por lo tanto que ha llegado la falla funcional.

Las fallas en los pavimentos las originan desde luego las - acciones que ejercen directa o indirectamente sobre ellos,-

los factores siguientes:

- a) la repetición de cargas
- b) los agentes del clima
- c) el peso propio de las capas que constituyen la estructura conjunta de la obra.

Las fallas se producen o se inician en los puntos débiles o deficientes de alguna de las 4 partes fundamentales de la estructura general de la carretera, calle o pista de aeropuerto, los cuales no pueden soportar eficientemente los efectos destructivos de algunos o varios de los factores señalados anteriormente, siendo a su vez esas zonas potenciales de falla; La consecuencia de diseños inadecuados, mala calidad de los materiales utilizados, procedimientos de construcción defectuosos, falta de una conservación eficaz y oportuna, etc., de tal manera que las fallas en los pavimentos pueden tener su origen en el terreno de cimentación, en las terracerías, en las obras de drenaje o en los elementos constitutivos del propio pavimento.

Clasificación de los principales tipos de fallas que se presentan en los pavimentos:

- | | | |
|-----------------|---|------------------------|
| Tipos de fallas | } | I.- Distorciones |
| | | II.- Agrietamientos |
| | | III.- Desintegraciones |
| | | IV.- Defectos varios |

Formas como se manifiestan:

- I.- Distorsiones
- baches
 - asentamientos
 - ondulaciones
 - corrugaciones en la carpeta
 - desplazamientos o corrimientos
 - levantamientos del pavimento
 - rodadas marcadas en la carpeta
 - surcos
 - deprecciones en zanjas no bien rellenadas

- II.- Agrietamientos
- grietas longitudinales en las orillas o en el centro.
 - grietas transversales por reflexión o por contracción.
 - grietas en forma de mapa o de piel de cocodrilo limitando piezas pequeñas - de carpeta (10 a 40 cm. de lado), o - piezas grandes (más de 40 cm.).
 - grietas por corrimientos de la carpeta
 - grietas parabólicas en la carpeta -- (zona de desaceleración).

- III.- Desintegraciones
- Desprendimiento del material pétreo de la carpeta o del riego de sello.
 - Desprendimiento de la película de - asfalto del material pétreo.
 - Desprendimiento de la carpeta como - capa.
 - Rompimiento de las partículas del - material petreo, que propician su - desprendimiento.

IV.- Defectos varios

- Superficies lisas o derrapantes (aflo-ramientos de asfalto o materiales que se pulen facilmente)
- Zonas con asfalto descubierto en carpe-tas de riegos o en riegos de sello -- (desprendimientos del material petróo-o ausencia original de este).
- Superficies "rayadas" en carpetas de -- riegos o en riegos de sello (falta de uniones correctas entre las fajas de - riego o deficiencias en la aplicación del asfalto.

I.1.4.- Pruebas

El tipo de pruebas, que se necesite realizar al pavimento va en función del estado del mismo, por ejemplo en un pavimento en el que se hallan marcado las rodadas de los vehículos - en forma de acanaladuras, pero sin que se tengan fuertes deformaciones, lo más probable es que la falla sea de las capas de base y sub-base, ya sea por defecto en el espesor, o por baja calidad de los materiales; en este último caso, según sea la humedad de la región, se tendrán más agrietamientos en la carpeta. Dependiendo de la profundidad de las rodaduras, - se deben efectuar condeos cada 500 ó 700 metros, pero no menos de 3 en el subtramo.

Cuando se tienen deformaciones fuertes en situación irregular la falla es de tipo estructural abarcando desde las terracerías probablemente por exceso de humedad o por baja compactación, - quizá desde la construcción de la obra, por lo que al aumentar la intensidad del tránsito, se presentan las deformaciones. En este caso, se deben efectuar sondeos que tendrán una separación entre 250 y 500 metros, pero también no menor de 3 en el subtramo.

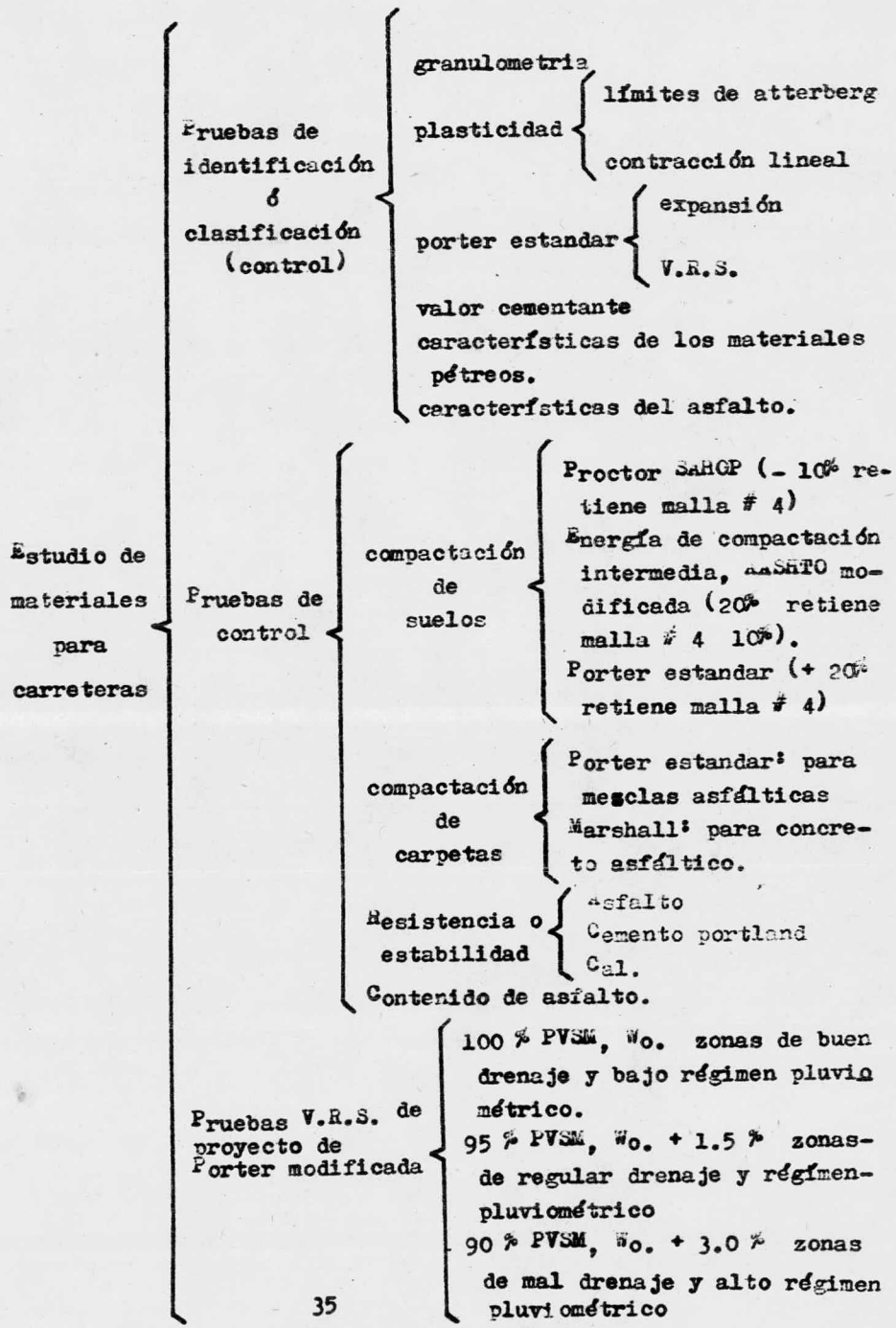
Los sondeos que se efectúan en los tramos por reconstruir son de tipo a cielo abierto de 0.50 X 0.50 metros, abarcando a la carpeta, base, sub-base, capa subrasante y de 0.30 a 0.50 m. - del cuerpo del terraplen.

Se toman muestras de la carpeta a fin de determinar las condiciones en que se encuentra, debiéndose efectuar en el campo -

una inspección visual para observar algunos datos como rigidez, cubrimiento, agua libre, etc., y mediante pruebas de laboratorio se determinará: contenido de asfalto, de agua y granulometría del material pétreo.

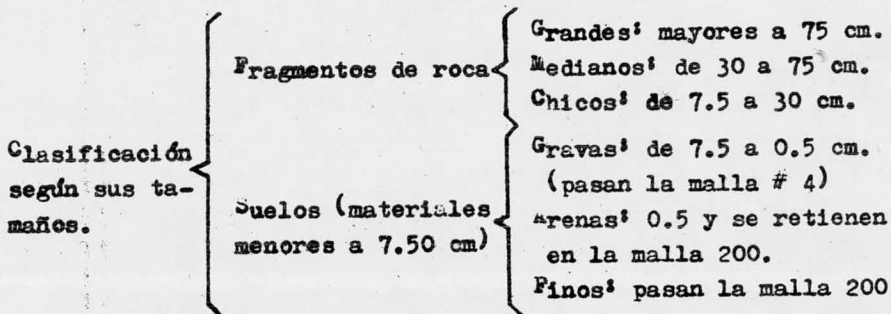
En las capas de base y sub-base, se determinará la compactación y humedad del lugar y se tomarán muestras de cada una de ellas para determinar en el laboratorio: peso volumétrico seco suelto, densidad del agregado grueso, granulometría, límites de plasticidad (incluyendo contracción lineal); Datos de prueba de Porter Estandar o de California como son: Peso volumétrico seco máximo, humedad óptima, expansión y valor relativo de soporte (saturado).

Con estos datos, se determinará la aceptabilidad o no de estos materiales para el nivel en que se encuentren en la obra, en caso necesario, se harán las pruebas requeridas para mejorar sus características, por medio de estabilización ó algún otro tratamiento.

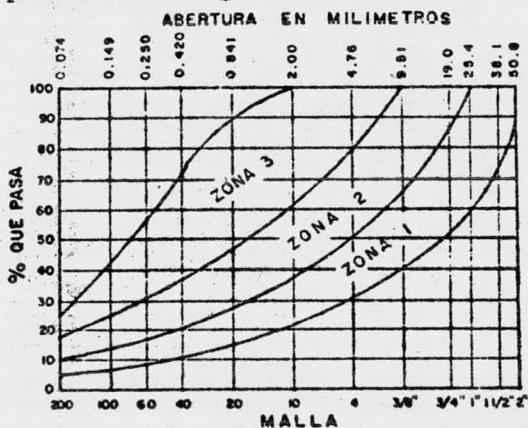


Las pruebas de identificación o clasificación, nos sirven para identificar y clasificar un material en estudio y así poderle dar la mejor utilización en la estructura de un camino, y las más importantes son las siguientes:

Granulometría: es la representación gráfica de los diferentes tamaños de un suelo, relacionandolo al peso total de la muestra, dandose en porciento (%).



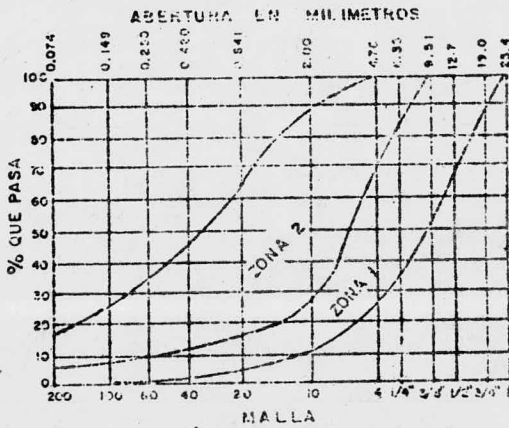
A continuación se presentan las gráficas 2, 3, 4, 5 y 6 de especificaciones granulométricas para los pavimentos.



Zonas de especificaciones granulométricas para materiales de Sub-base y Base.

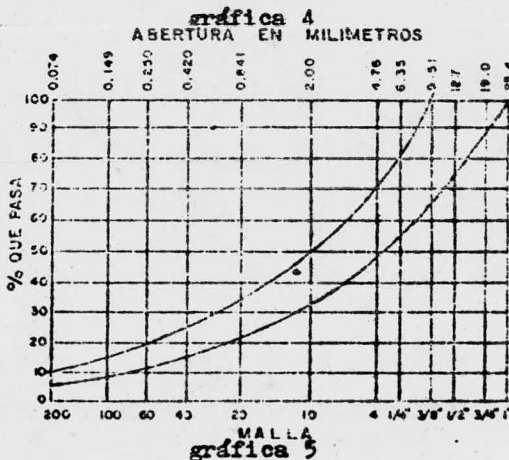
CARACTERISTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA		
	1	2	3
Contracción lineal, en por ciento (máx.)	6.0	4.5	3.0
Valor cementante para materiales angulosos en Kg/cm ² (Mín.)	3.5	3.0	2.5
Valor cementante, para materiales redondeados y lisos en Kg/cm ² (Mín.)	5.5	4.5	3.5
Valor relativo de soporte estándar saturado, en Por ciento	50 Min.		
Equivalente de arena, en por ciento	20 Mín (Tentativo)		

gráfica 3



Materiales de Sub-base

Zonas de especificación granulométricas para materiales pétreos que se empleen en mezclas asfálticas en el lugar.



Zona de especificación granulométrica para materiales pétreos que se empleen en concretos asfálticos

«Especificaciones granulométricas para materiales pétreos que se empleen en carpetas asfálticas por el sistema de riegos o para riegos de sello.

POR CIENTO QUE PASA LA MALLA

Denominación-	del	50.8	38.1	32.0	25.4	19.0	12.7	9.51	6.35	4.76	2.38	0.42
material	(2")	(1 1/2")	(1 1/4")	(1")	(3/4")	(1/2")	(3/8")	(1/4")	(#4)	(#8)	(#40)	
pétreo	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1			100	95		5		0		0		
				min.		max.						
2					100	95		5		0		
						min.		max.				
3-A						100	95			5	0	
							min.			max.		
3-B							100	95		5	0	
								min.		max.		
3-E						100	95		5		0	
							min.		max.			

Gráfica 6.

Plasticidad: es la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. Para medir la capacidad de plasticidad de los materiales, se han desarrollado los siguientes criterios:

a) Límites de Atterberg

b) Contracción lineal

a) Límites de Atterberg. Atterberg hizo ver que, en primer lugar, la plasticidad no era una propiedad permanente de las arcillas, sino circunstancial y dependiente de su contenido de agua. Una arcilla muy seca puede tener la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, y esa misma, con gran contenido de agua, puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o inclusive las de una suspensión líquida. Entre ambos extremos, existe un intervalo del contenido de agua en que la arcilla se comporta plásticamente. En segundo lugar, Artur Casagrande hizo ver que la plasticidad de un suelo exige, para ser expresada en forma conveniente, la utilización de dos parámetros, que son el límite líquido y el límite plástico.

Límite líquido: es la frontera convencional entre los estados semilíquido y plástico.

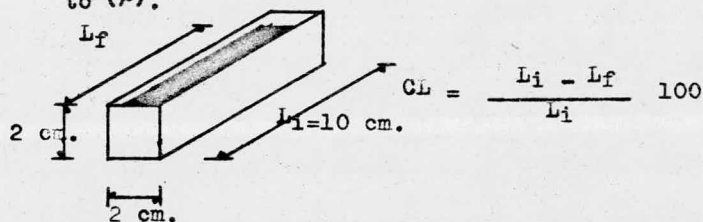
Límite plástico: es la frontera convencional entre los estados plástico y semisólido.

A la diferencia entre los valores de los estados de plasticidad se le llama Índice plástico. Los límites de plásti-

y el índice plástico se expresan en por ciento (%), del peso del agua con respecto al peso de sólidos.

$$w \text{ (contenido de agua) \%} = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso de sólidos}} 100$$

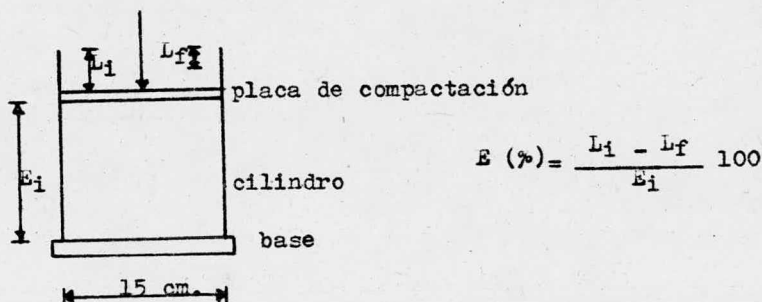
2.- Contracción lineal. La contracción lineal, es la relación de medidas de longitud de una muestra de material, que en un principio se encuentra en el límite líquido al cual se mete en un pequeño molde y dentro de un horno para un secado por espacio de 24 horas y a una temperatura de 100° C. Al resultado de la contracción lineal se expresa en por ciento (%).



Porter estandar: Esta prueba consiste en colocar una muestra húmeda de material, en un cilindro, al que se le dan 27 toneladas de carga, y si en la base se presenta una gota de agua, se dice que se tiene la humedad óptima y el peso volumétrico máximo. Después de haber elaborado el espécimen y colocado en la prensa, se obtiene la expansión y el valor relativo de soporte.

La expansión se obtiene de la siguiente forma: el espécimen se mete a saturar y con lecturas iniciales (antes de la saturación) y lecturas finales (después de la saturación) se

encuentra la expansión, también el resultado de la expansión se dá en porciento (%). Después se saca el espécimen del tanque de la saturación y se seca para hacer la prueba de penetración.



El valor relativo de soporte, es una prueba de resistencia que se emplea para el proyecto de espesores del pavimento. El valor relativo de soporte, también denominado CBR (California Bearing Ratio), es la resistencia en porciento, que un suelo opone a la penetración de una aguja con sección transversal de 19.35 cm²., con respecto a la resistencia que opone un material considerado estándar (caliza triturada). Las resistencias que generalmente se relacionan son las correspondientes a la penetración corregida de 2.54 mm.

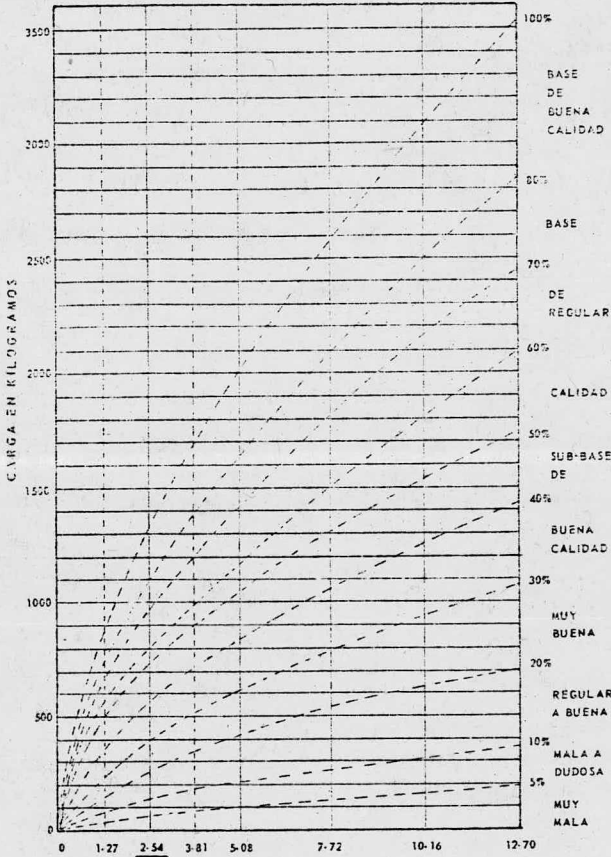
$$VRS = \frac{\text{resistencia a la penetración del material}}{\text{resistencia a la penetración de un mat. estandar}} 100$$

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

FORMA 13/64-02-CDS

DIRECCION GENERAL DE LABORATORIOS Y CONTROL DE CALIDAD
 DEPARTAMENTO DE ENSAYE DE MATERIALES
 PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE

FECHA _____ ENSAYE _____ OPERADOR _____



PORTER SATURADO

P. SECO _____

P. HUMEDO _____

AGUA AGREGADA _____

ALTURA MOLDE _____

ALTURA FALTANTE _____

ALTURA DEL MAT _____

AREA _____

VOLUMEN _____

6m _____

7.5 _____

W_{OPT} _____

% EXP. _____

% V. R. S. _____

PENETRACIONES

▲
SUB-RASANTE
▼

1-27 _____

2-54 _____

3-81 _____

5-08 _____

7-62 _____

10-16 _____

12-70 _____

MOLDE NUM. _____

EXTENSION NUM. _____

LECTURA I= _____

LECTURA F= 42

PENETRACION EN MILIMETROS

$$(\%) \text{ V.R.S. } = \frac{C_1}{1320} \quad 100$$

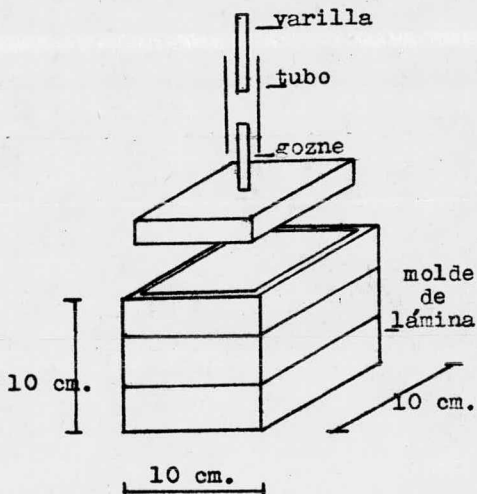
Valor cementante: Esta prueba nos da la resistencia a la compresión sin confinar. Cuando un material de base y de sub-base no tiene el valor cementante requerido, es necesario mezclarle pequeñas cantidades de materiales cuyos finos tengan índices plásticos menores de 12 %, o sea contracción lineal menor a 4.5 %. En general se utilizan arenas limo arcillosas de origen calizo o de silicatos en proporciones que varían de 10 a 20 %. Se deberá tener especial cuidado de no abusar en el uso de materiales cementantes, pues en lugar de mejorar el material matriz, se pueden obtener mezclas con VRS o plasticidad fuera de especificaciones.

