

01121
88



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

EVALUACION Y RECONSTRUCCION DE
PAVIMENTOS FLEXIBLES

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTA
SANTOS MARTINEZ GARCIA



Asesor: M. en I. Gabriel García Altamirano

MEXICO, D. F.

2003

9



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/122/01

Señor
SANTOS MARTÍNEZ GARCÍA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **M.I. GABRIEL GARCÍA ALTAMIRANO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"EVALUACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES"

- INTRODUCCION**
- I. **IMPORTANCIA DE LA RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS**
 - II. **TIPOS DE FALLAS Y SUS CAUSAS**
 - III. **PROYECTO PRELIMINAR (EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO)**
 - IV. **DISEÑO DE PAVIMENTOS**
 - V. **PROYECTO EJECUTIVO**
 - VI. **EJEMPLO ILUSTRATIVO**
 - VII. **CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 19 de julio de 2003
EL DIRECTOR

M. C. GERARDO FERRANDO BRAVO
CFC/CM/PA/INT

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional

NOMBRE: Santos Martínez

García

FECHA: 11/Marzo/2003

FIRMA: [Firma]

b

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS

POR ILUMINARME POR EL CAMINO DEL BIEN.

A MI MADRE Y A MI PADRE

POR SER MI SOPORTE EN MOMENTOS DIFICILES
Y MI MOTIVACION EN TODO MOMENTO.

A MIS HERMANAS Y DEMAS FAMILIA

POR EL APOYO E IMPULSO QUE ME BRINDARON A
LO LARGO DE ESTE CAMINO.

A MI NOVIA

POR SU PACIENCIA Y APOYO.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

A LA FACULTAD DE INGENIERIA.

A TODOS Y CADA UNO DE LOS PROFESORES QUE
CONTRIBUYERON EN MI FORMACION COMO PROFESIONAL Y
COMO PERSONA.

A GRUPO INTEGRAL DE SERVICIOS DE INGENIERIA, S.A. DE C.V.

A CYNTHIA, FEP, PAUL, RICARDO, HUGO, CARLOS Y DEMAS
AMIGOS.

POR SU AMISTAD Y APOYO.

C

EVALUACION Y RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	i
I. IMPORTANCIA DE LA RECONSTRUCCÓN DE PAVIMENTOS	
1.1 Importancia del Sistema Autotransporte	1
1.2 Estado de la Infraestructura Actual.....	3
1.3 Definición de Acciones de Mantenimiento.....	12
1.4 Perspectivas de la Reconstrucción de Pavimentos.....	14
II. TIPOS DE FALLAS Y SUS CAUSAS	
II.1 Tipos de Fallas.....	18
II.1.1 Falla Funcional.....	18
II.1.2 Falla Estructural.....	19
II.2 Deterioros.....	20
II.2.1 Deterioros más comunes en Pavimentos Flexibles.....	20
II.2.1.1 Agrietamientos o Roturas.....	20
II.2.1.2 Desprendimientos o Desintegraciones.....	24
II.2.1.3 Deformaciones.....	30
II.2.1.4 Varios	34
III. PROYECTO PRELIMINAR (EVALUACION DEL PAVIMENTO)	
III.1 Antecedentes.....	37
III.2 Evaluación.....	38
III.2.1 Evaluación del Tráfico.....	39
III.2.2 Evaluación de su Funcionalidad.....	41
III.2.2.1 Índice de Servicio Actual (ISA).....	41
III.2.2.2 Índice Presente de Servicio (PSI).....	43
III.2.2.3 Índice Internacional de Rugosidad (IIR).....	45
III.2.3 Evaluación de Deterioros o Fallas.....	53
III.2.4 Evaluación de la Seguridad.....	56
III.2.5 Evaluación de la Capacidad Estructural.....	58
III.2.5.1 Pruebas No Destructivas.....	58
III.2.5.2 Pruebas Destructivas.....	61
III.2.6 Evaluación del Drenaje.....	64
III.2.7 Evaluación de Materiales.....	73

d

III.2.7.1 Materiales de la Estructura Actual del Pavimento.....	73
III.2.7.2 Materiales de las Fuentes probables de Explotación.....	88
(Bancos de Materiales)	
III.2.8 Evaluación de los Impactos Ambientales.....	95
IV. DISEÑO DE PAVIMENTOS	
IV.1 Revisión por Resistencia.....	97
IV.1.1 Método del Instituto Norteamericano del Asfalto.....	97
IV.1.2 Método del Instituto de Ingeniería.....	101
IV.1.3 Método de la American Association off State Highway and	
Transportacion Office (AASHTO).....	104
IV.1.4 Método del Catalogo AASHTO.....	114
IV.2 Alternativas de Solución.....	116
IV.3 Estrategias de Conservación y Mantenimiento.....	117
IV.4 Estudio Economico.....	119
V. PROYECTO EJECUTIVO.....	124
V.1 Trabajos por Ejecutar.....	125
V.2 Catálogo de Conceptos.....	128
V.3 Presupuesto de Obra.....	129
VI. EJEMPLO ILUSTRATIVO.....	130
VII. CONCLUSIONES.....	229
BIBLIOGRAFÍA.....	232

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo el describir la metodología para llevar a cabo los trabajos de Evaluación de un pavimento y el desarrollo de su Proyecto Ejecutivo para la Reconstrucción del mismo.

En el desarrollo de cualquier trabajo es importante tener un marco de referencia general y actual del tema a tratar, por lo que se analiza en el primer capítulo la situación actual del sistema carretero en nuestro país, identificando las causas de su problemática y describiendo las acciones programadas a corto y medio plazo para impulsar su desarrollo. Así mismo se enfatiza en todo momento la importancia que el sistema carretero tiene en todo el sector comunicaciones y de ahí la necesidad de ofrecer un sistema seguro, moderno, económico y eficiente.