Al cementar adecuadamente una base para carpetas delgadas se obtiene:

- 1.- Sustentación adecuada a las carpetas, capaz de resistir los esfuerzos horizontales.
- 2.- Aumentar la eficiencia de la operación de compactación, pues un material inerte requiere más energía para alcanzar un cierto grado de compactación que el mismo material cementado adecuadamente.

3.- Facilidad de mantenimiento en la etapa de construcción, El procedimiento de la prueba es el siguiente: Se llena un molde de lámina de 10 X 10 X 10 cms. en 3 capas con la humedad óptima, a cada capa se le dan 25 golpes con una varilla de 360 gramos de peso, dejándola caer de una altura de 25 - cm.. Con este mismo procedimiento, se elaboran 3 cubos para cada material, después se meten a un horno a secar hasta peso constante, enseguida se rompen a compresión simple y se calcula el valor cementante.

$$\text{Valor cementante} = \frac{\text{Carga de ruptura a la comp. simple}}{\text{area}}$$



Características de los materiales pétreos. Se obtiene por medio de las siguientes pruebas: Dureza y buena adherencia con el asfalto.

Dureza; se mide por medio de la prueba de los ángeles, que -- consiste en poner un material pétreo en un cilindro metálico de 1 metro de diámetro y 70 centímetros de ancho, en el que -- se introduce el material acompañado de bolas de acero y al -- cual se le dá un cierto número de giros especificado, después se pasa el material por una malla y el % del material que pasa la malla se llama desgaste.

$$\text{Desgaste (\%)} = \frac{\text{peso del mat. que pasa la malla esp.}}{\text{peso total del material colocado}} \cdot 100$$

Adherencia con el asfalto; esta característica se obtiene por medio de tres pruebas que son:

Pérdida por fricción, inglesa y pérdida de estabilidad por inmersión en agua.

Pérdida por fricción: Esta prueba consiste en colocar una cantidad de mezcla asfáltica en un frasco con agua, se agita un determinado tiempo al cabo del cual se saca el material del frasco y con la vista se ve el porcentaje de asfalto desprendido.

Prueba inglesa: En una charola se coloca una capa de asfalto a 100 °C y otra capa de agua a 100 °C, enseguida con unas -- pinzas se toma material pétreo de diferentes tamaños hasta pa

nerlo en contacto con el asfalto, se saca y se vé la cantidad de asfalto que se pegó en la piedra. El promedio adherido es el porciento (%).

Prueba de pérdida por inmersión en agua: Consiste en fabricar 4 especímenes de mezcla asfáltica en un molde de 10 cm. de diámetro por 12 cm. de altura dándole una carga de 20 -- kg/cm.², después de haberse dado la carga a los 4 especímenes, 2 se saturan durante 3 días y 2 se mantienen en condiciones normales. Al cabo de los 3 días se rompen a la compresión simple los 4 especímenes y la pérdida de estabilidad por inmersión en agua , queda de la siguiente manera.

$$(\%) \text{PIA} = \frac{\text{promedio de la resist. de los esp. no sat.} - \text{promedio de la resist. de los esp. saturados}}{\text{promedio de la resist. de los esp. no sat.}} 100$$

Los materiales pétreos pueden ser de dos tipos:

Hidrofílicos e hidrófobos.

Hidrofílicos: Materiales ácidos no afines al asfalto pero - afines con el agua. Hay materiales no afines al asfalto que si se adiciona un aditivo al asfalto modifica la tensión superficial de los agregados y los hace aceptables.

Hidrófobos: materiales básicos afines con el asfalto, repelen al agua.

Características del asfalto.

El asfalto es el residuo de la destilación del petróleo

- Elementos volátiles
- Gasolinas

- Petróleo diáfano (keroseno)
- Diesel
- Aceites, grasas, parafinas, etc.
- Asfalto (cemento asfáltico)

El cemento asfáltico en estado natural es sólido y para poder utilizarse, es necesario calentar a temperaturas de 150°C aproximadamente, también se puede utilizar como asfalto rebajado que es una mezcla de petróleo, gasolina o diesel con cemento asfáltico.

Asfalto rebajado	{	F.R. - gasolinas más cemento asfáltico
		F.M. - keroseno más cemento asfáltico
		F.L. - diesel más cemento asfáltico.

Las cantidades de solventes como, gasolina, keroseno y diesel varía entre 0 y 5. El cero tiene más solventes y el cinco tiene menos solventes. como por ejemplo, el F.R. 3, es el que más se utiliza para hacer carpetas asfálticas y el F.M. 1 el que más se utiliza para riegos de impregnación.

Emulsiones asfálticas: son suspensiones de cemento asfáltico en agua y para que sean estables es necesario agregarle un emulsificador.

Emulsiones asfálticas	{	Aniónicas(-), emulsionador sosa caustica
		Catiónicas(+), emul., ácido clorhídrico

Los asfaltos rebajados, no trabajan bien en presencia del agua, en cambio las emulsiones asfálticas si trabajan con humedad en el material pétreo, si es poca la humedad se ca loca emulsión asfáltica aniónica, si es mucha la humedad se utiliza la emulsión asfáltica catiónica.

PRUEBAS QUE SE REALIZAN A LOS PRODUCTOS
ASFALTICOS

prueba	cemento asfáltico	asfalto rebajado	emulsión aniónica	emulsión catiónica.
penetración	X	(residuo)	(residuo)	(residuo)
punto de inflamación	X	X		
viscosidad	X	X	X	X
punto de reblandecimiento	X			
ductilidad	X	(residuo)	(residuo)	(residuo)
solubilidad en tetracloruro de carbono	X	X		
película delgada	X			
destilación		X	X	X
residuo de la destilación		X	X	X
agua por destila- ción.		X		
flotación		(residuo)		
asentamiento en 5 días			X	X
demulsibilidad			X	

prueba	cemento asfáltico	asfalto rebajado	emulsión aniónica	emulsión catiónica
retenido en ma- lla 20			X	X
miscibilidad con cemento portland			X	X
carga de la par- tícula			X	X
PH máximo				X

A continuación se enuncian algunas de las pruebas:

Prueba de destilación: se lleva a cabo calentando un matraz esférico en el que se ha colocado una cierta cantidad de -- producto asfáltico, del matraz sale un tubo que se conecta a un refrigerante y este a su vez deja caer el material obtenido en un recipiente graduado. En seguida se hacen dos -- enlistados, uno de temperaturas y otro de solventes recobrados, hasta llegar a la temperatura máxima

$$\text{Cont. de solventes (\%)} = \frac{\text{volumen de solv. recobrados}}{\text{volumen total del prod. recob.}} 100$$

$$\text{porcentaje de residuo (\%)} = \frac{\text{Vol. total} - \text{vol. de solv.}}{\text{volumen total}} 100$$

Prueba de penetración: Esta prueba se lleva a cabo en el cemento asfáltico y consiste en medir la penetración de una -- aguja lastrada con 100 gramos, en el cemento asfáltico du--

rante 5 segundos a 25 °C. La penetración se expresa en décimos de milímetros, y se denominan grados (1 décimo de mm es igual a 1 grado)

Prueba del punto de inflamación: Esta prueba nos indica la temperatura a la cual arde el producto asfáltico. Se lleva a cabo con una casuelita con producto asfáltico, la cual se coloca en un mechero, cuando ha alcanzado alta temperatura se coloca en la parte superior de la casuelita una mecha encendida, así esperamos hasta que salga la primera flama y tomamos la temperatura, después esperamos hasta que se incendie y tomamos la temperatura la cual llamaremos de ignición. Con esto tenemos la temperatura de calentamiento de los productos asfálticos que es aproximadamente de 10 °C, menos que la temperatura de ignición.

Prueba de viscosidad: con esta prueba, se mide la resistencia que opone el asfalto a pasar por un orificio. La viscosidad es el inverso de la fluidez y el proceso para calcularlo es el siguiente: Se coloca asfalto en un recipiente el cual tiene a su alrededor aceite con una temperatura que varía desde los 25 °C para los F.R. hasta 32 °C del F.M. . En la parte inferior se coloca un recipiente aforado hasta la marca de 60 CC. Así después de colocado el asfalto y a cierta temperatura, se toma el tiempo en que tarda en llenarse el recipiente aforado, en segundos, y este es el que nos indica la viscosidad del producto.

Prueba de la ductilidad: Esta prueba nos proporciona la -

propiedad que tienen los asfaltos para alargarse sin que se rompan. El procedimiento para realizar esta prueba es el siguiente: En un recipiente de 1.20 metros de largo que contiene un tornillo al cual se sujeta el asfalto, se le llena con agua densa (agua con sal), y se obtiene la longitud inicial, seguido se le dan vueltas al tornillo para alargar el asfalto hasta que se rompa y se toma la longitud que es la final y con la diferencia de lecturas encontramos la ductividad.

Las pruebas de control, nos sirven para verificar la calidad de las obras. Además, de contar con las pruebas de identificación ó clasificación, se tienen las siguientes pruebas:

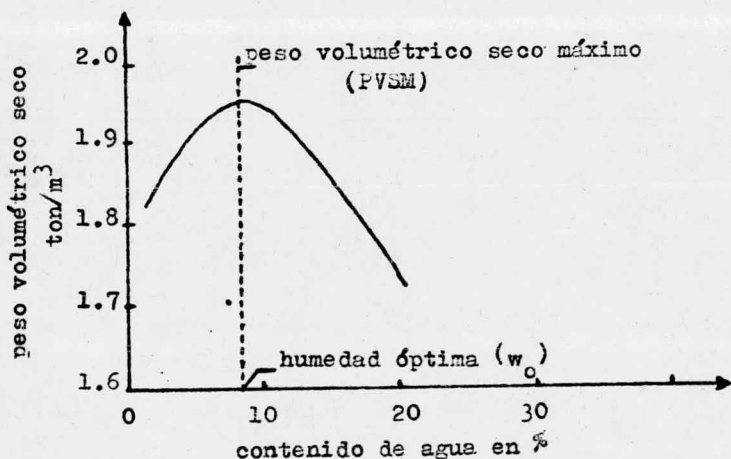
Compactación de suelos, compactación de carpetas, resistencia o estabilidad y contenido de asfalto.

Compactación de suelos: Es el proceso mecánico por medio del cual se reduce el volumen de los suelos en una forma relativamente rápida, de manera de obtener características de deformación y resistencia necesarias para tener un buen comportamiento durante la vida útil de la obra. La analogía entre consolidación y compactación es que en la consolidación es un proceso natural en donde se reduce el volumen de agua y aire en un tiempo de siglos, en cambio en la compactación, es un proceso mecánico en donde se reduce el volumen del aire en un tiempo de horas.

La compactación se mide por medio del grado de compactación que se expresa en por ciento (%). Para conocer el grado de compactación, es necesario hacer pruebas de campo y laboratorio, por lo tanto, se define como grado de compactación de un suelo compactado, a la relación, en porcentaje, entre el peso volumétrico seco obtenido en la obra, y el máximo especificado en el laboratorio para tal obra. El control de la obra se lleva generalmente investigando el grado de compactación de los materiales ya compactados y estableciendo un mínimo aceptable, que varía según la importancia y función de obra.

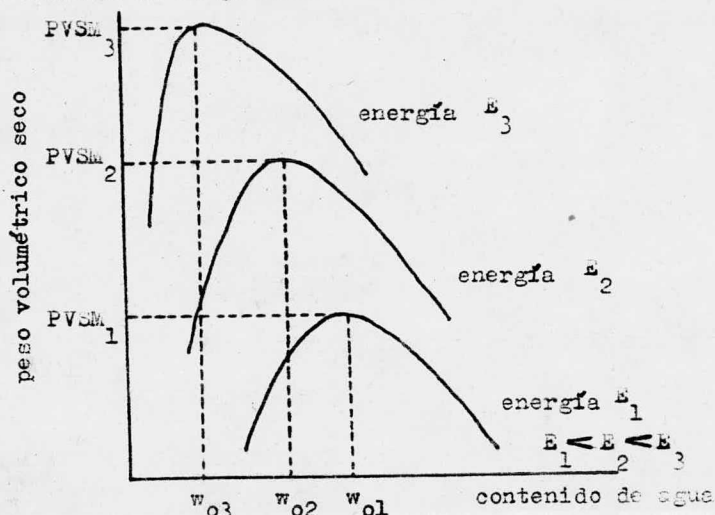
La prueba de campo nos da el peso volumétrico seco natural que se realiza por medio de la extracción de una muestra de material, al volumen que quedo de la muestra extraída, lo medimos con arena, y obtenemos el peso del material extraído, enseguida se hace la relación entre el peso y su volumen al cual se le denomina peso volumétrico suelto a su vez este peso se relaciona con $(1 + w)$ y encontramos el peso volumétrico seco natural.

Las pruebas de compactación en el laboratorio, se hacen variando los contenidos de agua pero manteniendo constante la energía que se comunica al suelo y se obtiene la siguiente gráfica:



Al mayor peso específico, se le denomina peso volumétrico seco máximo (PVSM) y a la humedad correspondiente, humedad óptima (w_o).

A medida que la energía de compactación es mayor, el PVSM - también aumenta; en cambio, la humedad óptima disminuye, como se muestra en la gráfica.



Las pruebas de compactación de laboratorio, son de dos tipos: Estático y dinámico.

La prueba de compactación estática se realiza por medio de la prueba de Porter estandar, ya descrita en este mismo capítulo. Las pruebas de compactación dinámica, son aquellas que en un cilindro se compacta el material con una cierta humedad en capas, al cual se le dá la energía por medio de un pisón de un cierto peso y se le dá un número de golpes con una altura de caída. Se hacen diferentes especímenes aumentando la humedad, para obtener una curva de compactación tipo proctor, conservando la misma energía en todos los especímenes.

Pruebas de compactación dinámica	}	Proctor:	3 capas; pisón = 2.5 kg.; NG = 25 ; h = 30 cm.; ϕ = 10 cm.		
		Proctor SanOP :	NG = 30		
		AASHTO modificada :	<table border="0"> <tr> <td rowspan="2">}</td> <td>3 capas</td> <td rowspan="2">pisón = 5 kg.; NG = 55; h = 50 cm.; ϕ = 15 cm.</td> </tr> <tr> <td>5 capas</td> </tr> </table>	}	3 capas
}	3 capas	pisón = 5 kg.; NG = 55; h = 50 cm.; ϕ = 15 cm.			
	5 capas				

Como recomendación del uso de pruebas de compactación se tiene lo siguiente:

Prueba Proctor SanOP a materiales que pasen totalmente por la malla # 4, o cuando más, tengan un retenido del 10 % en esta malla, pero que pasen totalmente por la malla de 9.52 mm. -- (3/8").

Prueba AASHTO modificada 3 capas, a materiales que pasen totalmente por la malla de 25.4 mm. (1"), con retenido en malla 4 entre 10 y 20 %.

Prueba Porter estandar a materiales que pasan totalmente por la malla de 25.4 mm. (1"), con retenido en malla # 4 mayor a 20 % o a cualquier tipo de materiales inertes.

En general, el grado de compactación que se recomienda es:

90 % en el cuerpo del terraplen

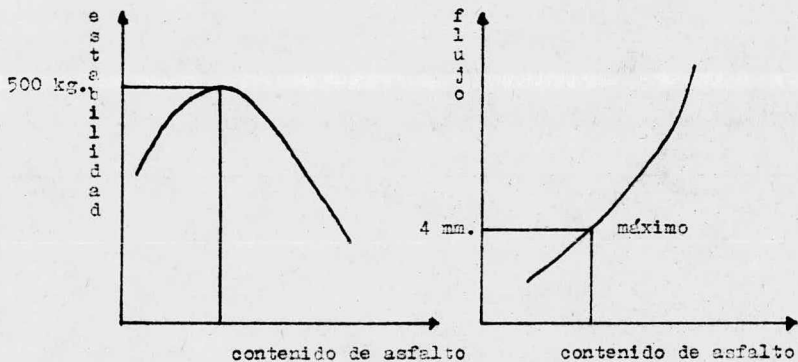
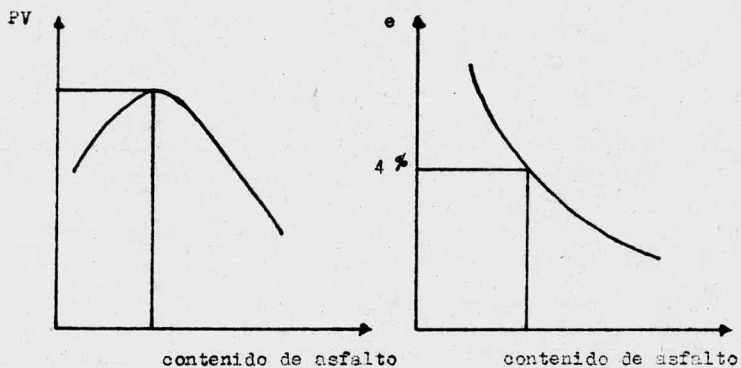
95 % en la capa subrasante

95 a 100 % en sub-bases y bases.

Compactación de carpetas.

La prueba para la compactación de mezclas asfálticas, se hace en un espécimen de control, por medio de la prueba de Porter estandar, con un 95 % del peso volumétrico máximo.

La prueba para la compactación de concretos asfálticos, se hace por medio de la prueba Marshall, que consiste en la elaboración de especímenes, con el siguiente contenido de asfalto: 1-1.0%, 1-0.5%, 1, 1+0.5%, 1+1.0%, 1+1.5%. ; que se producen como mezcla asfáltica en un molde de 10 cm. de diámetro por 10 cm. de altura a una temperatura de 100 °C como mínimo y 110 °C como máximo. Se llena el molde hasta una altura de 8 cm. y se dan 50 golpes con un compactador que pesa 4.5 Kg. (La superficie de la placa de compactación cubre totalmente la cara del espécimen). Una vez que se le dieron los 50 golpes se voltea y se dan otros 50 golpes por ese lado. Después de compactar se meten en agua fría hasta que adquiere la temperatura ambiente. Se saca del molde y se coloca en la prensa Marshall, enseguida se carga hasta romper el espécimen, - así obtenemos los datos que necesitamos conocer como son: Peso volumétrico, porcentaje de vacíos, estabilidad y flujo. El porcentaje de vacíos se calcula en forma de la mecánica de suelos, la estabilidad es la carga de ruptura en kilogramos. La deformación en la ruptura en mm. es igual al flujo. Con estos datos se elaboran 4 curvas y se saca el contenido óptimo de asfalto.



Generalmente los materiales con aristas angulares si cumplen con las curvas pero los materiales redondos que no cumplen se les adiciona *Filler*.

Para la compactación de concreto asfáltico, se hace por medio del 95 % del peso volumétrico de proyecto de la prueba Marshall.

Resistencia ó estabilidad; esta propiedad se le puede dar a los materiales que no cumplen los requisitos de plasticidad o de resistencia, y puede ser de dos tipos, mecánica o química. Mecánica es cuando al material básico se le agrega -- otro sin que al mezclarse, ocurra una reacción química.

La estabilización mecánica puede ser para bajar plasticidad de un material añadiéndole arena que pase la malla 40 o bien para cementar o aglutinar un material inerte añadiéndole un material cementante como pueden ser: limos, caliches, materiales silicosos (tepetate), etc.,. También sirven para materiales de baja plasticidad como las arenas arcillosas de -- Ip menor de 14 % y de CL menor de 6 %.

La estabilización química, se realiza con asfalto, cal y cemento, se puede decir que la estabilización por medio de asfalto se considera mecánica por que no cambia las propiedades intrínsecas del material básico y sirve para aumentar la resistencia,. La estabilización por medio de cal sirve para aumentar la resistencia y disminuir la plasticidad. La estabilización con cemento portland, sirve para bajar plasticidad usándolo de 2 al 5 % y como suelo cemento usándolo con un porcentaje mayor al 5 %. En la estabilización el cemento no se fragua sino que se revuelve constantemente, en cambio en el suelo cemento, se compacta para que se frague de inmediato.

1.- Estabilización de bases hidráulicas con cemento portland en los tramos de reconstrucción de las carreteras de la red nacional. Cuando la intensidad del tránsito es muy alto, motiva fallas por fatiga en el pavimento, las cuales se han venido resolviendo mediante el mejoramiento del material de base hidráulica con la adición de cemento portland tipo I en proporción en peso del 2 al 4 %, para obtener una resistencia a la compresión simple de 52 Kg./cm.^2 a los 7 días de edad. Por otra parte, La Secretaría de Comunicaciones y Transportes autorizó en Noviembre de 1980 aumentar la carga por eje de 8.2 Toneladas a 10 Toneladas, para este tipo de carretera obligando a revisar la distribución de esfuerzos que genera estas cargas. De acuerdo con esta revisión de 1981, el espesor mínimo de base mejorada con cemento es de 20 cm.

2.- Mejoramiento de bases hidráulicas con ligno sulfonato de sodio. Debido a que en algunas zonas de la república se tiene escases de cemento portland, para mejorar la base del pavimento, se está estudiando la posibilidad de usar ligno sulfonato de sodio, que es un producto de la industria maderera. Actualmente se está por terminar los estudios en el laboratorio.

3.- Se ha observado que en las zonas de climas extremos, los pavimentos presentan agrietamientos producidos por los esfuerzos de tensión que se generan en los materiales por cambios volumétricos producidos por la diferencia de temperaturas. En otras ocasiones, cuando se construye una sobre carpeta en un

pavimento agrietado, se tiene tendencia a que estas fisuras aparezcan en la nueva superficie de rodamiento. En ambos casos se está aplicando una tela geotextil para absorber los esfuerzos de tensión y evitar que aparezcan las grietas en la superficie de rodamiento.

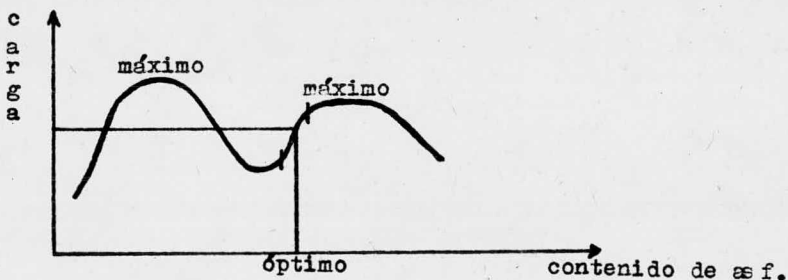
4.- Estabilización de mezclas asfálticas con resinas.

Tomando en cuenta que las cargas por eje son muy fuertes y el efecto que hacen en la superficie de rodamiento es muy notorio como son las marcas de las roderas, esto es debido al asfalto que se ha venido utilizando para la producción de mezclas que aceptan deformaciones para las cargas que -- les transmiten, para resolver este problema se están estudiando mezclas asfálticas mejoradas con resinas que le proporcionan una estructura al asfalto, obteniéndose una mezcla resistente sin disminuir su flexibilidad. Actualmente, se están efectuando pruebas en el laboratorio para comprobar su eficacia.

Contenido óptimo de asfalto, es la cantidad de asfalto necesaria para la construcción de mezclas asfálticas en el lugar obtenido por la prueba de compresión sin confinar, esta prueba, se hace con una mezcla de FR - 3 de tal manera que se tenga el cubrimiento mínimo de los agregados, a partir de esto se tendrá un punto del contenido para el cubrimiento mínimo (1) y cinco puntos más.

1-1%	1-0.5%	1	1+0.5%	1+1%	1+1.5%
.

Una vez obtenidas estas cantidades de asfalto se procede a la formación de los especímenes en unos cilindros metálicos de 10 cm. de diámetro por 15 cm. de altura. El material se coloca en 3 capas y cada una se le dá un picado de 15 veces con una varilla. Después se le dá una carga estática de 3200 kg. (40 kg./cm²), así se dejan los especímenes por espacio de una hora y al cabo de este tiempo se sacan del molde y se llevan a la ruptura en la compresión sin confinar. Inseguida en el reporte se enlistan el porcentaje de asfalto y la carga con estos datos se obtiene una curva con dos ramas ascendentes y donde en la segunda rama ascendente se aloja el contenido óptimo de asfalto, como se muestra en la gráfica.



Para carpetas de mezclas fabricadas en el lugar, las especificaciones piden una resistencia mínima para poder utilizar se de:

resistencia mínima	{	poco tráfico	2.5 Kg/cm ²
		mucho tráfico	4.0 Kg/cm ²

Cuando se realizan pruebas de control a las carpetas, el resultado de la prueba que se haga al especimen debe estar dentro de lo especificado.

Prueba VRS de proyecto de Porter modificada.

Existen en la practica mundial numerosas pruebas de resistencia para el proyecto de espesores de pavimentos; algunas de ellas son muy sencillas y otras bastantes elaboradas. Se tienen las pruebas del estabilómetro y cohesiometro de Hveem, las triaxiales de Kansas o de Texas, etc.; sin embargo, probablemente la más antigua de las conocidas en la literatura es la prueba de CBR (California Bearing Ratio) que se usó (1925) tanto para clasificar a los materiales, como para efectuar el proyecto de espesores; Inicialmente, en la agencia de carreteras de California, de acuerdo con lo establecido por el Sr. Porter se elaboraba el espécimen en forma estática; posteriormente, durante la segunda guerra mundial el ejército de los Estados Unidos (Cuerpo de Ingenieros), adoptó dicha prueba para proyectar sus aeropuertos en Europa; como no era práctico que en el frente de batalla se movilizaran prensas para elaborar los especímenes, idearon hacerlo en forma dinámica, golpeando capas delgadas (1") -- del material con un pisón de 10 libras.

El CBR es la resistencia en por ciento, que un suelo opone a la penetración de una aguja con sección transversal de 19.35 cm^2 , con respecto a la resistencia que opone un material considerado estandar (caliza triturada). Las resistencias que generalmente se relacionan son las correspondientes a la penetración corregida de 2.54 mm.

A principio de la década de los cuarentas los técnicos mexicanos se interesaron en establecer o adoptar una prueba de resistencia que fuera sencilla pero eficaz para el proyecto de pavimentos y revisaron los estudios realizados por el Sr. Porter y la técnica vigente en el estado de California a partir de lo cual, se establecieron las pruebas que se denominaron de Porter modificadas, ya que solo conservaron de aquella la compactación estática, las dimensiones del molde y la forma de penetración, con lo que se obtiene el Valor Relativo de Soporte (VRS) de proyecto, que es el término en español que se ha aceptado para el California Bearing Ratio.

En general, la prueba de Porter modificada se lleva a cabo en especímenes que se compactan a diferentes pesos volumétricos y diferentes humedades, de tal manera que el proyectista pueda hacer los especímenes que crea necesarios para conocer el comportamiento del suelo que está estudiando, incluyendo el de las condiciones críticas que se presentan en la realidad.

En las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas en su parte novena, se presentan dos variantes a esta prueba como guía para los proyectistas.

Puede aceptarse que las combinaciones marcadas, de acuerdo con las condiciones climatológicas y de drenaje para las cuales estan señaladas, han dado buenos resultados.

En la variante uno, se señala que las pruebas se efectuen a diferentes pesos volumétricos, en función del peso volumétrico seco máximo (PVSM), pero contenido constante de humedad e igual a la óptima.

Este tipo de pruebas, se realizan a materiales que formarán parte de la estructura de un camino en zonas de muy baja precipitación o muy bien drenadas.

En la variante dos, se indica que los especímenes se elaboran de la siguiente manera:

- a) con 100 % del PVSM y humedad óptima
- b) con 95 % del PVSM y humedad óptima + 1.5 %
- c) con 90 % del PVSM y humedad óptima + 3.0 %

Con esta serie mínima de pruebas el proyectista puede conocer el comportamiento del suelo al variar el peso volumétrico y la humedad en cuanto a valor relativo soporte se refiere. Las humedades que se indican para la elaboración de los especímenes, son los que en promedio se encontraron al estudiar las humedades de equilibrio, tanto en especímenes saturados como en determinaciones de campo y que se reportaron en la ponencia mexicana del quinto congreso panamericano de carreteras, efectuado en Lima, Perú en 1951, denominado "Influencia de la humedad y tipo de compactación en las resistencias a la penetración para obtener el Valor Relativo de Soporte (CBR)", presentada por los Ingenieros Rodrigo Padrón Ll., Juan Oropeza C. y Luis Guzman G., quedando la técnica mexicana entre las primeras en tomar en cuenta la humedad de equilibrio para

el proyecto de pavimentos.

En general, si el drenaje, es aceptable y la precipitación - baja, se utilizarán los datos del inciso a); para drenajes y precipitaciones regulares, el proyecto se basará en los VRS- obtenidos del inciso b); para aquellas zonas de drenaje malo o dudoso y precipitación alta se utilizarán los datos del inciso c); en ocasiones, cuando se tienen materiales de baja - calidad o si la precipitación es muy alta, los datos del inciso c se comparan con los resultados de la prueba Porter estándar, el menor VRS de estas dos pruebas se elige para proyecto.

Si el proyectista tiene algunas dudas, puede hacer una combinación de pesos volumétricas y humedades tan amplias como -- crea convenientes.

El VRS de proyecto para un tramo de camino de características más o menos uniformes, será igual o menor que en 80 % de las pruebas y mayor que en el 20 % restante; esto quiere decir, - que con el VRS de proyecto se tendrá un pavimento sobrediseñado a cuando menos al límite en el 80 % del tramo estudiado y en el 20 % restante quedará subdiseñado.

Los VRS de proyecto de un banco de materiales se obtienen mediante los siguientes pasos:

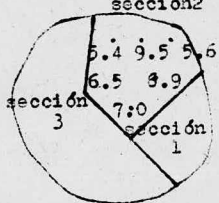
1.- Se hace la zonificación del banco, de tal manera que en cada sección se tengan valores relativos de soporte semejantes.

2.- Los VRS de cada sección se ordenan de menor a mayor y se

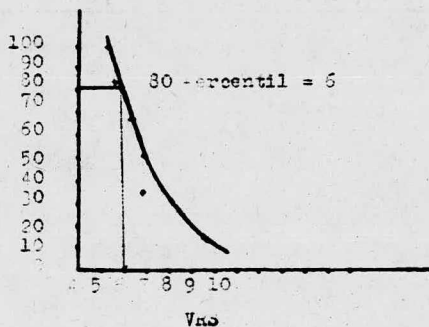
calcula el porcentaje de valores mayores o iguales a cada uno de ellos.

SECCIÓN 2

	valores ordenados	valores iguales o mayores	% de valores iguales o mayores
sección2	5.4	6	100.00
5.4 9.5 5.6	5.6	5	83.33
6.5 8.9	6.5	4	66.66
sección3 7.0	6.9	3	50.00
sección1	7.0	2	33.33
zonificación del banco	9.5	1	16.66



3.- Se forma una gráfica en que las abscisas se colocan los VMS y en las ordenadas los porcentajes calculados, y se encuentra el VMS correspondiente al 80 %, en las ordenadas.



I.2.- Condiciones operativas

Para la investigación de las condiciones de operación de un camino existente, el análisis comparativo entre el volumen de tránsito que circula por un camino existente y el volumen de servicio del mismo, de acuerdo con sus características geométricas y del tránsito, permite determinar el nivel de servicio a que esta operando y la fecha probable en que quedará saturado.

Para fines de proyecto de una obra nueva, el análisis de capacidad o nivel de servicio influye directamente en la determinación de las características geométricas de un camino; estas características dependerán por una parte del volumen horario de proyecto que se considere en el análisis. Las características geométricas elegidas deberán suministrar un volumen de servicio correspondiente al nivel de servicio establecido, por lo menos igual al volumen horario de proyecto.

Por regla general, al proyectar un camino nuevo no conviene fijar condiciones de operación a un nivel de servicio igual a la capacidad, ya que esto equivale a tener condiciones de operación desfavorables desde su apertura al tránsito. Es recomendable para fines de proyecto, establecer un nivel de servicio aceptable para los conductores. La selección que se haga del nivel de servicio depende de varios factores, siendo los principales las limitaciones físicas y económicas, así como el grado de seguridad que-

se desee.

1.2.1.- Tránsito

Siendo la capacidad de un camino función de sus características físicas y de las características de la operación del tránsito que circula por el, es importante conocer las características operacionales, las cuales comprende volúmenes de tránsito, tendencias y variaciones en la velocidad, y la interdependencia entre velocidades, volúmenes y espaciamiento vehicular en relación con su efecto en la capacidad.

Conceptos relacionados con el tránsito.

a) Factor de carga. Es la relación del número total de intervalos con luz verde del semáforo que se utilizan completamente por el tránsito durante la hora de circulación máxima, al número total de intervalos verdes para ese acceso durante el mismo período de tiempo. El valor máximo que puede alcanzar es uno.

b) Factor de la hora de máxima demanda. Es la relación entre el volumen registrado en la hora de máxima demanda y el valor máximo de la circulación durante un período de tiempo dado dentro de dicha hora, multiplicado por el número de veces que ese período cabe en una hora. Es una medida de las características del tránsito durante los períodos máximos; el valor más alto de esta relación es uno. El término así descrito debe limitarse para un período corto dentro de la hora, considerándose generalmente de cinco a seis minutos -

en las autopistas y de 15 minutos en las intersecciones.

c) **Circulación continua.** Es la condición del tránsito por la cual un vehículo que recorra un tramo de un camino, no se ve obligado a detenerse por cualquier causa externa a la corriente de tránsito, si bien, dicho vehículo puede verse obligado a detenerse por causas propias de la corriente del tránsito por la que circula.

d) **Circulación discontinua.** Es la condición del tránsito por la cual un vehículo que recorra un tramo de camino, se ve obligado a detenerse por causas que no son propias de la corriente del tránsito, tales como señales o semáforos en una intersección. Las paradas de vehículos causadas por obstáculos e interferencias dentro de la corriente de tránsito no se consideran como circulación discontinua.

Características del volumen.

Los volúmenes horarios máximos observados en un grupo seleccionados de caminos fueron los siguientes:

Carreteras rurales de dos carriles (ambos sentidos)	1370 VPH
Arterias urbanas de dos carriles (ambos sentidos)	2050 VPH
Carreteras rurales de cuatro carriles (un sentido)	1775 VPH/C
Vías rápidas urbanas de cuatro carriles (un sentido)	2235 VPH/C
Autopistas rurales de cuatro carriles (un sentido)	1685 VPH/C
Autopistas urbanas de cuatro carriles (un sentido)	2030 VPH/C

Distribución por sentidos. Se ha observado que el tránsito promedio diario anual es aproximadamente el mismo en cada sentido en un camino de dos carriles.

Distribución por carriles. En un camino de un solo sentido de circulación con dos ó más carriles, generalmente ocurren fluctuaciones muy amplias en el número de vehículos que utilizan cada carril.

Composición del tránsito. El porcentaje de camiones y autobuses en una corriente de tránsito afecta las velocidades de los vehículos y las características de operación, especialmente en zonas de topografía abrupta que imponga restricciones físicas, tales como carriles angostos y pendientes pronunciadas.

Fluctuaciones del tránsito en el tiempo.

Fluctuación mensual. Las variaciones mensuales de los volúmenes de tránsito están estrechamente relacionadas con las actividades y demandas sociales y económicas de la zona por la que atraviesa el camino.

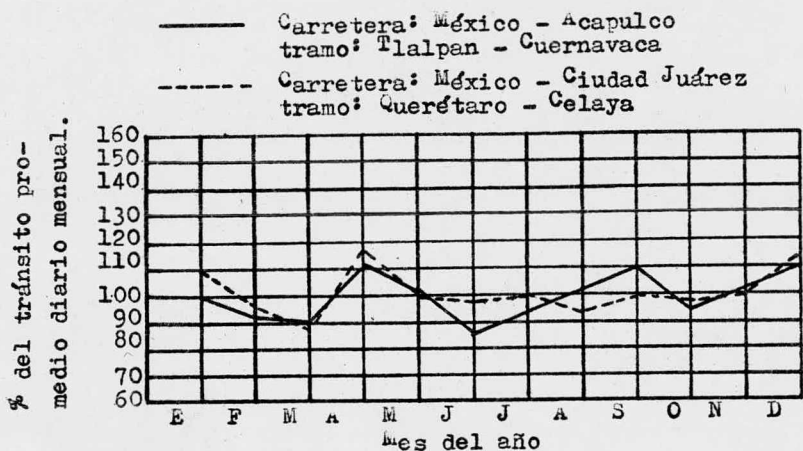
Fluctuación semanal. Generalmente en carreteras comerciales el tránsito permanece casi uniforme entre semana, en tanto que en carreteras turísticas por lo común, los domingos es el día de mayor demanda de tránsito.

Fluctuación diaria. Las fluctuaciones diarias varían ampliamente de un camino a otro, y aún en un mismo camino.

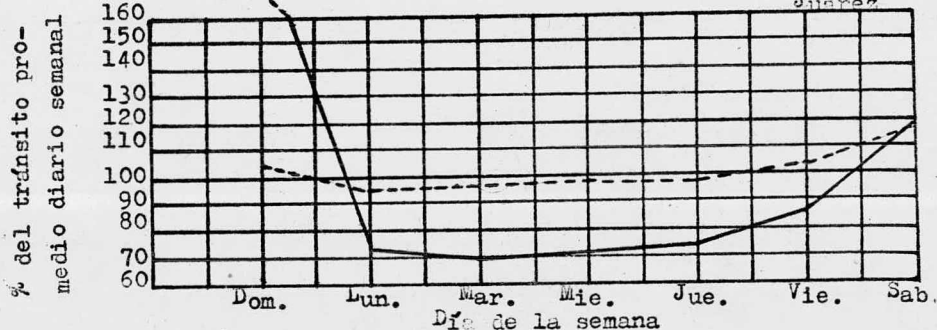
Fluctuación horaria (características de la demanda máxima). Aunque para fines de planeación y proyecto se utilizan normalmente volúmenes horarios, la habilidad de un camino para acomodar satisfactoriamente un volumen horario, depende -- principalmente de la magnitud y secuencia de las fluctuaciones en cortos períodos de tiempo.

A continuación se presentan gráficas de las variaciones.