Para darle el impulso que requiere el sistema carretero se debe tener bien claro el proceso a seguir en una reconstrucción de carreteras, siendo de gran importancia y la base de toda reconstrucción los trabajos de Evaluación, ya que de nada servirá que se aplique adecuadamente el diseño y se desarrolle el procedimiento constructivo adecuado para la alternativa seleccionada si su obtención esta fundamentada en estudios de Evaluación incompletos o mal realizados. Por lo que este trabajo describe las metodologías para llevar a cabo la Evaluación, no dejando de lado algunas que aunque no son aplicadas en nuestro país, trasciende su mención para saber hacia donde puede estar enfocado el avance en cuanto a implementación de nueva tecnología se refiere.

Para realizar una buena Evaluación no es necesario el obtener todos los parámetros descritos en el capítulo de Proyecto Preliminar, el contratante establece en los Términos de Referencia los que requiere y que considera son los necesarios como los que se piden para Reconstrucción de carreteras de la red federal.

El Diseño del pavimento es trascendente tanto en la etapa de Proyecto Preliminar como en la del Ejecutivo, en este trabajo se considera de importancia los más solicitados actualmente por las Dependencias Gubernamentales que son el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM y el desarrollado por la American Association off State Highways and Transportation Office (AASHTO, versión 1993).

Asi pues, los trabajos de Evaluación o Estudios dan origen al Proyecto Ejecutivo el cual tiene sus puntos de presentación en los incisos de Trabajos por ejecutar y el Presupuesto de obra, pero para llegar a estos se deben realizar además de los trabajos de Evaluación otros claves tales como trabajos topográficos y cálculo de volumetrias.

El ejemplo de Estudio de Evaluación y Proyecto de Reconstrucción que se presenta es muy ilustrativo, es un tramo de 7.0 km, el cual tiene 2.0 km que pasan por zona urbana y un kilómetro en terraplén con problemas de estancamiento de agua de un lado de la carretera, por lo que la solución planteada no puede ser homogénea para todo el tramo. El plantear y desarrollar todo el ejemplo tal como se pide en los Terminos de Referencia para Reconstrucción de carreteras federales nos haria extendernos en el trabajo por lo que se describen los puntos importantes y se presenta un solo formato a manera de muestra de algunas de las evaluaciones, tales como catalogo de deterioros, levantamiento del Indice de Servicio Actual (ISA), registros de medición de deflexiones con Viga Benkelman y de los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a todos los materiales.

Por lo que en el presente trabajo se desarrollan las metodologias que pueden servir de base para todo aquel ingeniero que tenga ante si la responsabilidad del desarrollo de un Estudio y Proyecto de la Reconstrucción de un tramo carretero, no olvidando que este tipo de trabajos para llevarlos a cabo de una manera optima se deben realizar con la colaboración de varios especialistas, tales como en hidrologia, geologia, impacto ambiental, economia, etc., lo cual se corrobora en el desarrollo de este trabajo

CAPITULO I

IMPORTANCIA DE LA RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

I.1 IMPORTANCIA DEL SISTEMA AUTOTRANSPORTE.

Se define al transporte como el movimiento de personas y mercancías por los medios que conocemos para dicho fin. El transporte es el eje de toda economía, así difícilmente se puede concebir una sociedad en la que no sean de gran importancia los modos de transporte.

De los diversos modos de transporte con los que se cuenta en la actualidad, el sistema de autotransporte resulta ser el más importante, ya que a través de él se mueve el 60% del total de la carga del país; además por medio de él se moviliza el 98.5% de todos los pasajeros que efectúan recorridos interurbanos. Además el autotransporte de carga maneja más del 85% de la que se moviliza por vía terrestre en el país. Aunque cabe hacer notar que el sistema de transporte más barato es el ferroviario, pero debido a su poca, obsoleta e ineficiente infraestructura no tiene la importancia que debiera tener en nuestro país, y aunque esfuerzos se están haciendo por reactivar este sistema de transporte muchos años pasarán para que logre ser un sistema eficiente.

A través de un funcional sistema autotransporte se pueden obtener beneficios importantes para la sociedad, por ejemplo, se ordenan los asentamientos humanos, con lo cual se permite consolidar y crear centros de producción y consumo; facilita el acceso a los recursos naturales, el abasto popular y el comercio exterior, así como la movilidad de la población por el territorio nacional; también abre oportunidades de desarrollo económico al brindar la posibilidad de explotar las carreteras reconstruidas, modernizadas o nuevas con negocios que ofrezcan distintos servicios.

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

Por otra parte, también se generan empleos en la construcción, conservación, mantenimiento y operación de carreteras; se reactiva la industria de la construcción y se reduce el número de accidentes que ocasionan graves pérdidas humanas y económicas.

Sin lugar a dudas que el beneficio al que se le da más importancia es el que se reducen los costos de los productos transportados, ya que un componente esencial de éste es el costo por concepto de transporte. De forma general podemos afirmar que aproximadamente el 10 o 15% del precio de cualquier producto se debe a los costos de operación del vehículo.

Así, mediante una infraestructura adecuada dicho costo se logra reducir en forma significativa al abatir el consumo de energéticos, así como los costos de operación ocasionados por el desgaste de las unidades vehiculares y el tiempo de recorrido.

Con la disminución de los costos también se produce un aumento en la competitividad de la producción nacional, así como una reducción en los niveles de inflación.

Los costos de operación de los vehículos aumentan conforme avanza el daño en las carreteras, llegándose a establecer un porcentaje, por ejemplo, se estima un incremento en el costo de operación del vehículo de un 22% cuando la condición del pavimento pasa de buenas a malas y un incremento del 23% cuando pasa de malas a pésimas.

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) ha hecho estudios para determinar la influencia que tienen las características geométricas (pendiente y curvatura) y el estado del pavimento en los costos de operación de los vehículos, mientras más fuertes sean las pendientes y los grados de curvatura sean mayores los costos de operación se incrementan de manera considerable. La parte importante de los resultados se encuentra en un conjunto de gráficas en donde se analizan cinco tipos de vehículos que van desde un vehículo ligero con peso total de aproximadamente 2 toneladas hasta un camión articulado (T3-R3) con peso vehicular cargados de 55 toneladas. Para el caso del estado superficial del pavimento éste se expresa por medio del Índice de Servicio

**TESIS CON
FALLA DE
ORIGEN**

Actual (ISA) y del Índice Internacional de Rugosidad (IIR) y la relación se hace para tres tipos de terreno (plano o lomerío suave, lomerío y montañoso) y también se ve que mientras más bajo es el nivel de servicio, los costos de operación se incrementan de manera considerable.

Por todo lo anterior, es evidente la repercusión que tiene el sistema carretero en el crecimiento económico y en la integración de cualquier país, y por ende la rigurosa necesidad de mantener la red carretera en buenas condiciones de funcionalidad, lo cual se puede llevar a cabo mediante la implementación de adecuados programas de conservación, reconstrucción y modernización de la red existente.

1.2 ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL.

1.2.1 Infraestructura Carretera Actual

La red ha crecido notablemente, actualmente se cuenta con una longitud total de 335,247 km de caminos en sus diferentes tipos, como se puede apreciar en la tabla 1.2. Por su importancia y características, la red carretera mexicana se clasifica en: red federal, redes estatales, caminos rurales y brechas mejoradas. La red federal es atendida por el gobierno federal y es la que registra la mayor cantidad de desplazamientos de pasajeros y carga a lo largo y ancho del país. Las redes estatales enlazan principalmente las zonas de producción agrícola y ganadera. Los caminos rurales y brechas mejoradas son vías modestas y en general no pavimentadas su importancia es enfocada más a lo social que a lo económico, ya que comunican comunidades pequeñas que de otra manera estarían aisladas. La Red está dividida como se muestra en la tabla 1.1.

Del total de Km en servicio, 107,822.4 están pavimentados, 145,350 son revestidas, 19,517.3 son de terracería y 60,557.4 son brechas, tal como se observa en la fig. 1.1 en la que están representados en porcentajes y donde las revestidas representan el 44.0% del total.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA I.1 INFRAESTRUCTURA CARRETERA ACTUAL

SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS

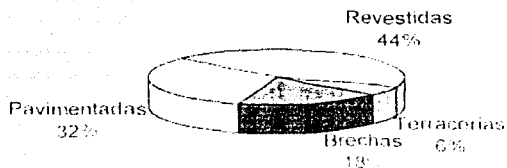
CLASIFICACIÓN	Longitud Total (km)
Red Federal	47,366.5
Libre (A cargo de la SCT)	41,865.8
Autopistas de cuota	5,500.7
A cargo de CAPOP L	4,714.7
Concesionarias o particulares	786
Red Estatal	56,659
Libre	53,709.7
Autopistas de cuota	2,949.4
Caminos Rurales	160,185.1
A cargo de la SCT	4,596.9
A cargo de gobiernos de los estados	108,040.2
A cargo de otros	47,548
Brechas	60,557.4
TOTAL	333,247.1

Elaboración: Dirección General de Estadística y Censos, Secretaría de Transportación y Comunicaciones, México, D.F., 1995.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Dentro de la red federal de carreteras se encuentran 14 corredores que conectan las cinco mesorregiones con que cuenta el país (tabla 1.2) los cuales son llamados así porque comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria, así como las más importantes localidades urbanas y centros turísticos a lo largo y ancho del país, atendiendo poco más del 54 por ciento de los flujos carreteros interregionales. En estas carreteras existen tramos con volúmenes diarios de tránsito que oscilan entre 2 mil y 30 mil vehículos.

"Fig. 1.1 Características de la Red Carretera para el año 2001"



TESIS CCN
FALLA DE ORIGEN

TABLA I.2 CORREDORES CARRETEROS.

CORREDOR	LONGITUD TOTAL (km)
1.- Mexico - Guadalajara - Tepic - Mazatlán - Guaymas - Hermosillo - Nogales, con ramal a Tijuana.	3,074
2.- Mexico - Queretaro - San Luis Potosi - Saltillo - Monterrey - Nuevo Laredo, con ramal a Piedras Negras.	1,735
3.- Queretaro - Irapuato - León - Lagos de Moreno Aguascalientes - Zacatecas - Torreón - Chihuahua - Cd. Juárez.	1,770
4.- Acapulco - Cuernavaca - México - Pachuca - Tuxpan	830
5.- Mazatlán - Durango - Torreón - Saltillo - Monterrey - Reynosa - Matamoros	1,245
6.- Manzanillo - Guadalajara - Lagos de Moreno - San Luis Potosi - Tampico con ramal a Lazaro Cárdenas y Ecuandureo.	1,856
7.- Acapulco - Cuernavaca - Puebla - Veracruz.	851
8.- Veracruz - Tampico - Monterrey con ramal a Matamoros.	1,297
9.- Tijuana - Santa Rosalía - La Paz - Cabo San Lucas (Transpeninsular de Baja California).	1,776
10.- Altiplano	581
11.- Puebla - Progreso	1,320
12.- Puebla - Oaxaca - Ciudad Hidalgo	1,007
13.- Transistmico	702
14.- Peninsular de Yucatán	1,219
TOTAL	19,263

TESIS CON

ENCUEN

1.2.2 Estado Físico de la Red Carretera.

El estado físico de las carreteras se puede determinar de acuerdo a los siguientes parámetros: estado **Bueno** corresponde a una carretera nueva, bien construida y con los materiales adecuados, por lo tanto no presenta defectos ni deformaciones, estado **Regular** corresponde a una carretera que presenta fisuras superficiales en la capa de rodadura y a veces desprendimiento de materiales pero sin mostrar dañadas las capas inferiores, estado **Malo** corresponde a un pavimento que tiene la capa base dañada, manifestándose en forma de baches, las demás capas inferiores no presentan daños y el estado **Pésimo** corresponde a un pavimento con todas sus capas afectadas por deformaciones y la única solución posible es la reconstrucción total.