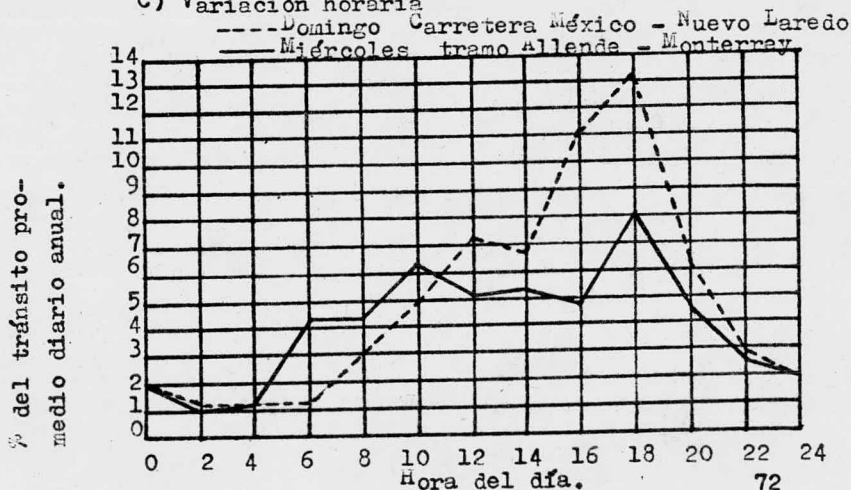
A) Variación mensual.



B) Variación semanal



C) Variación horaria



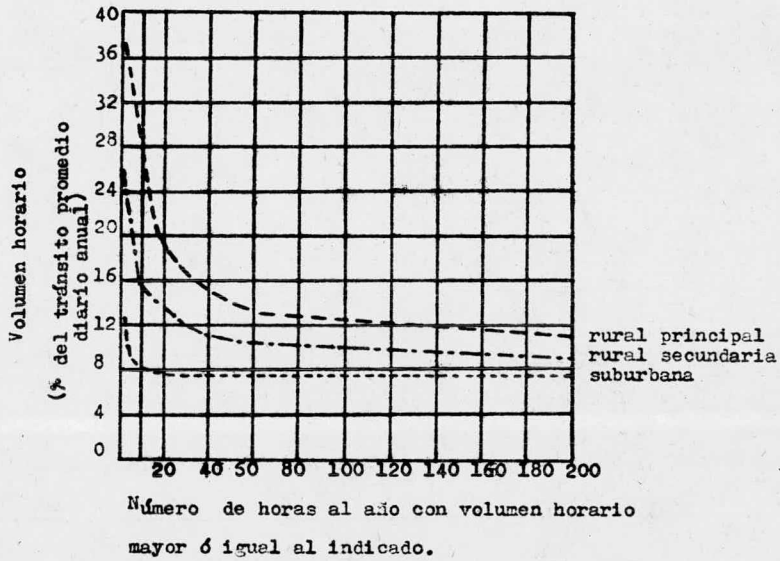
Relación entre los volúmenes horarios de proyecto y el tránsito promedio diario anual.

Intimamente relacionados con las fluctuaciones en el flujo del tránsito, está la selección del volumen horario que deberá usarse para fines de proyecto.

Los volúmenes de tránsito horario en un camino muestran una amplia distribución durante el año y por regla general, la mayor parte del tránsito ocurre durante un número pequeño de horas. Proyectar un camino para un volumen horario medio sería inadecuado, puesto que durante la mayor parte de las horas del año su capacidad sería insuficiente. Proyectarlo para el volumen horario máximo significaría que su capacidad estaría excedida durante todas las horas del año excepto una, lo cual no es aceptable económicamente. El volumen horario que se seleccione debe ser un valor intermedio, basado en el análisis comparativo entre el servicio que desea proporcionarse y el costo.

En la siguiente gráfica (8) se muestran 3 curvas que representan los límites dentro de los cuales quedan comprendidas las relaciones entre los volúmenes horarios más altos del año y el tránsito promedio diario anual de las carreteras nacionales. De estas curvas se ha sacado en conclusión, que el volumen horario para fines de proyecto está comprendido entre el 8 % y el 16 % del tránsito promedio diario anual. Sin embargo, la elección de un volumen horario de proyecto específico dependerá de consideraciones económicas, al ha--

cer el balance entre beneficios y costos de construcción.



gráfica 8

- Carretera México - Toluca
- .-.-.-.- Carretera San Luis Potosí - Zacatecas
- Suburbios de la Ciudad de Guadalajara

I.2.2.- Capacidad y nivel de servicio

Nivel de servicio es el término que indica las condiciones de operación que pueden ocurrir en un carril o camino dado, cuando aloja varios volúmenes de tránsito. Es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, entre los cuales se pueden citar: La velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la libertad de manejo, la seguridad, la comodidad y los costos de operación.

Un determinado carril o camino puede proporcionar un rango muy amplio de niveles de servicio. Los diferentes niveles de servicio de un camino específico son función del volumen y composición del tránsito, así como de las velocidades que pueden alcanzarse en ese camino.

Un carril o camino proyectado para un determinado nivel de servicio, en realidad operaba a muchos niveles, conforme varía el volumen durante una hora o durante diferentes horas del día, durante días de la semana, o durante períodos del año, y aún durante diferentes años, con el crecimiento del tránsito.

A cada nivel de servicio le corresponde un volumen de tránsito, al cual se le llama volumen de servicio para ese nivel. Por lo tanto, puede definirse el volumen de servicio, como el máximo número de vehículos que pueden circular por un camino durante un período de tiempo determinado, bajo las condiciones de operación correspondientes a un selec-

cionado nivel de servicio. El volumen de servicio máximo equivale a la capacidad, y lo mismo que ésta, los volúmenes de servicio se expresan normalmente como volúmenes horarios.

Caminos según su función:

- a) control total de accesos
- b) control parcial de accesos
- c) camino dividido
- d) camino no dividido
- e) arteria urbana
- f) camino de dos carriles
- g) camino de tres carriles
- h) carriles de carriles múltiples
- i) vía rápida
- j) autopista

Caminos según la configuración del terreno:

- A) camino en terreno plano
- B) camino en terreno de lomerío
- C) camino en terreno montañoso

Los niveles de servicio se designan con letras de la A a la F, del mejor al peor, comprenden la clasificación total de las operaciones del tránsito que pueden ocurrir.

A continuación se presentan fórmulas para el cálculo de volumen de servicio, así como las tablas necesarias para su solución.

$$\text{Capacidad (C)} = 2000 N \frac{v}{c} W T_c.$$

$$\text{Volumen de servicio (V}_s\text{)} = 2000 N \frac{v}{c} W T_1.$$

En la cual:

C = capacidad (tránsito mixto en vehículos por hora en un sentido)

V_s = volumen de servicio (tránsito mixto en vehículos por hora en un sentido)

N = número de carriles (en un sentido)

$\frac{v}{c}$ = relación volumen capacidad (para la fórmula de capacidad es igual a 1, para el volumen de servicio se obtiene de la tabla)

W = factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales, obtenido de la tabla.

T_c = factor de ajuste a la capacidad, por vehículos pesados.

T₁ = factor de ajuste a un nivel de servicio dado, por vehículos pesados.

Para tramos largos: usese la tabla 3 en combinación con la tabla 6.

Para subtramos específicos: usese la tabla 4 en combinación con la tabla 6.

Quando el volumen de autobuses sea importante, el segundo término de la fórmula deberá multiplicarse por B_c o B_l obtenido de la tabla 6.

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIONES DEL FLUJO DE TRÁFICO		VOLUMEN DE SERVICIO-CAPACIDAD (V/C) ^a						VOLUMEN DE SERVICIO MÁXIMO BAJO CONDICIONES IDEALES, INCLUYENDO VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE 110 km/h (TOTAL DE VEHÍCULOS LIGEROS POR HORA EN UN SENTIDO)														
	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)	VALOR LÍMITE PARA VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE 110 km/h			VALOR APROXIMADO PARA CUALQUIER NÚMERO DE CARRILES con velocidad de proyecto por separado		4 CARRILES dos para cada sentido	6 CARRILES tres para cada sentido	8 CARRILES cuatro para cada sentido	PARA CADA CARRIL ADICIONAL A CUATRO CARRILES EN UNA DIRECCIÓN												
			4 CARRILES dos para cada sentido	6 CARRILES tres para cada sentido	8 CARRILES cuatro para cada sentido	95 km/h	60 km/h				4 CARRILES	6 CARRILES	8 CARRILES	PARA CADA CARRIL ADICIONAL A CUATRO CARRILES EN UNA DIRECCIÓN									
A	FLUJO LIBRE	≥ 95	≥ 0.35	≥ 0.40	≥ 0.45	— ^b	— ^b	1400	2400	3400	1000												
B	FLUJO ESTABLE Vel Superior del Proyecto	≥ 80	≥ 0.50	≥ 0.55	≥ 0.65	≥ 0.75	— ^b	2000	3500	5000	1500												
FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA (FHMD) ^c								0.77	0.83	0.91	100 ^d	0.77	0.83	0.91	100 ^d	0.77	0.83	0.91	100 ^d				
C	FLUJO ESTABLE	≥ 80	≥ 0.50 + FHMD	≥ 0.55 + FHMD	≥ 0.65 + FHMD	≥ 0.75 + FHMD	— ^b	2300	2500	2750	3000	3700	4000	4350	4800	5100	5500	6000	6600	7400	1500	1650	1800
D	FLUJO PROXIMAL INESTABLE	≥ 65	≥ 0.50 + FHMD			≥ 0.50 + FHMD	≥ 0.45 + FHMD	2800	3000	3300	3500	4150	4500	4900	5400	5600	6000	6600	7200	1400	1500	1650	1800
E ^e	FLUJO INESTABLE	50-55 ^f	≤ 1.00						4000 ^g	6000 ^g	8000 ^g	2000 ^g											
F	FLUJO FONDO	< 50	NO SIGNIFICATIVO						MUY VARIABLE (desde cero hasta la capacidad)														

- La velocidad de operación y la relación v/c son medidas independientes del nivel de servicio; ambos límites deben satisfacerse en cualquier determinación del nivel.
- La velocidad de operación requerida para este nivel no se alcanza en algunos volúmenes.
- El factor de hora de máxima demanda para autopistas es la relación entre el volumen de una hora completa y el valor más alto del flujo que ocurre durante un intervalo de 5 minutos dentro de la hora de máxima demanda.
- Un factor de hora de máxima demanda de uno raramente se alcanza; los valores en la tabla deben considerarse como los valores máximos del flujo medio que probablemente se obtengan durante el intervalo de máxima demanda de 5 minutos dentro de la hora de máxima demanda.
- Aproximadamente.
- Capacidad.

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MÁXIMOS PARA AUTOPISTAS Y VIAS RÁPIDAS BAJO CONDICIONES DE CIRCULACIÓN CONTINUA

Tabla 1

Distancia desde la orilla del carril al obstáculo (en m)	Factor de ajuste, W, por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales							
	Obstáculos a un lado de un sentido de circulación				Obstáculos a ambos lados de un sentido de circulación			
	Carriles en metros				Carriles en metros			
	3.65	3.35	3.05	2.75	3.65	3.35	3.05	2.75
Carretera dividida de 4 carriles								
1.80	1.00	0.97	0.91	0.81	1.00	0.97	0.91	0.81
1.20	0.99	0.96	0.90	0.80	0.98	0.95	0.89	0.79
0.60	0.97	0.94	0.88	0.79	0.94	0.91	0.86	0.76
0.00	0.90	0.87	0.82	0.73	0.81	0.79	0.74	0.66
Carretera dividida de 6 y 8 carriles								
1.80	1.00	0.96	0.89	0.78	1.00	0.96	0.89	0.78
1.20	0.99	0.95	0.88	0.77	0.98	0.94	0.87	0.77
0.60	0.97	0.93	0.87	0.76	0.96	0.92	0.85	0.75
0.00	0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.70

Tabla 2 EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y DE LA DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES SOBRE LA CAPACIDAD Y LOS VOLUMENES DE SERVICIO EN AUTOPISTAS Y VIAS RAPIDAS CON CIRCULACION CONTINUA

NIVEL DE SERVICIO	EQUIVALENTE, PARA:			
	TERRENO PLANO	TERRENO EN LOMERIO	TERRENO MONTAÑOSO	
A	Muy variable; a este nivel uno ó más camiones tienen prácticamente la misma influencia sobre el volumen de servicio. Para el análisis, úsense las equivalencias indicadas para los niveles B hasta E.			
B hasta E	Et Para camiones	2	4	8
	Ea Para autobuses*	1.6	3	5

*- En la mayoría de los análisis no se consideran por separado; aplíquese únicamente cuando el volumen de autobuses sea importante.

Tabla 3 VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTE POR CAMION Y POR AUTOBUS PARA TRAMOS LARGOS DE AUTOPISTAS, VIAS RAPIDAS Y CARRETERAS DE CARRILES MULTIPLES

PENDIENTE (%)	LONGITUD DE LA PENDIENTE (KM)	EQUIVALENCIA EN VEHICULOS LIGEROS, E ₁									
		Niveles de servicio entre A y C para:					Niveles de servicio D y E para:				
		3%	5%	10%	15%	20%	3%	5%	10%	15%	20%
		CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES
0-1	TODAS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	0.4-0.8	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3
	1.2-1.6	7	5	5	4	4	7	5	5	4	4
	2.4-3.2	7	6	6	6	6	7	5	6	6	6
		7	7	8	8	8	7	7	8	3	8
	4.8-6.4	7	7	8	8	8	7	7	8	3	8
3	0.4	10	8	5	4	3	10	8	5	4	3
	0.8	10	8	5	4	4	10	8	5	4	4
	1.2	10	8	6	5	5	10	8	5	4	5
	1.6	10	8	6	5	6	10	8	5	5	5
	2.4	10	9	7	7	7	10	8	7	7	7
	3.2	10	9	8	8	8	10	9	8	8	8
	4.0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	6.4	10	10	11	11	11	10	10	11	11	11
4	0.4	12	9	5	4	3	13	9	5	4	3
	0.8	12	9	5	5	5	13	9	5	5	5
	1.2	12	9	7	7	7	13	9	7	7	7
	1.6	12	10	8	8	8	13	10	8	8	6
	2.4	12	11	10	10	10	13	11	10	10	10
	3.2	12	11	11	11	11	13	12	11	11	11
	4.0	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14
	6.4	12	13	15	15	14	13	14	15	16	15
5	0.4	13	10	6	5	3	14	10	6	4	3
	0.8	13	11	7	7	7	14	11	7	7	7
	1.2	13	11	9	8	8	14	11	9	8	8
	1.6	13	12	10	10	10	14	13	10	10	10
	2.4	13	13	12	12	12	14	13	13	13	13
	3.2	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15
	4.0	13	15	16	16	15	14	17	17	17	17
	6.4	13	17	19	19	17	16	19	22	21	19
6	0.4	14	10	6	4	3	15	10	6	4	3
	0.8	16	11	8	8	8	15	11	8	8	8
	1.2	16	12	10	10	10	15	12	10	10	10
	1.6	14	13	12	12	11	15	14	13	13	11
	2.4	16	14	14	14	13	15	16	15	15	13
	3.2	14	15	16	16	15	15	18	18	18	16
	4.0	14	16	18	18	17	15	20	20	20	19
	6.4	14	19	20	20	20	20	23	23	23	23

Tabla 4 EQUIVALENCIAS DE VEHICULOS LIGEROS POR CAMION, PARA SUBTRAMOS O PENDIENTES ESPECIFICAS DE AUTOPISTAS, VIAS RAPIDAS Y CARRETERAS DE CARRILES MULTIPLES

Cálculo del tránsito diario promedio anual a futuro.

Para calcular el tránsito diario promedio anual a futuro nos auxiliamos de la fórmula del interés compuesto.

$$C_f = C_i (1 + i)^n$$

Donde: C_f = capacidad final

C_i = capacidad inicial (medido, probable, estadísticamente)

i = tasa de crecimiento anual

n = número de años

Ejemplo:

Se tiene un tránsito mezclado de 5000 vehículos como tránsito diario promedio anual, y se quiere saber la cantidad de vehículos que pasarán por un carril de diseño hasta los próximos 10 años, considerando el 8 % de tasa de crecimiento anual, además se considera el 60 % para el carril de diseño en carreteras de 2 carriles y 50 % para carreteras de 4 carriles, así como el 30 % para la hora de mayor tránsito.

$$C_f = 5000 (1 + 0.08)^{1 \dots 10}$$

Año	No. de vehículos en ambos sentidos	No. de vehículos en un sentido		No. de vehículos para la hora de mayor trá- sito.	
		carriles		carriles	
		2 60%	4 50%	2 30%	4
1-	5400	3240	2700	972	810
2-	5832	3499	2916	1049	874
3-	6298	3778	3149	1133	944
4-	6802	4081	3401	1224	1020
5-	7346	4407	3673	1322	1101
6-	7934	4760	3967	1428	1190
7-	8569	5141	4284	1542	1285
8-	9254	5552	4627	1665	1388
9-	9995	5997	4997	1799	1499
10-	10794	6476	5397	1942	1619

II.- Actividades para la conservación de rutina

II.1.- Superficie de rodamiento

II.1.1.- Calafateo de grietas. El calafateo de grietas tiene por objeto evitar que el agua se introduzca a través de ellas a las capas inferiores del pavimento, propiciando su saturación con el consiguiente peligro de falla. Si las grietas tienen una abertura del orden de 30 mm. o más se pueden calafatear con un mortero asfáltico o con una mezcla asfáltica rebajada y arena, se aplicarán manualmente y deben tener la fluidez adecuada para penetrar en las grietas. Puede ser necesario que sobre la superficie del sellante recién aplicado se riegue arena seca, para que el tránsito no la levante.

II.1.2.- Renivelación. La renivelación es para reponer la porción de la superficie de rodamiento que ha sufrido alguna deformación y/o desplazamiento en su nivel original. En el caso de deformaciones pequeñas, del orden de 1 a 3 cm., de acuerdo con lo indicado en las normas podrán corregirse mediante riegos.

II.1.3.- Calavereo. Cuando los baches no excedan en su dimensión mayor de 15 cm., se denominan calaveras y por lo tanto calavereo es el conjunto de labores requeridas para su corrección. Como es lógico, por su tamaño, las calaveras no afectan a las capas inferiores del pavimento, limitándose siempre a la carpeta; por lo mismo las calaveras siempre deberán rellenarse con mezcla asfáltica.

II.1.4.- Bacheo de caja asfáltica. Cuando los baches no afectan a las capas inferiores del pavimento, sino únicamente a la carpeta deberán corregirse mediante mezcla asfáltica. En el caso de baches que afectan sub-base y/o base, podrán elegirse entre combinar material de base hidráulica para esas capas y mezcla asfáltica para la carpeta, o bien hacer la reparación con mezcla asfáltica exclusivamente. Lo anterior dependerá de la frecuencia, tamaño y profundidad de los baches. Deberá definirse y marcarse el área por reparar cuidando que tenga forma rectangular y que dos de sus lados sean perpendiculares al eje del camino.

II.1.5.- Bacheo de caja hidráulica. Como ya se dijo, cuando los baches afectan las capas de base y/o sub-base, podrá efectuarse el bacheo en el espesor correspondiente a esas capas, con materiales de base hidráulica.

II.1.6.- Reparación de tramos cortos fallados. Se entiende por tramos cortos fallados aquellos cuya longitud no sobrepase los 10 metros y en los cuales existan fallas que trasciendan a la capa subrasante y a las terracerías. Para su corrección deberán removerse las distintas capas de pavimento hasta llegar a aquella en que se localiza la falla, y proceder a la reconstrucción cuidando de utilizar los materiales adecuados para cada capa.

II.1.7.- Riego de sello sobre baches y renivelaciones. Como complemento a los trabajos de bacheo se deberá considerar el riego de sello de las zonas que hayan sido reparadas. Esto deberá hacerse a la brevedad posible para lograr una imper-

meabilización adecuada y evitar que el bache vuelva a producirse. En el caso de renivelaciones que hayan sido hechas - mediante mezclas asfálticas, es necesario sellar la zona correspondientes por las mismas razones explicadas para los baches; también no debe olvidarse que las renivelaciones pequeñas puedan ser efectuadas mediante riegos.

II.1.8.- Riego de sello. De acuerdo con lo asentado en las normas, el riego de sello se considera labor de conservación cuando la superficie tratada no exceda de mil metros cuadrados continuos.

II.1.9.- Correcciones de exceso de asfalto. Son múltiples las causas que pueden originar exceso de asfalto en la superficie de rodamiento, por lo que en cada caso particular, se deberá proceder a estudiar la causa de la falla antes de llevar a cabo su corrección. Si la carpeta no presenta inestabilidad puede ser suficiente con calentar superficialmente con quemadores y regar una cantidad adecuada con material pétreo de sello, fijándolo inmediatamente mediante planchado. Puede dar resultado también en vez de calentar superficialmente, agregar o regar el pétreo caliente y fijarlo mediante planchado. Si la carpeta es inestable, puede ser necesario levantarla para trabajarla y mejorarla y después sellarla o de lo contrario, desecharla y reponerla por una nueva, a la que se aplicará un riego de sello.

II.2.- Acotamientos

II.2.1.- Reposición de acotamientos. En un tramo de camino, en el que se hayan perdido los acotamientos por causas tales como son un deslave, la reconstrucción o limpieza de un dren, se deberá proceder a su reposición no solo por la función primordial que el acotamiento tiene para el usuario del camino, sino por evitar los daños colaterales que la falta de acotamiento produce en las distintas capas de pavimento.

II.2.2.- Recargue o refuerzo de acotamientos. Es frecuente que los acotamientos, principalmente cuando están pavimentados, sufran disminución respecto a su nivel original, por diversas causas como son el tránsito y la erosión. Por lo mismo deberán efectuarse labores de recargue y refuerzo para volverlos a su nivel original, logrando con ello que la sección del camino coincida con la original del proyecto. El refuerzo o recargue de acotamientos deberá hacerse con material que cumpla las especificaciones para base, cuidando de darle la compactación adecuada.

II.2.3.- Pavimentación de acotamientos. Siempre que sea posible, deberán pavimentarse los acotamientos para que estos ofrezcan adecuada resistencia, aumente su duración y por consiguiente además de prestar mejor servicio requieran menos atención. La pavimentación de los acotamientos se podrá hacer mediante riegos o mediante mezcla asfáltica según se considere conveniente.

II.2.4.- Bacheo de acotamientos. Los acotamientos pavimen-

tados requieren de bacheo para su conservación, entendiéndose en este caso por bacheo el relleno de oquedades aisladas cuyo espesor no sobrepase el del pavimento, el bacheo deberá efectuarse siempre mediante mezcla asfáltica. Cuando las fallas de un acotamiento sobrepasen en espesor el del pavimento, se deberá considerar su corrección dentro del inciso II.2.2.

II.2.5.- Riego asfáltico de protección. Como ya se mencionó, los acotamientos deberán construirse con material que cumpla las especificaciones de material para base y de ser posible deberán pavimentarse mediante una carpeta asfáltica de un riego para su mayor protección. Sin embargo cuando no sea factible pavimentarlos, o se trate de caminos de bajo tránsito en que ésto no se justifique, se les protegerá mediante un riego de asfalto, que deberá cumplir en términos generales las características de un riego de impregnación. Será muy importante tener especial cuidado en que los tramos regados se cierren al tránsito hasta que haya obtenido una adecuada penetración y fraguado del producto. Una vez que el producto asfáltico haya penetrado podrán ser cubiertos con arena.

II.2.6.- Limpieza y perfilado de la corona. Es frecuente, que al realizar las labores de conservación en los acotamientos y en los taludes, la traza entre los dos planos de je de ser una recta y pase a ser una línea irregular. Esto además de tener mal aspecto, puede reducir el ancho de la-

corona del camino, con todos los inconvenientes que ello representa. Por ello, se deberá considerar como labor de conservación normal perfilar el límite de la corona mediante recargue de material en el extremo exterior del acotamiento y en el extremo superior del talud, cuidando de obtener el ancho de la corona original del proyecto del camino.

II.2.7.- Remoción de derrumbes. Las normas indican claramente, cuando la remoción de un derrumbe debe considerarse como labor de emergencia, en cuyo caso tendrá preferencia sobre las labores de conservación normal. Sin embargo, los derrumbes pequeños, que no invaden la superficie de rodamiento sino únicamente los acotamientos, deben ser programados como labor de conservación normal. Se ha agrupado este concepto en lo correspondiente a acotamientos por ser ahí donde generalmente se encuentra depositado el material.

II.3.- Drenaje

II.3.1.- Desazolve de contracunetas. Las contracunetas son canales de sección y ubicación determinada que se construyen en las laderas aguas arriba de una obra vial y que tienen por objeto impedir que el agua que escurre llegue a la obra. Se entiende por desazolve de contracunetas a la remoción de materiales ajenos, tales como tierra, piedras, hierbas, troncos u otros objetos que reduzcan la sección de la contracuneta impidiendo el escurrimiento libre del agua.

II.3.2.- Desazolve de cunetas. Las cunetas son las zanjas de sección determinada construidas en uno o ambos lados de la corona en los cortes destinadas a captar y encausar hacia afuera del corte el agua que escurre tanto de la superficie de la corona como de los taludes del corte. Como en el mismo caso de contracunetas, el desazolve de cunetas, consiste en la remoción de los materiales ajenos, que reducen la sección hidráulica y obstaculizan el libre escurrimiento del agua.

II.3.3.- Construcción de contracunetas. Cuando un corte no tenga contracunetas y presente problemas tales como que el agua que escurre por el terreno descargue sobre la superficie del camino, se tendrá la necesidad de construir la contracuneta en forma que capte el escurrimiento y lo conduzca fuera de la superficie del camino. La decisión de construir contracunetas y en su caso la selección del trazo para la excavación de las mismas, deberá ser hecho por personal técnico experimentado pues si bien un tramo de contracuneta solu-

ciona los problemas de escurrimiento, puede originar falla - de los cortes donde se ha excavado, ocasionado entonces problemas de más difícil solución.

II.3.4.- Reposición de cunetas. Cuando las cunetas no están-revestidas, el arrastre originado por la elevada velocidad a que escurre el agua hace que pierdan su sección original, por lo mismo en estos casos, la labor de conservación no deberá-limitarse a la eliminación del material extraño, sino que deberá incluir la reconstrucción de la sección transversal hasta obtener la de proyecto, cuidando al mismo tiempo, de que el sentido longitudinal, se obtenga la pendiente adecuada.

II.3.5.- Revestimiento de contracunetas. Una contracuneta excavada en material permeable propiciará la saturación del terreno en el que se encuentre, reduciendo así el factor de seguridad del corte respectivo, aumentando la posibilidad de distintas fallas en el mismo. Por lo anterior es siempre conveniente el revestimiento de contracunetas con la finalidad de impermeabilizarlas; desde luego, cuando la contracuneta - se encuentra excavada en material impermeable no se requiere revestirlas por esta razón. Una cuneta revestida permite adicionalmente mayor velocidad de agua y reduce grandemente los trabajos de limpieza.

II.3.6.- Revestimiento de Cunetas. Como es lógico, una cuneta revestida además de tener un mejor funcionamiento requiere - menos atención, pues únicamente será necesario desazolvarla - para conservar siempre la sección transversal y la pendiente

longitudinal del proyecto. Por lo mismo, será conveniente - las cunetas que no estén, empleando siempre para ello los - materiales y procedimientos indicados en las especificaciones.

II.3.7.- Construcción de guarniciones. Las guarniciones tienen por objeto encauzar el agua hacia los lavaderos, por los cuales ésta escurre sin provocar daños al talud. Como es lógico, las guarniciones y su complemento los lavaderos se justifican cuando hay algunas condiciones tales como terraplenes altos o contruados con materiales fácilmente erosionables. En términos generales, puede decirse que la guarnición se justifica en aquellos tramos de terraplén en que hayan ocurrido deslaves que afecten a la corona del camino. Las guarniciones deberán construirse cuidando de cumplir - tanto en los materiales como en los procedimientos a seguir con lo indicado en las especificaciones.

II.3.8.- Reparación de lavaderos. Los lavaderos son canales que llevan el agua que cae en la corona del camino fuera del pie del talud, en donde no puede causar daño al terraplén. Deberá cuidarse que la sección transversal del lavadero se mantenga constante sin presentar cambios en el revestimiento que puedan afectar el funcionamiento de este elemento. - Asimismo deberá vigilarse la zona de descarga del lavadero para obtener un rápido encauzamiento del agua fuera del pie del terraplén. Un motivo de los mismos sobre el talud del terraplén, provocando la erosión y arrastre de suelos dejen

do sin apoyo una parte o la totalidad del lavadero. Como - estos daños ponen en peligro la estabilidad del terraplén, deberá prestarse especial cuidado a su corrección.

II.3.9.- Construcción de lavaderos. Como se dijo en el inciso correspondiente a construcción de guarniciones, los lavaderos son complemento de las mismas y por tanto habrá que programar su construcción en forma conjunta. La construcción de lavaderos deberá sujetarse siempre a lo indicado en las especificaciones.

II.3.10.- Desazolve de alcantarillas. A la remoción de materiales tales como tierra, piedras, hierbas, troncos u otros objetos que obstruyan la entrada, salida o el interior de la alcantarilla, impidiendo el libre escurrimiento del agua, se le denomina desazolve.

II.3.11.- Reparación de alcantarillas. Son múltiples las labores que deben ejecutarse en una alcantarilla y que se consideran como de conservación normal.

II.3.12.- Acondicionamiento de los canales de entrada y salida a las alcantarillas. Se entiende por acondicionamiento a la remoción de azolve u otro material que obstruye la sección de un canal, así como el perfilamiento de sus paredes y plantilla para obtener su sección transversal y pendiente longitudinal de proyecto.

II.3.13.- Reparación de zampeados. Es frecuente que en los caminos se requieran zampeados para proteger de la erosión el pie del talúd de un terraplén, o bien, en los accesos -

de los puentes para protección de las terracerías susceptibles de ser erosionadas; en algunas ocasiones, cuando en un corte haya zonas de material fácilmente erosionable podrá ser conveniente el zampeado como solución para lograr la estabilidad del corte. Se comprende la importancia de mantener en buen estado esos zampeados, vigilándose cuidadosamente a fin de encontrar y reparar a la brevedad posible cualquier oquedad que presenten.

II.3.14.- Construcción de zampeados. La revisión cuidadosa de las zonas a las que se ha hecho referencia en el inciso anterior, principalmente en época de lluvias y en especial después de una fuerte precipitación, será la manera lógica de detectar en donde se requiere construir un zampeado.

II.3.15.- Desazolve de puentes. El cauce natural de una corriente, generalmente sufre modificaciones con la construcción de un puente que al cambiar el régimen hidráulico, -- provoca erosiones o depósitos que pueden influir negativamente en el funcionamiento de la estructura. Por lo mismo, el cuidado de la zona del cauce en la vecindad del puente será necesario. Antes de programar cualquier remoción de materiales en el cauce, es indispensable consultar al departamento de proyectos de la propia Dirección, para asegurarse que lo que se piensa realizar no afecte negativamente el funcionamiento estructural del puente.

II.3.16.- Limpieza de drenes. La vigilancia de la descarga de un drén algunas horas después de una fuerte precipita--

ción será la manera de comprobar si su funcionamiento es correcto. Si el dren tiene tubo y no funciona, se deberá intentar limpiarlo mediante varillas, esto se considera labor de conservación normal.

II.4.- Taludes.

II.4.1.- Afinamiento. Por afinamiento de taludes en corte, se entiende la remoción de todas las piedras o materiales sueltos que presenten peligro de caer a la corona del camino. En caso de taludes de terraplén, el afinamiento consiste en efectuar las labores necesarias con objeto de obtener en ellos una superficie uniforme.

II.4.2.- Retiro de obstáculos laterales para mejorar visibilidad. Es frecuente, que dentro de los límites del derecho de vía, existen obstáculos que impiden una adecuada visibilidad al usuario. Como labor normal de conservación se pueden realizar tareas que ayudan mucho no solo al buen aspecto del camino, sino que en la mayoría de los casos aumentan su seguridad. Como ejemplo de lo anterior, está el caso de un tramo en corte, en el cual el volumen que se requiere para ver para dejar el terreno del lado aguas abajo de la ladera al mismo nivel de la corona del camino es pequeño, consiguiéndose al hacerlo mejorar la visibilidad y en algunos casos proporcionar zonas para estacionamiento. Otro obstáculo frecuente son los árboles situados en el lado interior de las curvas que impiden la visibilidad.

II.4.3.- Recargues en taludes de terraplenes. Como se dijo en lo correspondiente a afinamiento, en los taludes de los terraplenes se deberá buscar obtener una superficie uniforme, que ayude a su estabilidad. Para lograrlo muchas veces no es suficiente con afinar los materiales existentes, prin

principalmente porque parte del material puede haberse perdido por asentamientos, erosiones o deslaves; por lo tanto será necesario efectuar recargues, cuidando de que el material que se use cumpla con especificaciones.

II.4.4.- Estabilización. Sucede sobre todo en los taludes de cortes y terraplenes, construidos en materiales fácilmente erosionables, que la realización de las tareas de conservación ya descritas no es suficiente para asegurar completa estabilidad. Por lo mismo, será necesario buscar dicha estabilidad, mediante la siembra de pasto o especies vegetales, adecuados tanto al material como al clima de la región, que permitiendo el libre escurrimiento del agua, evite la erosión.

II.4.5.- Construcción y reparación de bermas. Se llama berma a un escalón que se construye en un talud y cuyo objeto es lograr su estabilidad. La berma será una solución que deberá intentarse en el caso de todos aquellos taludes en cortes hechos en materiales fácilmente erosionables, en los cuales las siembras de especies vegetales no haya sido suficiente para lograr su estabilidad. En el caso de bermas existentes, la conservación consistirá en retirar el material que en ellas se haya acumulado, buscando obtener una superficie horizontal.

II.4.6.- Construcción y reparación de muros. Los taludes inestables, principalmente los de los terraplenes, cuando son demasiado altos y cuando por métodos como los ya indi-

cados, siembra de especies vegetales o construcción de lavaderos, no es posible conseguir su estabilización, harán necesaria la construcción de muros. Los muros, requerirán de estudios y proyectos cuidadosos antes de su construcción, para obtener la solución más adecuada, por lo que en general, para su realización deberá recurrirse al Departamento de Proyectos de la propia dirección. Los muros existentes, deberán ser objeto de revisión cuidadosa por lo menos cada seis meses, y como resultado de ella se efectuarán las reparaciones que requieran. Será muy importante vigilar y mantener limpios los drenes de los muros, cuyo descuido puede originar un grave desperfecto.

II.4.7.- Relleno de deslaves. Se llama deslave, a la erosión y socavación del material del talúd de un terraplén, producida por el escurrimiento del agua superficial. Como queda asentado en las normas, si un deslave afecta la corna del camino, se considerará como situación de emergencia y su corrección tendrá preferencia sobre las labores de conservación normal.

II.5.- Zonas laterales.

II.5.1.- Desyerbe. Al despeje de la vegetación existente en el derecho de vía, para evitar la presencia de materia vegetal en el cuerpo de las obras, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad, se le denomina en forma genérica desmonte. La roza es una de las operaciones que comprende el desmonte y consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.

II.5.2.- Tala. Otra de las operaciones que comprende el desmonte, es la tala, que consiste en cortar los árboles y arbustos.

II.5.3.- Canalización de zonas inundables. El que se inundan las zonas laterales del derecho de vía o aún zonas aledañas fuera del mismo, puede causar serios perjuicios al camino, por lo que el drenar esas zonas será labor de conservación muy importante. Debe tomarse en cuenta, antes de proceder en este tipo de obra que su ejecución puede causar perjuicios a propietarios de terrenos contiguos al camino, por lo que al proyectarlos se deberá evitar que esto suceda. Para lograrlo, en general la canalización en su caso se deberá llevar por el derecho de vía hasta algún cauce natural en el que pueda dársele salida sin que ocasione problemas.

II.5.4.- Mantenimiento de obras marginales. Las obras marginales son aquellas situadas en las zonas laterales del derecho de vía, que contribuyen a una mejor utilización

del camino por los usuarios. Su mantenimiento, deberá ser parte de las labores de conservación normal y se deberá efectuar siguiendo los lineamientos y procedimientos indicados en las normas.

II.5.5.- Retiro de obstáculos. Así como en los taludes, puede existir obstáculos que limiten la visibilidad del camino, sobre todo en el lado interior de las curvas, también puede darse el caso, que existan obstáculos fuera de los caños del talud, pero dentro del límite del derecho de vía. En tal caso, y de acuerdo a lo que se dijo en lo concerniente a taludes, deberá procederse a su retiro.

II.5.6.- Retiro de anuncios. Una de las bases legales que norman el derecho de vía de las carreteras dice: "El uso del derecho de vía será exclusivamente el derivado de la operación del camino. Está por ello prohibido, que los colindantes a la carretera u otras personas o entidades lo ocupen para cualquier otro fin". Como puede verse, colocar anuncios dentro del derecho de vía queda claramente prohibido por la disposición anterior por lo que deberá procederse de inmediato a su retiro.

II.5.7.- Retiro de cercas. Con base en la disposición mencionada en el inciso anterior, deberán retirarse las cercas que invadan el derecho de vía; Será muy importante, en este caso, distinguir entre las cercas que invaden el derecho de vía y aquellas colocadas en su límite, pues estas últimas evitan el cruce de peatones y la invasión por el ganado de-

la carretera. Por lo mismo debe buscarse que las cercas que se construyan ó bien las que se cambien de ubicación se encuentren siempre en el límite del derecho de vía.

II.6.- Señalamiento.

II.6.1.- Pintura de raya central. Las rayas centrales son - aquellas que sirven para separar los dos sentidos del tránsito en una vía de circulación. La pintura de raya central, deberá efectuarse siguiendo los lineamientos y procedimientos dados para ese efecto en el "Manual de dispositivos para el control del tránsito", al que aquí se le denominará - el manual.

II.6.2.- Pintura de rayas laterales. Las rayas laterales, - son las que limitan la superficie de rodamiento de el acotamiento y su objeto está claramente expuesto en el manual. Así mismo, en el manual se indican los procedimientos que - deberá regir para su pintura.

II.6.3.- Pintura de elementos de la sección transversal. -- Los elementos que constituyen un obstáculo y que formen parte de la sección transversal de un camino como puede ser: - Filas o estribos de puentes en pasos inferiores, monumentos, isletas, semáforos y soportes de señales elevadas, se deberán pintar siguiendo los lineamientos dados en el manual, - del inciso "M- 21 marcas en obstáculos".

II.6.4.- Reparación de señales en el lugar. Una de las cosas que más mala impresión puede causar al usuario de un camino es el hecho de que permanezcan señales dañadas. Por lo mismo, cuando el desperfecto sea menor y susceptible de arreglarse en el lugar, esto deberá hacerse de inmediato; en caso contrario deberá retirarse la señal y llevarse al taller

para su arreglo.

II.6.5.- Colocación de señales. La colocación de señales, - deberá efectuarse cuidando de cumplir integralmente los li-- neamientos dados al respecto en el manual, ya que una señal mal colocada no solo causa mala impresión sino que puede - originar accidentes.

II.6.6.- Colocación de fantasmas. También en este caso, el- manual contiene todos los lineamientos y procedimientos a - que deberá ajustarse la colocación de fantasmas.

II.6.7.- Colocación de postes de kilometraje. Así mismo, es- te caso está cubierto en el manual, por lo que únicamente - cabe indicar que la pieza será la unidad.

II.6.8.- Pintura de puentes. La conservación adecuada de -- los puentes, es esencial para lograr un tránsito ininterrug- pido y para proteger la inversión hecha en ellos. Por lo - mismo, se deberán inspeccionar de acuerdo con lo asentado - al respecto en las normas, y como resultado de esa inspec-- ción programar los trabajos que se requieran; en general es- tos trabajos no se considerarán como labor de conservación- normal. Como excepción a lo anterior, está la pintura de -- los parapetos, la que si deberá considerarse como labor de- conservación normal, y efectuarse con la frecuencia necesari- a para que estos presenten buen aspecto.