1.2.2.1 Rod Federal Libre de Peaje.- La infraestructura carretera actual presenta el problema de su mal estado físico, esto a pesar de las acciones que se han implementado a través de los diferentes Programas Nacionales y Sectoriales en el país. En el año de 1994 el estado de las carreteras era: bueno 1%, regular 35%, malo 18% y pésimo 32%; actualmente a fines del 2001 se tienen los siguientes datos: bueno 27.3%, regular 37.5%, malo 16.8% y pésimo 18.4% (fig. 1.3), lo cual corrobora que ha habido un avance pero que no ha sido suficiente, ya que entre el estado malo y pésimo suman actualmente el 35.2% del total que nos está indicando que poco más de la tercera parte de la red es difícil de transitar.

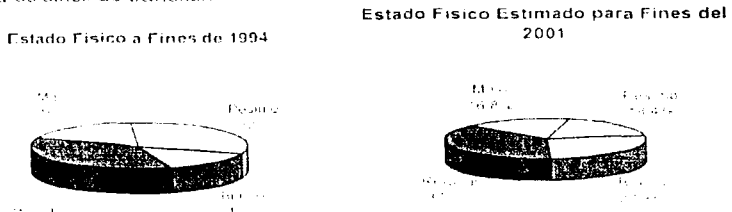


Fig. 1.3 Comparativa del Estado Físico de la Red Carretera Federal entre los años de 1994 y 2001.

1.2.2.2 Autopistas de Cuota.- Por lo que se refiere a autopistas de cuota se puede decir que en general la situación de esta red es satisfactoria, aunque existen algunos rezagos en mantenimiento mayor, señalización y servicios a los usuarios. Los problemas que mas presentan estas autopistas es el congestionamiento en algunos tramos en las casetas de cobro y en tramos con pendiente ascendente, principalmente en épocas pico y en horas pico que generalmente son los fines de semana y después de las ocho de la noche. Esto se ha resuelto con la construcción de terceros carriles y obras complementarias en algunas casetas.

1.2.2.3 Caminos Rurales.- En materia de caminos rurales la red comunica a 19.000 comunidades que es el 60% de la población rural y su estado físico es bueno en el 11%, regular en el 27% y malo y pésimo en el 62% restante, éseto debido a la vulnerabilidad que tienen este tipo de caminos ante eventos naturales y agravado por su malo mantenimiento.

1.2.3 FACTORES INVOLUCRADOS EN EL MAL ESTADO DE LA RED FEDERAL.

El mal estado de la infraestructura carretera tiene sus causas bien definidas y antes de planear cualquier proyecto para superar los rezagos existentes, se deben de identificar claramente. Uno de los principales problemas es la *antigüedad* en la mayoría de las carreteras, así tenemos que en la red federal el 53% tiene una antigüedad mayor a los 40 años y solamente el 11% de ella ha sido construida en los últimos 15 años. Obviamente que esos primeros caminos que se construyeron y que hoy continúan siendo importantes fueron construidos con *materiales técnicos y estructuras* inadecuadas para las solicitaciones actuales.

Así, por ejemplo tenemos que en cuanto a materiales anteriormente se permitía la utilización de suelos arcillosos en la construcción de los pavimentos y por otro lado en 1940 no se utilizaba la técnica de compactación. También el diseño geométrico es inadecuado para las condiciones actuales, anteriormente los anchos de carril eran de 6.0

y 10 m y se construían sin acotamientos, actualmente debido al incremento en las dimensiones de los vehículos se están construyendo carreteras con anchos de corona de hasta 11 y 12 m, además se construyeron con altos grados de curvatura lo cual hace que los caminos sean difíciles de transitar para los vehículos tipo C por sus dimensiones, sobre todo la de semiremolque y remolque. Por todo lo anterior los pavimentos tal vez pudieron dar un buen servicio durante sus primeros años, pero debido a las limitantes anteriores no tardaron en volverse obsoletos e insuficientes junto con sus estructuras tales como puentes y obras de drenaje.

Si a lo anterior le agregamos que dichos caminos no recibieron el mantenimiento adecuado y que actualmente han llegado al final de su vida útil, nos da como resultado que contamos con una red carretera en pésimas condiciones.

Referente a las **solicitaciones** que se han incrementado, tenemos que en **volúmenes de tránsito**, el TDPA alcanza valores de hasta 200,000 vehículos por día, en la red federal el 21% de esta soporta transitos superiores a 5,000 vehículos diarios.

Por otra parte los **pesos y dimensiones** de los vehículos autorizados han aumentado sin tomar en cuenta que con eso se provoca que se acelere el deterioro de los caminos. Los antiguos vehículos que empezaron a circular en los años 30 eran de dos ejes y cuatro ruedas, con un peso de 1 a 2 toneladas, en 1960 el automotor más grande y pesado era de tres ejes y 10 toneladas, actualmente se tienen autorizadas combinaciones de tractocamiones, semiremolques y remolques con peso de hasta 72.5 toneladas, 9 ejes y 34 ruedas (T3-S2-R4), estos vehículos pueden transitar únicamente en caminos tipo A4 y A2, y constituyen del 10 al 25% en la composición del tránsito vehicular. En la tabla 1.3 se muestran sus pesos máximos para los diferentes tipos de caminos.

El incremento de carga legal también ha sufrido incrementos, actualmente el mayor arreglo de ejes es el llamado eje Motriz Triple o Endem con doce llantas, el cual se encuentra en el semiremolque del vehículo T3-S3 y tiene autorizada una carga máxima

de 24.5 ton (tabla I.4). Sin embargo se ha encontrado que aproximadamente un 10% de los vehiculos transitan sobrecargados provocando mayor daño a los pavimentos.

TABLA I.3 PESOS Y DIMENSIONES MAXIMAS AUTORIZADAS.

PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO Y DIMENSIONES MÁXIMAS POR TIPO DE VEHICULO Y CAMINO				
T3-S2-R4	A4 y A2	B4 y B2	C	D
PESO VEHIC. MAX. (22 Llantas)	59.0 ton	59.0	53.0	-----
PESO VEHIC. MAX. (34 Llantas)	66.5 ton*	66.5	58.0	-----
DIMENSIONES MÁXIMAS (m)**	A=2.6 L=31.0	A=2.6 L=28.5	A=2.6 L=23.5	----- -----
PESOS MÁXIMOS POR TIPO DE EJE Y CAMINO (TON).				
T3-S3 (Eje Motriz Triple o Tridem)	24.5	24.5	22.0	19.5

*El peso bruto vehicular para este tipo de unidades que tras a 10% que se cargaron, por caminos tipo "A" sera de 72.5 ton en los caminos siguientes a parte de la expedición de la norma (MOR) 1964, posteriormente se deberan ajustar al valor real.

**A=Ancho L=Long. H=Altura=4.15m

Así pues, las solicitudes han sido incrementadas a un grado y ritmo tal que la infraestructura actual resulta ser por demás inadecuada e insuficiente para poder absorberlas, ya que las características geométricas y estructurales de los caminos no han sido modificadas de acuerdo a las necesidades actuales.

Por otra parte las acciones implementadas para su mejoramiento han sido por demás insuficientes, durante el periodo de 1995-2000 se implementó el Programa Nacional de Desarrollo Carretero, en la tabla 14 se presentan los resultados, como se puede observar en dicha tabla, los trabajos de mejoramiento de las carreteras se han enfocado a la conservación periódica y rutinaria, en cuanto a reconstrucción se tiene que se atendió solamente un poco mas de lo que representa el 10% del total de la red federal y no es que no requiera reconstrucción sino que el presupuesto asignado limita el poder realizar más acciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA I.4 RESULTADOS 1995-2000

RESULTADOS 1995-2000	
CLASIFICACIÓN	Longitud Total (km)
Carreteras Federales	
Construcción y Modernización	6,521.8
Conservación de Carreteras	
Reconstrucción de Tramos	5,819.8
Reconstrucción de Puentes	790.0
Conservación Periódica	28,419.2
Conservación Rutinaria	41,865.8
Atención a Puntos Conflictivos	928.0
Caminos Rurales	
Construcción y Modernización	3,849.9
Reconstrucción	32,981.5
Conservación	27,561.8
Programa de Empleo Temporal (anual)	68,800.0

Fuente: SGT, Subsecretaría de Infraestructura

En lo referente a la modernización de los catorce corredores se lleva un avance del 60.8%, lo que equivale a 11,714 Km y se tienen pendientes 7,549 Km, que representa el 39.2% restante.

Por otra parte es digno de mencionar el gran avance que se logró en materia de construcción de autopistas de altas especificaciones a partir de 1988 a 1994 en donde se construyeron 4,900 km, siendo que desde 1958 a 1988 solamente se habían

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

construido 1.000 km aproximadamente. Ciertamente es que ha sido un gran avance en cuanto a construcción de autopistas, pero no es suficiente para el rezago que en materia de infraestructura se tiene en este sector.

Así, en todo lo anterior se ponen de manifiesto los rezagos en la infraestructura carretera, tanto en extensión como en el estado actual de la red y la urgente necesidad de darle más atención a ese rubro.

1.3 DEFINICION DE ACCIONES DE CONSERVACION.

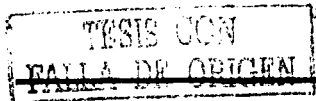
Existen varias diferencias en cuanto a nombres que se utilizan para nombrar las diversas acciones de mantenimiento o rehabilitación de pavimentos.

Se entiende como mantenimiento el conjunto de acciones constantes o periódicas encaminadas a la preservación y conservación de todos y cada uno de sus componentes, para así proporcionar un servicio seguro, cómodo, económico y eficiente.

Existe una clasificación de acciones de mantenimiento y acciones de mejoramiento de las carreteras definida por el Banco Mundial y que enmarcan todas las acciones de conservación que se pueden llevar a cabo.

1. Conservación Rutinaria.

Son reparaciones locales de deterioros en pavimentos y hombros (generalmente en una longitud continua menor a 150 m), y mantenimiento regular del drenaje superficial, taludes y bordes. Por ejemplo: bacheo, reparación y limpieza de alcantarillas y demás elementos de drenaje; control de la vegetación, polvo y erosión, repintado, reparación y cambio de señales, etc.



2.- Conservación Periódica.- Reencarpetado, Sobrecarpeta o Capas Reniveladoras.

Es el reencarpetado o capas reniveladoras a todo lo ancho en tramos aislados o tratamientos para la carpeta existente (inclusive correcciones menores, bacheo de la superficie o restauración de la resistencia al deslizamiento), para mantener las características de la superficie e integridad estructural para una funcionalidad continua. Por ejemplo: sellos con mortero asfáltico, sello con asfalto; tratamientos a la superficie, carpetas de asfalto de 25 mm de espesor o menor.

3. Rehabilitación.

Es el reencarpetado a todo lo ancho y largo con una resistencia selectiva y corrección en la forma del pavimento existente (inclusive la reparación de estructuras menores de drenaje) para restaurar la resistencia estructural y la integridad requerida para una funcionalidad continua. Por ejemplo: sobrecarpetas de concreto asfáltico, bacheo profundo selectivo, tratamientos en la superficie con correcciones mayores de forma, reciclado de una o más de las capas del pavimento.

4. Mejoramiento o Replanteo del Trazo.

Se refiere a mejoramientos geométricos (alineamiento horizontal y vertical) relacionados con el ancho, grado de curvatura del camino, carpeta, hombros o estructuras, para ampliar la capacidad de tráfico, velocidad y seguridad; inclusive acciones relacionadas con la rehabilitación y con el reencarpetado del pavimento.

5. Reconstrucción.

Reconstrucción total a lo ancho y largo de la carpeta y hombros, generalmente con el alineamiento existente, incluyendo la rehabilitación de sus taludes en caso necesario y de todas las estructuras de drenaje para mejorar el camino, el pavimento y estándares geométricos.