III.- Actividades para la reconstrucción de caminos.

Para la reconstrucción de caminos, en general se efectúan los mismos trabajos que para una carretera nueva, con la ventaja de que por estar funcionando la carretera actual el acceso es más sencillo, hay algunos trabajos que no son necesarios realizar como son exploraciones previas, porque en general las reconstrucciones contemplan la ampliación de la carretera actual en algunos casos efectuando modificaciones de trazo para mejorar los grados de curvatura o reducir pendientes.

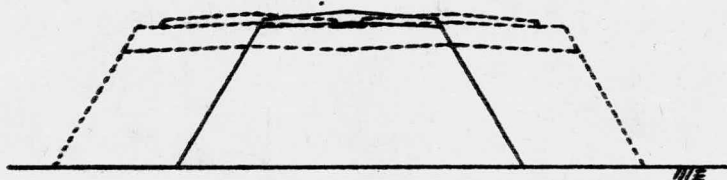
En lo que se refiere a terracerías, se requiere marcar un procedimiento para ligar los materiales de la carretera actual con material nuevo para lograr la ampliación deseada y garantizar la estabilidad de la carretera.

En lo que respecta al pavimento se requiere efectuar un estudio (evaluación) del pavimento existente, a fin de determinar su uso en el nuevo pavimento ya sea que el actual se aproveche como pavimento, capa subrasante, cuerpo del terraplen o bien se desperdicie.

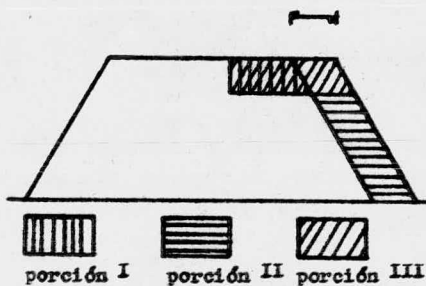
Lo anterior se efectúa con personal de la oficina que es en un volumen del orden del 30 % del total, ya que el restante se hace por medio de compañías de estudios mediante contrato, correspondiendo a la oficina avalar dichos estudios mediante la revisión de los proyectos.

La ampliación del ancho de corona puede ser de las siguientes formas:

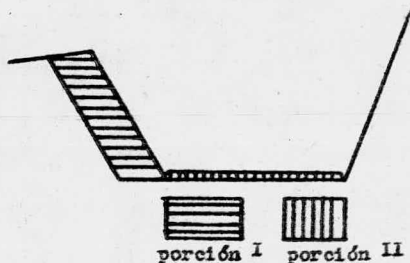
1.- Ya sea que se requiere aumentar el ancho de corona para construir 2 cuerpos adicionales a la vía ya construida, y así aumentar el nivel de servicio de una carretera saturada como se muestra en la siguiente figura:



2.- Ampliación de ancho de corona hasta de 1.50 metros de ancho en pequeñas longitudes, como se muestra en la figura.



A) Ampliación en terraplén



B) Ampliación en corte en cajón

Los lineamientos generales que deberán considerarse en la ampliación del ancho de corona, son los siguientes:

A) Ampliación en Terraplén.

1.- Córtese un escalón en el acotamiento (porción I), abarcando las capas de sub-base y base. El material extraído se acamellonará para su posterior utilización.

2.- Constrúyase la porción II con material A ó B, hasta el nivel de sub-rasante, colocándolo en capas de espesor no mayor de 30 cm. para ser compactadas adecuadamente con rodillo ligero, hasta un mínimo del 90 %.

3.- Al nivel de subrasante, deberá dársele una compactación mínima del 95 %, cuidando de que el equipo pase traslapado sobre la junta de la porción existente y la ampliación del terraplén. En caso de que haya asentamientos, deberá escarificarse y hacer los recargues necesarios para que una vez recompactada esa zona ya no se produzcan nuevas deformaciones.

4.- Una vez efectuada la compactación al nivel de sub-rasante, deberá procederse a completar las capas de sub-base y base, empleando el material que de ellas se había retirado, recargado con material de la calidad adecuada. Terminadas éstas se hará la carpeta asfáltica.

5.- Si el material del pavimento existente no se desea utilizar por ser de mala calidad, podrá usarse en la porción II, recortando la porción I en todo el ancho de la corona.

En este caso el pavimento existente se considerará como me-

joramiento de terracerías o como capa sub-rasante, de acuerdo con la calidad de los materiales que estén formando dicho pavimento.

6.- Este procedimiento podrá aplicarse en ampliación a ambos lados del terraplén.

B) Ampliación en corte en cajón.

1.- Se cortará la porción I cuyo nivel inferior deberá coincidir con el de la cama del corte. Parte de este material, - si su calidad es buena, se utilizará para formar la capa sub-rasante y el resto se usará en recargues de terraplen. En caso contrario se desperdiciará.

2.- Se escarificará la porción II en todo el ancho de la corona, en caso de que el pavimento se encuentre con fallas generalizadas. En caso de que se encuentre en buen estado, se ampliará la porción II de acuerdo con los lineamientos dados en el parrafo anterior para ampliación de terraplenes.

3.- Si se escarificó el material de la porción II, se utilizará en la construcción de las capas de sub-rasante o sub-base, de acuerdo con su calidad y volumen. El tendido y la compactación de estas capas deberá hacerse en todo el nuevo ancho de corona.

4.- Se procederá a la construcción de las capas de base y --carpeta del espesor y compactación que en cada caso particular se fijen y en el nuevo ancho de corona.

5.- Terminado este trabajo, deberán restaurarse las cunetas y contracunetas.

6.- Este procedimiento podrá aplicarse cuando la ampliación sea en ambos lados del corte.

Las obras de reconstrucción de caminos que requieren sub-base o base son de dos tipos generales:

- a) refuerzo de un pavimento existente.
- B) ampliación del ancho de corona.

En el primer caso, mediante el auxilio del laboratorio, - se deberá verificar que ésa es la solución adecuada al -- problema. En el segundo caso, se recurrirá asimismo al auxilio del laboratorio para el diseño de espesores, pero - éstos deberán ser como mínimo iguales a los del pavimento existente.

En la reconstrucción de carreteras, en términos generales - la secuencia de las operaciones necesarias en la ejecu -- ción de las sub-bases y bases es la siguiente:

1.- Si se va a aprovechar el material de la carpeta asfáltica existente se procede en la siguiente forma:

- a) Se escarificará la carpeta y, en caso de que así se a - pruebe, un espesor determinado de la base existente. Se - disgregará perfectamente ambos materiales y se mezclarán - hasta obtener su homogeneidad.
- b) Este material se acamellonará de tal manera que quede - descubierta la mayor parte de la superficie posible de la base existente, la que se conformará y compactará debida - mente.
- c) Se pasará el material acamellonado a la superficie que se compactó, para a su vez conformar y compactar la que - ocupaba el material suelto.

d.- Si el proyecto así lo indica, se procederá a añadir un nuevo material de base, el que se incorporará al producto - antes indicado, construyendo la sub-base o base en la forma especificada, por capas hasta alcanzar el espesor fijado en el proyecto.

2.- Si el material de la carpeta asfáltica existente se va a desechar, se escarificará y recogerá, transportándolo al sitio que se señale. A continuación se conformará y compactará la superficie expuesta de la base existente y se procederá a la construcción de la nueva.

3.- En caso de que solamente exista revestimiento y por su calidad y cantidad se determina que puede aprovecharse como parte de la sub-base, se procederá como sigue:

a) Se escarificará la parte aprovechable del revestimiento cuidando de que no se contamine con el material de la terracería, y se acamellonará, de tal manera que quede descubierta la mayor superficie posible de dicha terracería, la que se conformará y se compactará debidamente.

b) A continuación se pasará el material suelto del revestimiento a la superficie compactada, para a su vez conformar y compactar la superficie que ocupaba el material suelto.

c) En seguida se procederá a añadir el nuevo material, mezclándolo con el de revestimiento y construyendo la sub-base como se especifica, por capas, hasta alcanzar el espesor de proyecto.

III.1.- Proyecto de reconstrucción de pavimentos.

Para la reconstrucción de pavimentos, utilizando el método de porter modificado, primeramente se debe hacer un recorrido del tramo por tratar, a fin de subdividirlo en subtramos que presenten fallas comunes, las cuales deben ser descritos en las hojas de reporte.

Los tipos de fallas pueden ser:

Permeabilidad de la carpeta.

Agrietamientos de la carpeta.

Canales de rodamiento en el pavimento.

Deformaciones fuertes.

En el caso de los tramos en que la permeabilidad de la carpeta sea alta, pero no existan agrietamientos o deformaciones fuertes, no se requiere llevar a cabo estudios de espesores, sino que sólo se debe recomendar la aplicación de un sello, ya sea con materiales No. 3, o con morteros asfálticos.

En caso de que existan agrietamientos de la carpeta de reglares fuertes, pero sin deformaciones de consideración, se debe desechar la carpeta, conformar la superficie de base descubierta, compactándola posteriormente a 95 % y colocar un espesor de carpeta igual al que se retiró. En este caso, es probable que tampoco se requieran estudios de espesores, pues sólo se ha tenido falla funcional en la carpeta, pero el resto del pavimento se ha comportado en forma correcta.

En caso de que en el pavimento se hayan marcado las rodadas de los vehículos en forma de acanaladuras, pero sin que se tengan fuertes deformaciones, lo más probable es que la falla sea de las capas de base y sub-base, ya sea por defecto en el espesor, o por baja calidad de los materiales; en este último caso, según sea la humedad de la región, se tendrán más agrietamientos de la carpeta que en la primera situación. En este caso, dependiendo de la profundidad de las rodaduras, se deben efectuar sondeos cada 500 ó 700 m. pero no menos de 3 en el subtramo.

En el último caso señalado, o sea cuando se tienen deformaciones fuertes en situación irregular, la falla es de tipo estructural abarcando desde las terracerías, probablemente por exceso de humedad o por baja compactación, quizá desde la construcción de la obra, por lo que al aumentar la intensidad del tránsito, se presentan las deformaciones. En este caso, se deben efectuar sondeos que tendrán una separación entre 250 y 500 m., pero también no menor de 3 en el subtramo.

Los sondeos que se efectúan en los tramos por reconstruir son de tipo a cielo abierto de 50 x 50 cm. abarcando en zona vertical a la carpeta, base, sub-base, capa subrasante y de 30 a 50 cm. del cuerpo del terraplen.

Se toman muestras de la carpeta a fin de determinar las condiciones en que se encuentra, debiéndose efectuar en el campo una inspección visual para observar algunos datos como

rigidez, cubrimiento, agua libre, etc., y mediante pruebas de laboratorio se determinará: contenido de asfalto, de agua y granulometría del material pétro.

En las capas de base y sub-base, se determinará la compactación y humedad del lugar y se tomarán muestras de cada una de ellas para determinar en el laboratorio: peso volumétrico seco suelto, densidad del agregado grueso, granulometría, límites de plasticidad (incluyendo contracción lineal); datos de prueba de Porter Estándar o de California como son: peso volumétrico seco máximo, humedad óptima, expansión y valor relativo de soporte (saturado).

Con estos datos, se determinará la aceptabilidad o no de estos materiales para el nivel en que se encuentren en la obra. En caso necesario, se harán las pruebas requeridas para mejorar sus características.

De los materiales de capa subrasante y terracerías, también se debe conocer las compactaciones y humedades del lugar, todos los datos de laboratorio que se señalaron para base y sub-base, así como el valor relativo de soporte a diferentes grados de compactación (90, 95 y 100%) y humedades (W_0 , $W_0 + 1.5\%$ y $W_0 + 3\%$).

Con estos datos se debe revisar la estructuración actual de los tramos y recomendar los espesores faltantes, usando las curvas de proyecto, así como los procedimientos de construcción, teniendo presente utilizar lo más posible los materiales actuales con los tratamientos adecuados para cumplir con

las especificaciones y de esta manera resulte con el menor costo posible.

Es muy común que cuando existen roderas, los estudios de laboratorio, como ya se dijo, indiquen que los materiales de base y sub-base tengan características de alta plasticidad y bajo valor relativo de soporte y que las compactaciones de capa subrasante y terracerías sean aceptables. En este caso, se pueden mejorar por medios mecánicos o con estabilización las características fuera de especificaciones o después de escarificar, conformar y compactar los materiales actuales, colocar sobre ellos, materiales de características aceptables, incluyendo en cualquier caso, el espesor y tipo adecuado de carpeta asfáltica.

Los VRS de proyecto, deben ser los correspondientes al 80 - percentil para cada uno de los tramos.

En el caso de que el mal provenga desde las terracerías. Los tratamientos pueden requerirse desde éstas además de necesitarse en general, el mejoramiento de la calidad de las capas superiores; en caso de que la humedad de los materiales sea muy elevada, se deberá estudiar la conveniencia, de mejorar el drenaje ya sea superficial o subterráneo, así como contemplar la necesidad o no de construir capas rompedoras de capilaridad.

Para mejorar la calidad de las capas inferiores, es necesario acamellonar las capas superiores, lo cual generalmente tiene la limitación del ancho de corona, agravándose si la -

reconstrucción se efectúa sin desviación del tránsito, por lo cual, los procedimientos de construcción deben estar -- adecuados a la forma en que se pueda llevar a cabo la re-- construcción.

III.2.- Cálculo de espesores para pavimento flexible por medio de Porter Modificada.

En la tecnología que aquí se presenta, el tipo y espesores de carpeta que se recomiendan, según el tránsito diario -- promedio anual, es como se indica en la siguiente tabla:

Vehículos pesados	Tipo y espesores de carpeta asfáltica.
menos de 500	Carpeta de un riego
De 500 a 2000	Carpeta de riegos o mezclas en el lugar de 4 a 6 cm.
De 2000 a 3000	Carpeta de tres riegos ó mezclas en el lugar de 6 a 10 cm.
Más de 3000	Carpeta de concreto asfáltico de 15 cm., sobre base hidráulica, o de 5 cm. mínimo sobre base tratada con cemento portland.

Por otro lado, cuando se recomienda el uso de concreto asfáltico, se deberá proyectar una base rigidizada, a menos que el espesor de carpeta sea del orden de 15 cm.; de esta manera, se evitarán agrietamientos en la superficie de rodamiento pues se tiene una mejor sucesión de módulos de elasticidad entre las diferentes capas.

Con las curvas de la figura 5, se obtiene el espesor de material hidráulico que se requiere sobre una capa determinada en función de sus VRS y los ejes acumulados en la vida útil, para resistir los esfuerzos que les son transmitidos

el espesor requerido estará formado por materiales de mejor calidad, conforme su posición sea más superficial.

Se denominan materiales hidráulicos a los materiales naturales, incluyendo aquellos que han recibido un tratamiento mecánico como mezcla con otro material natural, cribando o -- triturando.

Los materiales que han sido tratados con productos como asfalto, cal o cemento, tienen un valor estructural mayor que los hidráulicos; por lo que, para contabilizar adecuadamente su espesor, es necesario multiplicarlo por los valores -- de equivalencia que se dan en la siguiente tabla:

Factores de equivalencia	
Material	Factor
Concreto asfáltico	2.0
Base tratada con cemento Portland	1.8
Base tratada con cal	1.5
Mezcla asfáltica o carpeta de 2 o 3 riegos	1.3 - 1.5
Materiales naturales o tratados mecánicamente	1.0
Carpeta de un riego	0.0

El espesor de capa subrasante, será la diferencia del espesor requerido por la capa subyacente a ella (terracería) y el que requiere el material con el cual va a ser formada; -- este espesor podrá disminuirse por consideraciones de espesor mínimo de construcción de las capas superiores (base, -- sub-base) pero no será inferior al mínimo especificado (30 cm.)

El espesor del pavimento, será el que se calcula en función del tránsito acumulado y el VRS de la capa subrasante; éste como máximo se considera de 20 %; en todos los casos; de acuerdo a la práctica nacional, se requiere que bajo la carpeta asfáltica se coloque una capa con características de base.

Cuando se requiera capa de sub-base, su espesor será de la mitad a dos tercios del espesor calculado de base más sub-base, pudiéndose hacer alguna consideración acerca de los costos de la obra y de los acarrees del material de base, - pues en donde sus costos sean mínimos se puede colocar sólo la capa de base; sin embargo, generalmente no se llega a estos refinamientos, ya que es preferible tener espesores continuos para los diferentes subtramos.

En la figura 6, se presenta una forma para el cálculo ordenado de espesores y estructuración del pavimento, haciendo uso de esta tabla se conocen el número de ejes equivalentes al cabo de la vida útil del pavimento, haciendo uso del factor de crecimiento de tránsito. A continuación se presenta el procedimiento para llenar la forma:

1.- Se consigna el tránsito diario promedio anual en ambos sentidos.

2.- Se calcula el tránsito diario en el carril de diseño, - que es el 60 % del tránsito si solo hay dos carriles o el 50 % si el camino es de 4 carriles.

3.- Se indica el período de diseño en años (n), y la tasa-

de crecimiento anual (r').

4.- Se calcula el coeficiente de acumulación del tránsito por medio de la fórmula:

$$C = 365 \frac{(1+r')^n - 1}{r'} \quad (r' \text{ en decimal})$$

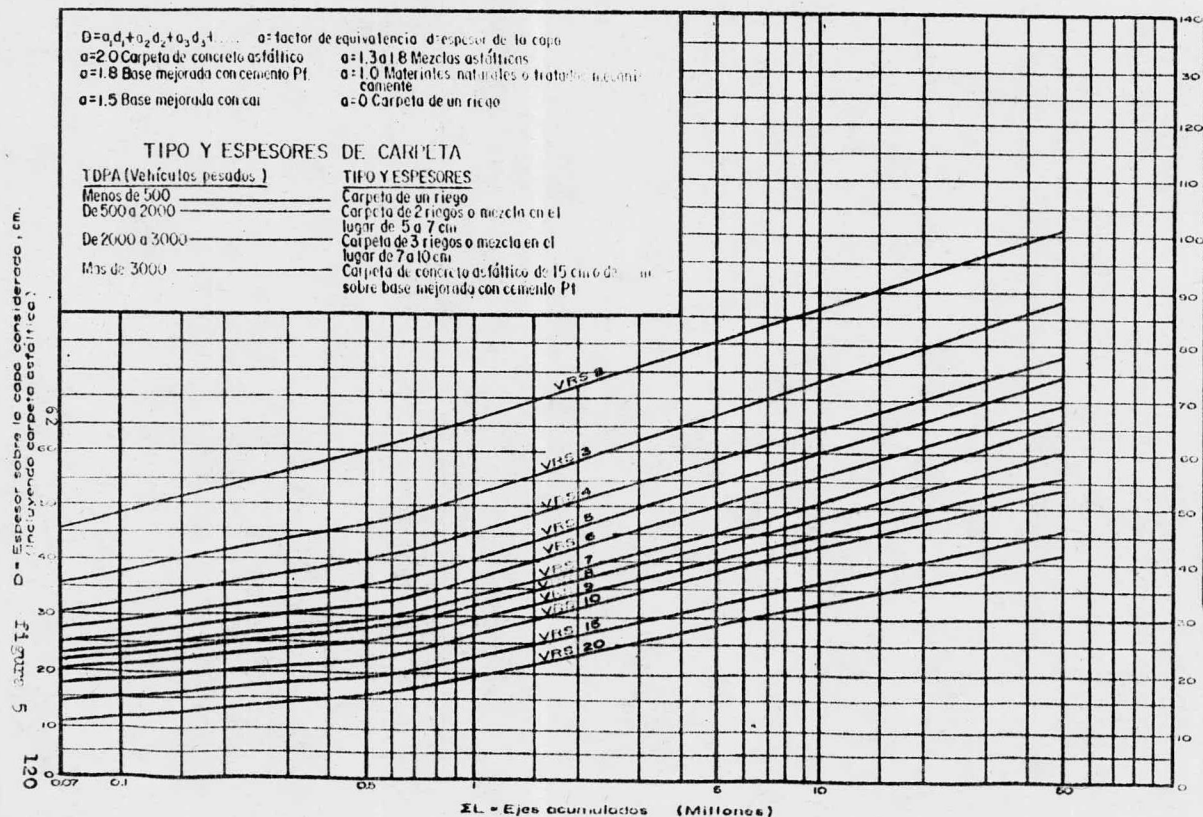
5.- Se indican en la columna 2, los porcentajes de composición actual del tránsito, de acuerdo con los diferentes tipos de vehículos que se indican en el cuadro, asimilando todo el tránsito a los tipos marcados, a menos que se quiera llevar a cabo un estudio más minucioso en cuyo caso, se puede ampliar el listado.