6. Nueva Construcción (Modernización).

Construcción total a lo largo y ancho del trazo con un nuevo alineamiento, provisión de carriles adicionales al camino existente

1.4 PERSPECTIVAS DE LA RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS.

A través de los incisos anteriores nos podemos dar cuenta del gran rezago que en materia de rehabilitación de caminos tenemos en el país y que es de gran importancia el empezar a darle la atención que se merece a ese aspecto antes de que el problema sea mayor. Para tal efecto la SCT instrumentó un Programa de Desarrollo para el período 1995-2000 del cual se han descrito los resultados obtenidos en incisos anteriores, pero el incremento constante de la demanda de transporte y del mejoramiento de su calidad hacen urgente implementar estrategias y acciones que mejoren en notable medida la red carretera del país.

El período 2000-2006 está lleno de retos en el que las condiciones del entorno y las modalidades de trabajo necesarias para lograrlo serán diferentes a las implementadas en el pasado. En materia de conservación se pretende mantener en buenas condiciones el activo que representa este rubro para el país, en construcción y modernización de carreteras federales el objetivo es terminar la modernización de los 14 corredores, para los caminos rurales se pretende ampliar la red y seguir con la conservación de los kilómetros existentes y en autopistas de cuota el objetivo es mejorar el funcionamiento así como expandirla y extenderla tanto en tipo como en calidad.

Dentro de los objetivos planteados en dicho programa se pone de manifiesto la intención de darle más importancia a la actividad de conservación, reconstrucción y modernización de la infraestructura existente. Para llevar a cabo lo anterior se han planteado varias estrategias en las cuales se pretende principalmente concentrar las acciones en los tramos de mayor utilización y que están más dañados, también se pretende descentralizar la conservación de los caminos rurales y carreteras federales

que cumplen una función regional, mediante concertaciones con gobiernos de las entidades federativas.

Los objetivos y líneas estratégicas principales del programa 2000-2006 son:

1. Ampliar la cobertura y accesibilidad de la infraestructura carretera para toda la población, siguiendo las siguientes estrategias:
 - Modernizar los corredores carreteros mediante proyectos de cobertura regional para lo cual se requiere realizar obras en 111 tramos de la red, con una inversión del orden de 72 mil 500 millones de pesos, lo que permitirá tener modernizado el 89 por ciento de la longitud total de los corredores al final del año 2006.
 - Atraer inversión privada al desarrollo de infraestructura carretera nueva mediante Nuevos Esquemas de Financiamiento y de Concesiones en los que se destaca lo siguiente: aportación de recursos fiscales, plazo de concesión fijo de 30 años, tarifas fijas para los diferentes tipos de vehículos, proyectos ejecutivos proporcionados por la SCT y adjudicación mediante licitación pública a quien solicite la menor aportación de recursos fiscales.
 - Acordar programas integrales de inversión en carreteras con los gobiernos de los estados, esto para la construcción de Caminos Rurales y Alimentadores en los que se realizará la reconstrucción de 45 mil kilómetros, se ampliarán y modernizarán 4 mil 500 kilómetros de caminos y se llevará a cabo la construcción de 45 mil kilómetros.
- 2.- Conservar y mejorar el estado de la infraestructura carretera existente, con la participación de los tres órdenes de gobierno y del sector privado llevando a cabo las siguientes estrategias:

IMPORTANCIA DE LA RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS.

- Diseñar e implementar un programa de conservación de la red federal de carreteras en el que además de efectuar la conservación rutinaria programada para cada año, se reconstruyan 6 mil 469 kilómetros y efectuar trabajos de conservación periódica en 34 mil 647 kilómetros, todo esto con una inversión total del orden de 40 mil millones de pesos.
 - Descentralizar la conservación de la red federal de carreteras hacia los gobiernos de los estados, de los tramos menos transitados de la red federal.
 - Instrumentar nuevos esquemas de financiamiento para la conservación que no dependan de los recursos presupuestales mediante la constitución de un Fondo Vial para la Conservación de Carreteras Federales y Estatales.
- 3.- Fomentar la interconexión de la infraestructura carretera con los diferentes modos de transporte, para lograr un sistema integral de enlace en el territorio nacional llevando a cabo las siguientes estrategias.
- Instalación de Conductos para Fibra Óptica en el Derecho de Vía de las Carreteras.
 - Resolver integralmente el funcionamiento y la operación del sistema de cruces y puentes en la frontera norte
 - Mejorar los accesos a ciudades, fronteras, puertos marítimos y puntos de conexión con otros modos de transporte
- 4.- Mejorar la operación de la red carretera, eliminando las condiciones que inhiben el uso óptimo de la capacidad instalada llevando a cabo las siguientes estrategias
- Eliminar puntos conflictivos y restricciones a la circulación, así como superar cuellos de botella mediante la construcción de libramientos en pasos por pueblos y ciudades así como construir carreteras transmetropolitanas y llevar a cabo la implementación de tren suburbano, sin dejar de atender el Mantenimiento de Puentes y Estructuras así como modificarse las características geométricas de carreteras, con objeto de

IMPORTANCIA DE LA RECENTRACION DE PAVIMENTOS.

adecuarlos a los pesos y las dimensiones de los vehiculos que circulan actualmente por ellas.

- Potenciar el aprovechamiento del sistema de autopistas de cuota que maneja directamente el gobierno federal, mediante la consolidación de la administración del sistema de autopistas de cuota que opera el gobierno
 - Fortalecer el seguimiento y la supervisión de las autopistas de cuota concesionadas a terceros.
 - Integrar un sistema de capacitación y transferencia tecnológica en materia vial con el fin de ampliar el número de profesionales especializados en el tema y profundizar sus conocimientos para que puedan desempeñar adecuadamente sus labores.
-

CAPITULO II

TIPOS DE FALLAS Y DETERIOROS

II.1 TIPOS DE FALLAS.

Antes de entrar directamente a lo referente a evaluación y reconstrucción de pavimentos, es conveniente que se vea la clasificación de fallas existentes de acuerdo a la calidad de servicio que proporciona el pavimento. A su vez también se verá la manera en que se manifiestan todo tipo de fallas, que es a través de los deterioros o algunas otras veces también llamados fallas, en este trabajo se les conocerá como deterioros.

Para poder entender el tipo de fallas se debe definir primeramente lo que es el Índice de Servicio Actual, el cual es un porcentaje numérico de evaluación, determinado por un grupo de personas que recorren el tramo carretero en un vehículo y que lo califican de manera independiente dentro de un rango de 0 a 5 (de intransitable a excelente). En el capítulo III se describe a detalle dicho parámetro.

Tomando en cuenta la calidad de servicio que proporciona un pavimento, existen dos tipos de fallas:

II.1.1 Falla Funcional.- Se presenta cuando un camino presta sus servicios pero causando incomodidad a los usuarios, es decir, que las condiciones del camino hacen que el tránsito se realice con bastantes problemas.

De acuerdo con el Índice de Servicio, se puede identificar la falla funcional cuando dicho parámetro llega a un valor de 3 o 2, aunque claro que esto como se verá más adelante es subjetivo. Este tipo de falla depende del grado de rugosidad del camino, además ésta no imposibilita al pavimento para usarse. Las medidas que se implementan para su mejora pueden ser de conservación periódica o rutinaria.

II.1.2 Falla Estructural.- Este tipo de falla se presenta en el momento en el que el camino esta tan deteriorado, que prácticamente es imposible transitar a través del pavimento, esta falla involucra un colapso en la estructura del pavimento o una ruptura de una o varias de sus capas. De acuerdo al Índice de Servicio, se identifica cuando llega a un valor de menos de 2, generalmente 1.5. La falla estructural requiere generalmente trabajos de rehabilitación mayor o reconstrucción completa.

En la fig. II.1 se aprecia el avance de las fallas que sufre un pavimento a través de los años para el efecto de una conservación buena y otra deficiente, pero cabe hacer la aclaración que para que una obra no llegue a la falla estructural es necesario que además de que este bien diseñada y construida, cuando ésta llegue a la falla funcional se le de un mantenimiento mayor como una rehabilitación. Pero por otra parte, aunque la conservación que se le pudo haber aplicado al pavimento haya sido buena, llega el momento en el que este tan dañado que lo que se requiera sea una reconstrucción.

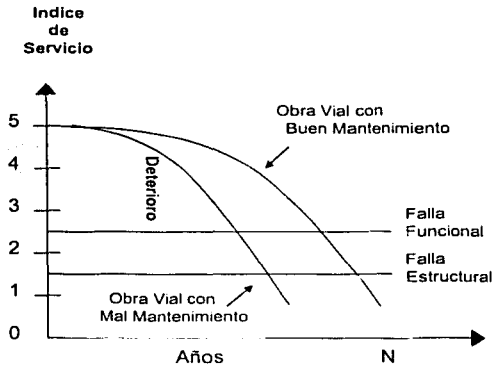


Fig. II.1 Esquema de Deterioro y Fallas a través del tiempo.

II.2 DETERIOROS.

La forma en la que se manifiestan las fallas en un pavimento es a través de deterioros y en el proceso de evaluación es de gran importancia el poder realizar una adecuada identificación de los deterioros existentes así como de su severidad y extensión, ya que con ello es más fácil el determinar las posibles causas que provocaron la falla.

Para la identificación de deterioros actualmente se cuenta con catálogos muy completos y que son una gran ayuda para lograr una evaluación lo más objetiva posible, se encuentran por ejemplo el publicado por el IMT y el publicado por el Banco Mundial, a continuación se describen los deterioros más importantes que se presentan en los pavimentos flexibles así como sus posibles causas, formas de cuantificar su severidad y extensión.

La extensión generalmente se expresa en porcentaje de área o longitud dañada, según sea el tipo de deterioro, basándose en el total del área o longitud de la subsección en evaluación.

II.2.1 DETERIOROS MAS COMUNES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

En los pavimentos flexibles los deterioros se clasifican en cuatro grupos: Agrietamientos o roturas, desprendimientos o desintegraciones, deformaciones y otros varios.

II.2.1.1 Agrietamientos o Roturas.

Grieta Piel de Cocodrilo - Son grietas interconectadas en forma de polígonos hasta de 25 cm, semejando la piel de un cocodrilo.

Principales Causas:

- Carpeta con material de mala calidad o con grosor insuficiente para las solicitaciones del tránsito

FIG. II.2
AGRIETAMIENTO
TIPO PIEL DE
COCODRILO Y
RODERAS.



- Suelo contaminado con arcillas expansivas.
- Debilidad de la estructura del pavimento: la base no tiene suficiente soporte debido por no haberse rigidizado como debería. Si la base o su base están débiles, las grietas aparecerán con deformaciones, es decir, habrá roderas con grietas.
- Mal sistema de drenaje. Cuando se debe a esto las grietas aparecerán primeramente en la parte exterior de la rodada en el camino.

Grieta Longitudinal - Grieta o ruptura paralela al eje del camino.

Probables Causas

- Fatiga del pavimento.
- Deficiencia en la junta longitudinal.
- Reflexion de grietas en pavimentos que han sido ensanchados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**FIG. II.3
AGRIETAMIENTO
LONGITUDINAL
Y RODERAS.**



- Contracción de materiales y pérdida de cohesión en los materiales de la capa de rodamiento debido a cambios de temperatura.
- Carpeta asfáltica muy frágil, mal mezclada.
- Baja capacidad de carga de la base.

Agrietamiento Tipo Mapa - Son grietas que siguen, en cuanto a forma, un patrón semejante a la subdivisión política de un mapa, con polígonos superiores a los 20 cm.