6.- Se calcula, para la columna 3, el número actual de los diferentes tipos de vehículos en el carril de diseño, multiplicando el número de vehículos en ese carril, por los porcentajes señalados en la columna 2.

7.- Se multiplican los coeficientes de equivalencias de la columna 4 por el número de vehículos correspondientes a la columna 3 con la que se encuentran los datos correspondientes a ejes sencillos equivalentes de la columna 5.

8.- Se suman los valores de esta columna y se multiplican por el coeficiente de acumulación del tránsito con lo cual, obtenemos el número de ejes equivalentes acumulados que se tendrán en la vida útil del pavimento.

GRAFICA PARA LA ESTRUCTURACION DE UNA OBRA VIAL EN BASE A VRS OBTENIDO DE PRUEBAS PORTER MODIFICADAS



CALCULO DE ESPESORES PARA PAVIMENTO FLEXIBLE:

PORTER MODIFICADA

CARRETERA (OBRA): _____ FECHA _____

TRAMO: _____

SUBTRAMO: _____

DATOS DE PROYECTO:

- 1.- Tránsito Diario promedio anual en ambos sentidos _____
- 2.- Tránsito Diario en el carril de diseño (%) _____
- 3.- Período de Diseño (años) (n) _____
- 4.- Tasa de crecimiento anual (r) _____
- 5.- Factor de conversión (c) _____

CALCULO DE TRANSITO EQUIVALENTE

TIPO DE VEHICULO.	DISTRIBUCION DEL TRANSITO EN %	DISTRIBUCION DEL TRANSITO (VEHICULOS)	COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA	EJES SENCIL EQUIVALENTE DE 8.2 TON.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Automóvil			0.0004	
Autobús			1.12	
Camión 5 T			0.03	
Camión 17 T			0.8	
Camión 25 T			1.65	
			SUMA:	

Tránsito acumulado al final de la vida útil
 Factor de conversión x suma

CALCULO DE ESPESORES

1.- VRS de diseño de las terracerías				
2.- Índice de espesor (cm)				
3.- VRS de diseño de la capa subrasante				
4.- Índice de espesor (cm)				
5.- Estructuración del pavimento es espesores equivalentes:	CARPETA DE			
	BASE (BH)			
	SUB-BASE (SB)			
6.- Estructuración del pavimento en espesores reales:	CARPETA DE			
	BASE (BH)			
	SUB-BASE (SB)			
	SUBRASANTE (SR)			

SUMA :

OBSERVACIONES:

$$C = 365 \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

figura 6

Ejemplo: Se tiene un tránsito diario promedio anual de 4373 vehículos en ambos sentidos, en un camino de dos carriles, con la siguiente distribución de vehículos:

Automoviles	20 %
Autobuses	25 %
Camiones 5 Ton.	15 %
17 Ton	25 %
25 Ton	15 %

Con una tasa de crecimiento anual del 10 % a 10 años.

Solución :

$$TDPa = 4373 \quad TDCD = 4373 \times 60\% = 2624$$

$$n = 20 \text{ años} \quad r' = 10 \%$$

$$\text{Coeficiente de acumulación del tránsito } C = 365 \frac{(1+r')^n - 1}{r'}$$

$$C = 365 \frac{(1 + 0.10)^{20} - 1}{0.10} = 20905$$

Tipo de vehí- culo.	Distribución del tránsito en %	Distribución del tránsito (vehículos)	Coeficiente de equivalencia	ejes senci- llos equi- valentes - de 8.2 Ton
------------------------	--------------------------------------	---	--------------------------------	---

Automovil	20	524.8	0.0004	0.2099
Autobús	25	656.0	1.12	734.72
Camión 5 T.	15	393.6	0.03	11.808
Camión 17 T.	25	656.0	0.80	524.80
Camión 25 T.	15	393.6	1.65	649.44
			Suma	1,920.977

Factor de conversión \times suma = 40'158,043.41

Para obtener la estructuración de una obra vial en base a VRS obtenido de pruebas Porter modificadas, se necesita contar -- con los VRSs de capa subrasante y cuerpo de terraplén, además con la suma de ejes acumulados en millones.

para continuar con el ejemplo anterior se tienen los siguientes VRSs:

VRS para capa subrasante = 8

VRS para cuerpo de terraplén = 4

$$\left[\begin{array}{l} \text{pavimento} \\ \text{capa subrasante VRS} = 8 \\ \text{cuerpo del terraplén VRS} = 4 \end{array} \right] \text{Espesor} = \text{C.SR.} + \text{PAV.}$$

Entramos a la figura 5 con VRS = 4 y 40'158,043.41 de ejes acumulados y así obtenemos el espesor sobre la capa considerada en centímetros, que en este caso nos da 77 cm.

Enseguida volvemos a entrar a la gráfica con VRS = 8 y los mismos ejes acumulados y obtenemos el espesor del pavimento - que es de 59 cm.

Espesor = capa subrasante + pavimento

77 cm = capa subrasante + 59 cm.

capa subrasante = 77 cm. - 59 cm.

capa subrasante = 18 cm. Por especificaciones la capa subrasante no debe de ser menor de 30 cm. de espesor, por lo tanto se considerará de 30 cm. en lugar de 18 cm.

Para obtener el tipo y espesor de carpeta, se entra a la misma gráfica con el tránsito actual mayor de 5 ton, para este-

caso es el 65 % del TIPA.

$$4373 \times 65 \% = 2843$$

de 2000 a 3000 Carpeta de 3 riegos ó mezcla en el lugar de
7 a 10 centímetros.

Se toma carpeta de 9 cm. de espesor. construida de mezcla asfáltica en el lugar.

Con la fórmula $D = a_1 d_1 + a_2 d_2 + a_3 d_3 + \dots$ y tomando en cuenta que el espesor de la capa de base es de 20 cm. por especificaciones, se podrá obtener el espesor de sub-base

$$D = a_1 d_1 + a_2 d_2 + a_3 d_3 + \dots$$

$$59 = 9 \times 1.5 + 20 \times 1 + SB \times 1$$

$$SB = 59 - 13.5 - 20$$

$$SB = 25.5 \text{ cm.}$$

Estructuración final	{	Capa subrasante	= 30.00 cm.
		Capa de Sub-base	= 25.50 cm.
		Capa de Base	= 20.00 cm.
		Carpeta	= 9.00 cm.

III.3.- Reconstrucción de drenaje y subdrenaje.

La ampliación de las obras en caminos en operación, podrán corresponder a cualquiera de los tipos siguientes:

- A) Ampliación transversal para aumentar el ancho de calzada
- B) Ampliación longitudinal por requerirse mayor área hidráulica.

En el primer caso, el proyecto de la ampliación, en general puede ser elaborado con los datos existentes en el proyecto original. En el segundo caso, para la elaboración del proyecto, deberán efectuarse previamente estudios de campo que permitan obtener los datos en los cuales basar el mismo. A continuación se dan algunos lineamientos generales en relación con los estudios y proyectos:

1.- Localización. En caso de obras existentes, que sea necesario ampliar, tanto mediante modificación de las mismas, como mediante la construcción de una nueva, deberá verificarse si la localización, su ángulo de cruce y su nivel de desplante son adecuados.

En términos generales, cuando el eje del camino cruce el eje de un cauce formando un ángulo de esviajamiento superior a cinco (5) grados, no deberá modificarse ninguno de los dos ejes para pretender obtener una obra con cruce en ángulo recto.

En caso de obras que hayan sido construidas normales al camino mediante rectificaciones al cauce en las cercanías de la entrada y salida, podrá ser más conveniente proteger e--

sas rectificaciones con zampeados o muros de mampostería o concreto, o bien construir nuevos canales con trazo adecuado, antes de pretender hacer cambios en la dirección de la obra. El nivel de entrada de la obra deberá ser objeto de cuidadoso estudio. La elevación de la plantilla en el punto de entrada deberá coincidir con la del fondo del cauce natural y, si la pendiente es fuerte, deberá evitarse la erosión a la salida mediante zampeados.

2.- Área hidráulica. Existen diversos procedimientos para calcular los gastos y por consiguiente el área hidráulica necesaria para una obra. En general, cuando se trate de -- construir una obra nueva, en donde ya había otra o ampliar una existente, que será el caso más frecuente en caminos -- en operación, lo mejor será basarse en el funcionamiento -- de la obra existente o bien en los informes de gente del -- lugar acerca de los niveles máximos alcanzados por el agua en los últimos años y de acuerdo con eso calcular los gastos.

Cuando no haya estructuras de drenaje cercanas o cuando no existan datos acerca del gasto máximo de la corriente en -- el cauce, se puede utilizar algún procedimiento aproximado que proporcione el área hidráulica necesaria en función de la superficie por drenar y del tipo de terreno, o bien en -- función de las intensidades de precipitación pluvial de la zona.

3.- Forma. Una vez determinada el área hidráulica necesaria,

habrá que decidir la forma y dimensiones de la alcantarilla. El criterio a seguir será lograr que el agua pase a través de ella en forma tal, que no cause trastornos al camino y - que la alcantarilla no requiera excesivos cuidados de conservación. En el diseño de las dimensiones de una obra se - deberá considerar, de acuerdo con las condiciones de la región, la magnitud del espacio adicional requerido para cueros flotantes, tales como ramas, troncos u otros y evitar - así que éstos puedan dañarla u obstruirla impidiendo su funcionamiento.

4.- Tipo de estructura. En la elección del tipo de estructura a usar, deberán considerarse los siguientes aspectos:

a) Terreno de cimentación.

b) Área hidráulica requerida.

c) Requisitos originados por la topografía, tales como: altura de la rasante, forma, posición y pendiente del cauce u otros.

d) Costos.

Normas. Salvo en casos de emergencia provocados por condiciones imprevisibles, nunca se iniciarán las obras de ampliación o construcción de alcantarillas o puentes, hasta haber terminado totalmente la desviación necesaria, de acuerdo con los lineamientos dados en la cláusula de desviaciones de las normas. Asimismo, considerando que este tipo de obras en caminos en operación provocan no solo molestias, sino, en algunos casos, peligros para el usuario, se serán programar perfectamente para asegurar que se contará con el personal mate-

riales y equipo necesarios y en las fechas requeridas, que garanticen la realización de los trabajos sin interrupción y su terminación en el lapso prefijado. Será muy importante en el caso de los materiales, que sean muestreados y ensayados por el laboratorio con la anticipación suficiente, para que puedan conocerse los resultados antes de su empleo.

Procedimientos. En todas las obras de reconstrucción, ampliación o construcción de alcantarillas y puentes, deberá cuidarse de que, tanto en calidad de materiales empleados como en la ejecución de los trabajos, se cumpla íntegramente con lo indicado en la Parte tercera de las Especificaciones Generales de Construcción.

Construcción o reparación de drenes.

En caminos en operación, la necesidad de construir drenes, o de reparar los existentes, estará indicada por la presencia de humedad en la capa del pavimento, de la subrasante o de la cama del corte, lo que se podrá verificar mediante sondeos, que deberán ser hechos de preferencia en las cunetas. Los escurrimientos de agua en los taludes y el tipo de materiales que forman el corte constituirán valiosas guías al respecto. En donde existan drenes, la vigilancia de su descarga en la época de lluvias, principalmente algunas horas después de una fuerte precipitación, será la mejor guía para comprobar si su funcionamiento es correcto.

En caso de que el dren no tenga tubo y no funcione con eficacia, será necesario reconstruirlo totalmente, con las mo-

dificaciones que procedan. En los que tengan tubo, se procurará primero limpiarlo con varillas, y si esto no es suficiente será necesario destaparlo para proceder a reconstruirlo.

Normas.

A) No deberá hacerse ninguna reparación definitiva en los acotamientos y/o en la superficie de rodamiento, si la causa de los daños que ahí se presentan es la inexistencia o ineficacia del sub-drenaje, mientras éste no haya sido corregido. En este caso, la construcción o reparación del sub-drenaje deberá tener prioridad sobre los otros trabajos, en el tramo en que se localice la falla.

B) Se deberá tener en cuenta el señalamiento necesario, de acuerdo con lo indicado en el "Manual de Dispositivos para el control del Tránsito".

C) Supuestos que el construir o modificar drenes ciegos en un camino en operación implica el ocupar una parte de la corona del mismo con materiales en el caso de que se requiera construcción o reparación en ambos lados deberá hacerse en forma alterne, no iniciando la obra en un lado hasta haber terminado totalmente y retirado los materiales del lado opuesto.

Procedimientos. Tanto en procedimientos como en calidad de materiales, la construcción o reparación de drenes deberá efectuarse de acuerdo con lo indicado en el Capítulo respectivo de las Especificaciones Generales de Construcción.

Se recomienda considerar los siguientes lineamientos generales, al construir drenes, ya que se ha visto que son útiles para su mejor funcionamiento:

- 1.- Supuesto que el incremento de costo se justifica ampliamente, ya que presta un mejor servicio, se recomienda, -- tanto en construcción de drenes nuevos, como en reconstrucción de existentes, colocar siempre un tubo.
- 2.- Deberá verificarse que la pendiente del tubo ayude a su limpieza. Para lograrlo la pendiente no deberá ser menor de medio por ciento (0.5 %). Para pendientes mayores -- del dos por ciento (2.0 %) deberá anclarse el tubo mediante una plantilla de mortero de cemento.
- 3.- Cuando se reparen drenes y se encuentren azolvados los tubos, convendrá aumentar el diámetro para evitar nuevo -- azolve.
- 4.- La profundidad de la plantilla en los drenes será como mínimo de uno punto cincuenta (1.50) metros, a partir del fondo de la cuneta.
- 5.- Deberá colocarse una rejilla en el extremo de descarga del tubo, para evitar la entrada de animales que puedan introducir materias extrañas y obstruirlo.
- 6.- Se harán, en la iniciación del dren y estratégicamente distribuidos a lo largo del mismo, pozos de visita que permitan efectuar inspección y limpieza del tubo.

IV. Programación para la conservación de una red de caminos.

IV.1.- Estudios para la adopción de los principios de una política de mantenimiento vial.

Conscientes de la necesidad de programar eficientemente la conservación de las vías pavimentadas, se propone un sistema lógico de mantenimiento, con el cual el país asegurará de manera permanente y en un futuro no muy lejano un nivel de servicio óptimo para los usuarios de dichas vías. El presente trabajo pretende, por una parte, presentar en forma sencilla los principios básicos y las actividades para la implantación de la política a nivel nacional y por otra parte comunicar la factibilidad de ejecución de este programa.

Los motivos para que se realicen las obras de conservación o de rehabilitación son por lo general:

- De orden técnico:

Resistencia insuficiente

Nivel de servicio inaceptable

Índice de degradación inaceptable.

De orden económico:

Costo de operación

Costo de conservación

Dentro de la práctica nacional los elementos que provocan la necesidad cada vez mayor de la conservación de caminos, son los siguientes:

- Recursos insuficientes en el presupuesto
- Aumento de la red de carreteras nacional, en ocasiones sin control de calidad adecuado.
- Aumento del tránsito y de cargas
- Procedimientos de conservación inadecuados

Por otro lado, la falta de una política constante de mantenimiento a largo plazo, genera un clima desfavorable para -

la inversión en maquinaria ya sea pública o privada.

Por lo tanto la Secretaría de Comunicaciones, se ve obligada a realizar obras con recursos inadecuados, especialmente en materia de equipos, lo que hace que se reduzca la relación calidad/costo de las obras.

Por último, la inercia de una gran parte de las autoridades y personal, a seguir métodos obsoletos de conservación, hace que no se pongan en práctica nuevos procedimientos y que la técnica no tenga avances.

Para poder cambiar los sistemas actuales de conservación y a la vez se adapte una metodología congruente con las necesidades, se debe contar con:

- La voluntad del gobierno de facilitar la economía y el deseo del mismo de salir del ciclo infernal de las rehabilitaciones de las vías.

- Desviar parte de los préstamos externos para el cumplimiento de importantes inversiones en carreteras. con la consecuente creación de empleos en los diferentes estados del país.

- La reestructuración interna de la dirección general de conservación, el cual aumenta la responsabilidad de las residencias y, por lo tanto sus motivaciones e intereses en el campo del mantenimiento.

- Un nivel técnico general muy satisfactorio de los ingenieros encargados tanto en las oficinas centrales como en las residencias de obra.

- La preocupación del gobierno de fortalecer los planes a largo plazo, eliminando obstáculos administrativos. Como se propone en este trabajo, el programa de conservación de las carreteras pavimentadas trata, en síntesis, de asegurar un clima favorable en donde los aspectos técnicos, presupuestales y socio-económicos de la conservación de las vías pavimentadas, permitan una mayor utilización de las mismas, en beneficio de los usuarios y para que la industria y el comercio se desarrolle mejor.

IV.2.- Estudios de Rehabilitación de la red vial existente.

En la situación actual, es imposible no solo restaurar todas las carreteras al mismo tiempo, sino también determinar el índice de servicio y el costo de las obras para cada una de las carreteras sin un análisis global de la red, que incluye dos fases:

Primera fase; La evaluación global de la red para:

- Distinguir entre todos los itinerarios que constituyen la red de carreteras nacionales, aquellos en los que habría de realizarse una conservación rutinaria de los que habría de rehabilitar, según su estado, el nivel de capacidad de carga de sus pavimentos y el tránsito que debían soportar.

- Definir un orden de prioridad, para los estudios realizados y para las obras, en función del estado de cada tramo y de su rentabilidad o de su importancia económica deducida de un plan de transporte.

- La elaboración de programas de obras plurianuales en función de las posibilidades presupuestarias anuales. Se adoptará para la evaluación de los caminos, el criterio de calificación actual o el índice de servicio actual por cualquiera de los métodos mencionados en el Capítulo I de este trabajo.

Después de haber determinado el estado de los pavimentos de los tramos auscultados, se inscribirán en el programa de -

conservación expuesto más adelante.

Para definir las necesidades de rehabilitación de una red, basta separar las rutas que pueden inscribirse en el programa de conservación en sus diferentes modalidades, que son: Conservación rutinaria, rehabilitación y reconstrucción. Elaborando una relación de prioridades, estimando el costo de las obras y enfatizando en la evaluación de la red que practicamente se pueden recoger del siguiente modo.

- Un examen visual continuo de la red, efectuado a pie o en automovil a velocidad lenta, codificando y cuantificando las degradaciones y registrando el entorno del pavimento.

- Mediciones de deflexión en forma continua en secciones de 1 a 2 km. distribuidas estadisticamente en función del examen visual con objeto de cubrir entre el 10 % y el 20 % de la red auscultada (esto es, una sección cada 5 a 10 kilómetros por término medio).

- El registro en esquemas viales de todas las partes que involucran un camino y de las últimas obras de mantenimiento, y la confirmación de esos informes mediante sondeos en zanja que muestren el pavimento y sus capas inferiores a razón de uno por cada 5 a 10 kilómetros por término medio.

En base a todos esos elementos agrupados en un documento sintético, el esquema vial, el enfoque de razonamiento es entonces el siguiente:

- 1.- Se buscan los procesos de degradación de los pavimentos, sus principales causas y se definen distintos estados de la calzada.
- 2.- Se asocia a esos distintos estados una solución tipo que puede ser: Conservación rutinaria, rehabilitación y reconstrucción.
- 3.- Se vinculan los parámetros de la auscultación a los distintos estados del pavimento.
- 4.- Se evalúa en base a los parámetros, la calidad de la red.

Segunda fase; El análisis patológico de cada tramo, indicando la localización, índole y costo de las obras. Este análisis debe hacerse muy poco tiempo antes de la realización de las mismas, para que las soluciones propuestas no lleguen a ser caducas en función del carácter evolutivo de los pavimentos (nivel de servicio, fallas). Este análisis, por lo general se complementa con estudios de materiales que permite elaborar el proyecto para su ejecución.

Método empleado: Se trata de realizar el estudio de un tramo para la cual se adoptó la decisión de rehabilitarlo y -- que se inscribió en un programa anual de rehabilitaciones. El análisis patológico deberá proporcionar las soluciones -- por aplicarse al tramo y que podrán variar de una sección a otra.

Métodos habituales de auscultación de los pavimentos:

- Los que recurren a la medición no destructiva de algunos parámetros que caracterizan el comportamiento mecánico (deflexión, radio de curvatura de la deflexión, apreciación de la calidad de los materiales mediante métodos de vibración, etc).

- Los que se basan en el estado externo de la superficie del pavimento (apreciación de la calidad superficial -- por referencia a un catálogo o a normas de degradaciones, -- medición de las deformaciones).

- Los que se apoyan en observaciones internas (sondeos y muestras, obtención del Valor Relativo Soporte).

Con estos métodos de auscultación, se desarrolla el siguiente análisis:

- 1.- Plantear el problema.
- 2.- Elaborar un programa de experimentación en función del problema que hay que resolver.
- 3.- Efectuar las comprobaciones
- 4.- Si procede, hacer los cálculos para ayudar a elegir la solución
- 5.- Elegir la solución (o las soluciones) - dentro del margen generalmente en función de la experiencia que se tenga.

Por último, en este proceso no conviene pasar por alto, - que no solo se trata de recoger los parámetros correctos, sino que también es preciso disponer de una gran masa de información que permita representar fielmente un pavimento y dar la imagen de su variabilidad.

Aprovechamiento de los resultados:

Con los resultados obtenidos, se podrá hacer la planeación involucrando los conceptos de evaluación y dar prioridades.

La evaluación se apoya en la auscultación patológica de un tramo, el cual nos proporciona el análisis de los problemas hasta su solución, faltando por determinar el costo de la obra, importante para inscribirlo en el programa de prioridades, ya sea de autopista (especial), primer orden, segundo orden y tercer orden.

Para dar prioridades también se destaca el aspecto social y económico de la carretera, haciendo un enlistado de las mismas, para después hacer un balance entre los recursos-económicos obtenidos para este fin y el número de carreteras o tramos que se pueden beneficiar. Siguiendo con la -secuencia de la planeación, viene la decisión de obras y-la orden de ejecución.

IV.3.- Metodología y Programación.

IV.3.1.- Metodología.

Clasificación del estado de la carretera.

Se hace indispensable clasificar la vía de acuerdo con su estado predominante para poder definir el programa de mantenimiento al cual deberá inscribirse al momento de poner en marcha la política de mantenimiento vial propuesto.

Con tal propósito se definen los siguientes estados:

Estado A

Vía en buen estado con calzada adaptada al tránsito, al clima y a la subrasante y zonas laterales que ofrecen seguridad y comodidad al usuario así como protección eficaz al pavimento. Es el estado en el que la carretera ofrece al usuario un nivel de servicio durable y adecuado al volumen total del tránsito.

Estado B

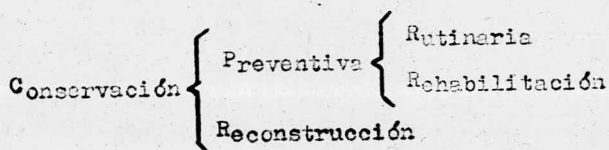
Vía con problemas superficiales, solamente a nivel de capa de rodadura y con muy pocos defectos en el drenaje y zonas laterales.

Estado C

Vía con problemas de deterioro en la calzada caracterizados principalmente por agrietamientos y pequeñas deformaciones que afectan la capacidad de soporte de la estructura (daños estructurales facilitados por acumulación de fallas superficiales). Defectos pequeños o medianos en el drenaje ó zonas laterales.

Estado D

Vía con graves problemas de deterioro en la superficie de rodamiento caracterizados por fallas de todo tipo que provocan incomodidad al usuario hasta presentar riesgos para su seguridad. Zonas laterales y drenaje en cualquier estado. Este estado de la carretera lleva grandes pérdidas de tiempo y altos costos de operación de los vehículos. Como en la actualidad las carreteras pavimentadas se encuentran en diferentes niveles de deterioro, se hace necesario conocer los conceptos que involucran a la conservación para lograr el objetivo propuesto:



Que serán definidos como programas más adelante.

También se hace necesario conocer las categorías de las carreteras nacionales:

- Autopistas o de tipo especial
- Primer orden ó Tipo A
- Segundo orden ó Tipo B
- Tercer orden ó Tipo C.

La aplicación del programa de conservación de carreteras -
persigue primordialmente, conservar en buen estado (estado
A) las carreteras recién pavimentadas o rehabilitadas y --
llevar hasta este estado todas las demás, o sea que la con-
servación rutinaria se aplicará a los sectores en estado -
predominante A ó B. La rehabilitación se hará en tramos --
que presenten estado C , y la reconstrucción a los tramos
en estado D.

IV.3.1.1.- Metodología Administrativa.

La mecánica administrativa prevista para elaborar y ejecutar cada uno de los tres programas, se propone desarrollar en periodos consecutivos de tres años cada uno (desde el año N-2 hasta el año N), de la siguiente forma:

- En Octubre del año N-2 la dirección general de conservación promulga una resolución en la cual se define físicamente las carreteras pertenecientes al primer orden -- del año N y se dan a las oficinas foráneas guías presupuestales y técnicas para que estas elaboren sus propuestas de programación para el año N.

- Antes del 31 de Enero del año N-1 las oficinas foráneas envían a la Dirección General de Conservación sus propuestas de programación de acuerdo con la resolución anterior.

En estas propuestas se destacarán, la ubicación, la longitud y el presupuesto (elaborado con valores de Septiembre del año N-2), de cada sector, de carreteras de primer orden para los tres programas: Conservación rutinaria, Rehabilitación y Reconstrucción.

- En cuanto al presupuesto, se hace la evaluación de los gastos a partir de costos promedios por kilómetro, los cuales resultan del análisis de las obras del año N-2. Para la evaluación del costo de la conservación de rutina, se distingue:

- Costo de conservación de rutina

- Costo de obras en la superficie de rodamiento.

El costo de la rehabilitación y reconstrucción, será precisado durante el año N-1 con la elaboración de un proyecto detallado.

- En Febrero del año N-1, la Dirección General de Conservación elaborará el "Anteproyecto de Programación", para el año N, fijando dentro de cada programa la lista de los tramos escogidos y envía a las oficinas foráneas la orden de realizar los proyectos detallados correspondientes. Este anteproyecto permite a la Secretaría elaborar su proyecto de presupuesto para el año N, el cual se envía a la Secretaría de Programación y Presupuesto.

- Antes del 31 de Octubre del año N-1, las oficinas foráneas recibirán por parte de la Dirección General de Conservación la documentación necesaria para el planteamiento de los proyectos de obras.

- En Enero del año N la Dirección General de Conservación hace la "Programación definitiva" a partir de los proyectos antes mencionados y del presupuesto de la Secretaría, aprobado con anterioridad e inmediatamente impartir la orden de ejecución de las obras que serán realizadas durante este año. Cuatro meses después de terminadas las obras en determinado tramo, la oficina foránea envía a la Dirección General de Conservación, un informe detallado sobre dichas obras.

	Oct. N - 2	Enero N - 1	Feb. N - 1		Oct. N - 1		Enero N.		Retro- alimentación
S.C.T.				Preparación del presupuesto del año N.					Al término de cada proyecto que se ponga en proceso de construcción se inicia de nueva cuenta la elaboración de propuestas
D.G.C.	Resolución de propuesta para el año N.		ante-proy. de program.		Programación definitiva para el año N				
O. F.	Elaboración de propuestas para el año N.			Elab. de proyectos			Obras del año N.		

Organización propuesta para las diferentes actividades

IV.3.1.2.- Metodología Técnica.

Los documentos básicos para establecer las guías técnicas - necesarias para la implantación del programa son:

- Formato
- Esquema de seguimiento
- Proyecto tipo.

Formato: Es un documento en el que se hace un resumen completo con una fecha dada, de las características generales de un tramo determinado, permitiendo de este modo soluciones técnicas para adaptar el camino a las necesidades del tránsito y así asegurar al usuario un nivel de servicio satisfactorio.

Esquema de seguimiento: Es el documento provisto con un registro automático con objeto de determinar umbrales de alarma y de intervención, además permite seguir en el tiempo la evolución de los daños y así detectar el momento oportuno para programar las obras que aseguren al usuario el nivel de servicio satisfactorio. Este documento puede ser codificado y programado con el fin de ser usado por medio de computadora para obtener facilidad y rapidez en su manejo.

Proyecto tipo: Este documento establece la metodología para la elaboración del proyecto en forma general y del proyecto en cada caso particular para las obras requeridas de un tramo dado y que ha sido posible definir por medio del formato o del esquema de seguimiento.

Con el propósito de que la aplicación de éstas guías técni-

cas puedan ser aplicadas en la forma más práctica posible y que las obras se puedan ejecutar en el lapso de tiempo de un año, con lo que se propone tomar tramos de carretera de una longitud aproximada de 25 kilómetros.

IV.3.2.- Programación.

Programas de conservación.

Como en la actualidad, las carreteras pavimentadas se encuentran en diferentes niveles de deterioro, se hace necesario - definir tres programas básicos de mantenimiento para lograr el objetivo propuesto:

- Conservación rutinaria
- Rehabilitación
- Reconstrucción

Programa de conservación rutinaria.

Tiene por objeto conservar la totalidad de la zona de la vía en buen estado.

Por buen estado, se entiende el que la estructura de la obra sea adecuada para resistir, en un período de tiempo, el tránsito previsto y también, el nivel de servicio.

Las obras de la conservación rutinaria, deberán ser inscritas automáticamente en el mismo programa todos los años siguientes.

Programa de rehabilitación.

Tiene por objeto mejorar la carretera en su superficie de rodadura y zonas laterales para llevarla de un mal estado -- predominante a un buen estado generalizado.

La rehabilitación incluye:

- Obras importantes en la calzada (sin modificaciones de alineamientos), colocando de manera predominante, capas de base y/o capa de rodadura.

- Obras especiales (ampliación, protección, reconstrucción, etc.,) en bermas taludes y drenajes.

Cuando un tramo de carretera se beneficie en un año de este programa, deberá inscribirse inmediatamente en el programa de mantenimiento preventivo del año siguiente.

Programa de reconstrucción.

Tiene por objeto, realizar trabajos de caminos en operación que consisten en la modificación geométrica (ampliaciones ó reducción de pendientes) y que lleva a una carretera de un mal estado generalizado a un buen estado predominante.

Los tramos que requieran reconstrucción, podrán ser inscritos en el programa, dependiendo del orden de prioridades -- (económico, social, nivel decisorio).

Programación.

Carretera nueva

El estado inicial de ésta es el estado A.

- a) Los encargados de la construcción envían a los encargados de la conservación el esquema de seguimiento inicial de la carretera (punto cero).
- b) Cada año (o dos años según el tránsito) se actualiza el esquema de seguimiento.
- c) Cuando éste detecte el momento oportuno para realizar la conservación rutinaria, con obras en la superficie de rodamiento, (estado B). La Dirección General de Conservación programa las obras correspondientes y la oficina foránea del estado elabora el proyecto conforme al manual denominado "Proyecto Tipo".
- d) Después de la realización de las obras de mantenimiento (estado A), se actualiza el esquema de seguimiento para detectar el año de llegada a la necesidad de una nueva programación, (estado B) y así sucesivamente.

Carretera antigua en buen estado predominante.

El estado inicial de ésta es el estado C.

- a) Se elabora el esquema de seguimiento el año de entrada de la carretera en estado C.
- b) Se elabora el "proyecto" detallado de las obras de rehabilitación.
- c) Se actualiza después de las obras el "esquema de seguimiento" (estado A y B).
- d) Se actualiza cada año el esquema de seguimiento hasta detectar su cambio de estado, y así inscribirlo en los programas.

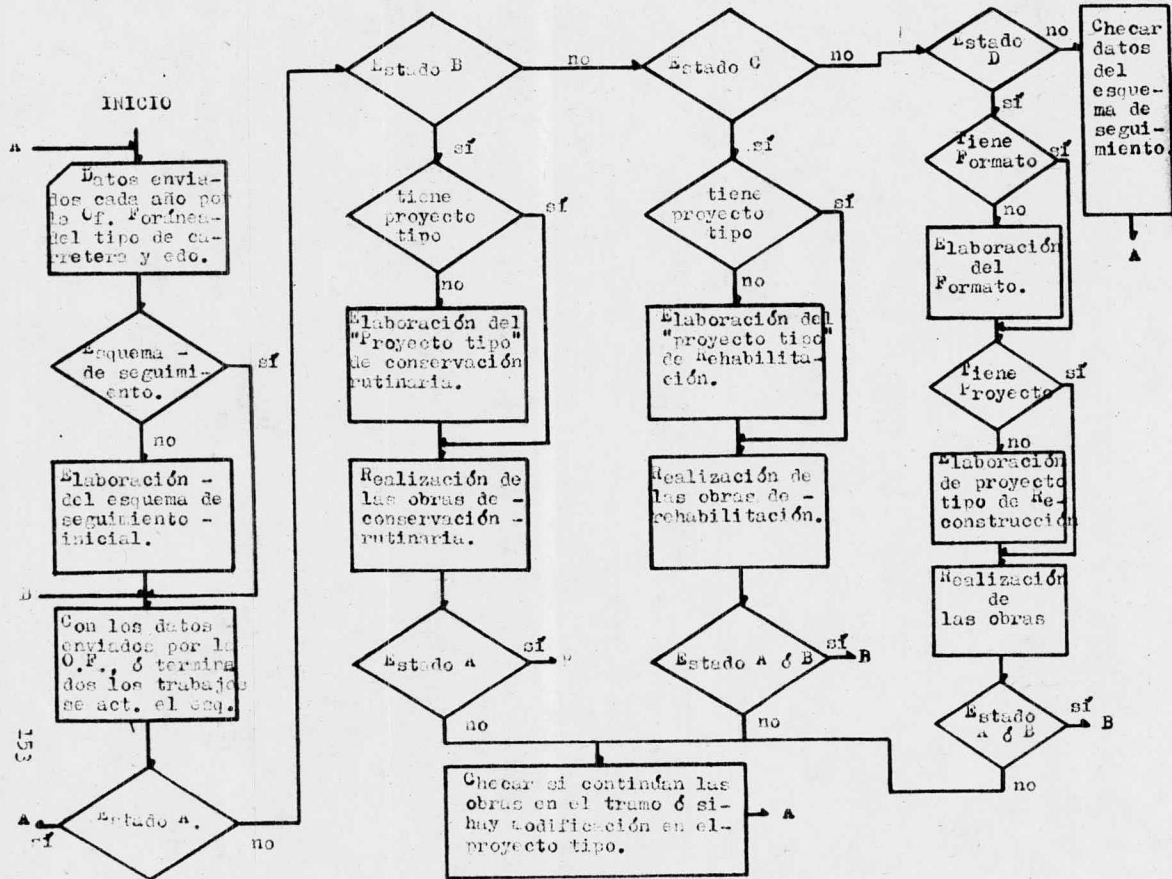
Carretera antigua en mal estado predominante.

El estado inicial de ésta es el estado D.

- a) Se elabora el "Formato" cuando la Dirección General de Conservación programe las obras de reconstrucción del tramo.
- b) Se establece el "proyecto" detallado de las obras de reconstrucción del tramo.
- c) Se elabora el "Esquema de Seguimiento" inicial, inmediatamente después de las obras terminadas.
- d) Se actualiza periódicamente el "Esquema de seguimiento" hasta detectar el momento oportuno de hacer obras en la superficie de rodamiento de carácter de conservación rutinaria.

- e) Se elabora el "Proyecto" de obras de conservación rutinaria.
- f) Se actualiza el "Esquema de Seguimiento" después de las obras y así sucesivamente.

* continuación se presenta Diagrama de Flujo Propuesto.



V.- Conclusiones.

Lo aquí expuesto, pretende un nuevo sistema de planeación y control de ejecución de la conservación de carreteras, con el fin de obtener rendimientos óptimos de los recursos destinados a este fin, además de poder contar con una eficiente fuente de información de la red de carreteras nacionales, y así evitar desvíos económicos que tanto merman la economía nacional. A continuación se hace énfasis en los siguientes puntos:

1.- La necesidad de programar eficientemente la conservación de las carreteras, haciendo conciencia en el personal encargado, y a la vez realizando programas constantes de mantenimiento, obteniendo con esto el objetivo planteado, que es el de conservar o mantener las carreteras nacionales en buen estado permanente. Por eso, se cree conveniente en una nueva política de conservación vial congruente con las necesidades actuales del país avalada por el gobierno y a la vez fortaleciendo los planes a largo plazo necesarios para el desarrollo económico - social.

2.- Estudiar las carreteras en base a una evaluación global y a un análisis patológico. Con la evaluación global, podemos obtener, dependiendo del tipo de conservación (rutinaria, rehabilitación y reconstrucción), un orden de prioridades, esto en función de la importancia y del tipo de carretera. Con el análisis patológico, se indica, localización, auscultación y solución de los problemas específicos por

tramo, además de obtener un gran volumen de información, - que nos permitirá tener una representación fiel de las condiciones físicas de los tramos.

3.- Muy importante es la metodología en sus dos modalidades, administrativa y técnica. La metodología administrativa, es un conjunto de documentos y forma de obtenerlos para realizar el mantenimiento integral de la red vial. Se puede decir que es el aspecto cualitativo del estudio. La metodología técnica, presenta 3 documentos necesarios para la programación, que son: Esquema de Seguimiento, Formato y Proyecto Tipo. El esquema de seguimiento, es el más importante para la programación, pues será el que tenga toda la historia de un camino y por lo tanto nos dará la información necesaria para detectar el momento oportuno de la conservación. Con el formato, obtenemos un resumen completo de las características generales de un tramo determinado al que solo se le realizarán trabajos de reconstrucción. Por último, el proyecto tipo es un documento que establece la metodología para la elaboración del proyecto en forma general ó bien en cada caso particular, éste es posible definir por medio del esquema de seguimiento o del formato.

4.- Como un punto importante, fuera del contexto de este trabajo, pero del que se debe de tomar muy en cuenta es el drenaje, del cual depende el éxito de la conservación.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Tecnología para el Proyecto de Pavimentos Flexibles. (Porter Modificada) México. M. en I, IC. Fernando -- Olivera Bustamante. Depto. de Impresión y Publicaciones de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, de la UNAM. 1982.
- 2.- Instructivo para la Rehabilitación de Pavimentos --- Flexibles para Carreteras. Ing. Domingo Sánchez Rosado. Dirección General de Control. S.O.P. 1972.
- 3.- Instructivo para la Rehabilitación de Pavimentos - Flexibles y Rígidos de Carreteras. Ing. Domingo Sánchez Rosado. Dirección General de Control. S.O.P. -- 1972.
- 4.- Aplicación de los Conceptos de Calificación y Comportamiento de Pavimentos a la Conservación de Carreteras. Grupo de Trabajo para el Estudio de la Conservación de Carreteras. S.O.P. 1969. México.
- 5.- Apuntes Tomados de las Clases impartidas por el Ing.- Fernando Olivera Bustamante.
- 6.- Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras. S.O.P. 1979. México.
- 7.- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. S.O.P.

- 8.- Tecnología Mexicana para el Proyecto de Pavimentos Flexibles, Basada en la Prueba Porter Modificada. México. Ing. Fernando Olivera Bustamante. Memoria. Reunión Latinoamericana sobre Tecnología de Carreteras para Países en Desarrollo. SAHOP. 1981. México.
- 9.- Estudios de Auscultación de las Calzadas Pavimentadas para la Programación de las Obras de Conservación y Rehabilitación de la Red Vial Francesa. IV Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos.
- 10.- Hacia una Política de Mantenimiento de Vías Pavimentadas en Colombia. Bogotá, Oct. 1981.