Probables Causas:

- Calidad deficiente de alguna de las capas de la sección estructural.
- Debilidad de la estructura del pavimento.
- Carpetas rígidas sobre suelos de cimentación resilientes.
- Fuertes sollicitaciones del tránsito.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FIG. II.4
AGRIETAMIENTO
TIPO MAPA



- Fatiga
- Encoque excesivo
- Espesores excesivos de capas

Grietas de Reflexión Son grietas ya sea longitudinales o transversales que reflejan exactamente el patrón de agrietamiento o de juntas de un pavimento existente, cuando es reencarpado con concreto asfáltico.

Probables Causas

- Movimiento del pavimento subyacente
- Liga mala localizada entre capas
- Posibles contra-temos de capa subyacente

TESIS CDE

Agrietamiento Parabólico.- Son grietas en forma de parábola o de media luna que se forman en la carpeta asfáltica en la dirección del tránsito.

Probables Causas:

- Carpeta de rodamiento débil
- Zonas de frenaje de las ruedas.
- Mezcla inestable.

Grieta Errática o en Zig-Zag.- Agrietamiento de la carpeta asfáltica que se presenta en forma desordenada, siguiendo patrones longitudinales en forma errática o de zig-zag.

Probables Causas:

- Acción del hielo
- Cambios extremos de temperatura.
- Base defectuosa
- Terraplenes con taludes inestables.

La severidad de todo tipo de grietas se mide en base al ancho de la fisura, la cual puede estar en los rangos: < 2 mm, $2-10$ mm y > 10 mm.

La extensión se mide en base al porcentaje de área dañada con este deterioro.

II.2.1.2 Desprendimientos o Desintegraciones.

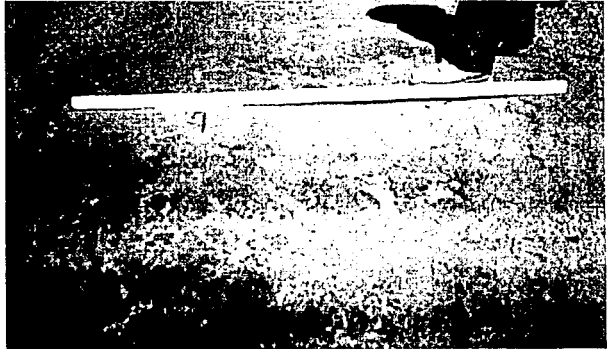
Presencia de Calaveras - Las calaveras son oquedades o huecos en la superficie del pavimento se diferencian de los baches en que su tamaño no es mayor a 15 cm de diámetro y tienen una profundidad menor de 2.5 cm.

Probables Causas:

- Base Defectuosa

- Contenido de asfalto menor al óptimo en la carpeta.
- Reflexión de calaveras existentes en carpetas que fueron rehabilitadas con reencarpetao

FIG. II.5
CALAVERO
SEVERO.



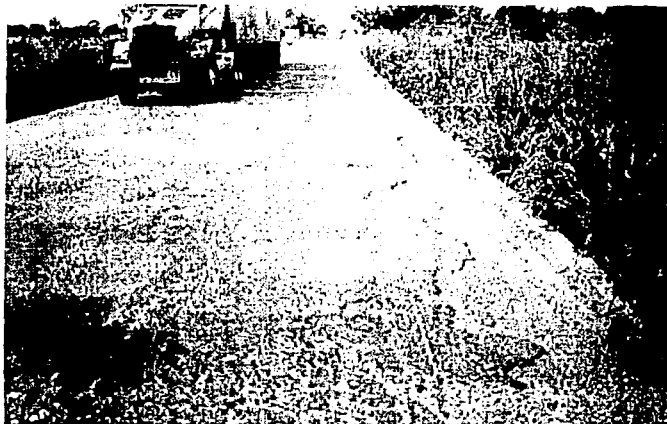
Baches Superficiales y Profundos - Son agrietados en la superficie de rodamiento y en algunos casos pueden llegar hasta la base, su tamaño es de 15 cm o más de diámetro y con una profundidad de más de 2.5 cm. Se presentan por daños previos como agrietamientos, desprendimiento de agregados y disgregación inicial de la carpeta y subsecuentemente de la base. De los danos son los más visibles y los más severos, así como los más difíciles de predecir.

Probables Causas:

- Mala calidad en los materiales inferiores, incluyendo terracerías con alto contenido de agua

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG. II.6
DESPRENDIMIENTO
DE AGREGADO,
CALAVEREO Y
BACHEO SEVEROS.



- Mal mantenimiento de canales previos.
- Carpeta muy frágil, envejecimiento prematuro del sello de liga.
- Espesor insuficiente de la carpeta.
- Deficiencia en el sistema de drenaje.

La severidad de calaveras y baches se evalúa midiendo la profundidad de la oquedad. La extensión se mide en base al porcentaje de área con baches con respecto al área respectiva.

Desprendimiento de Agregados.- Es la separación de agregados de la superficie del pavimento provocando huecos.

Probables Causas

- Insuficiente contenido de asfalto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Grosor insuficiente de la carpeta.
- Mala aplicación del riego de liga y/o utilización de riego de mala calidad
- Mal tendido de la carpeta asfáltica y/o mala graduación de los agregados
- En carpetas asfálticas se presenta por la oxidación del asfalto

La severidad se mide como el porcentaje afectado en una área unitaria (1 m cuadrado).

La extensión se mide como el porcentaje afectado de la subsección en estudio

Erosión Longitudinal de la Carpeta - Desintegración de la orilla de la carpeta asfáltica reduciendo el ancho de carpeta

Probables Causas

- Ancho de carpeta muy reducido, lo que provoca que el tránsito se realice en los hombros o acotamientos, los cuales no están diseñados para eso
- Falta de soporte de los hombros o acotamientos, hombro inestable y muy pobre.
- Falta de adherencia y resistencia en la carpeta.
- Erosión de agua y viento que daña los hombros y progresivamente afecta la orilla de la carpeta de rodamiento
- Mala compactación de capas

La severidad se evalúa con la medición del ancho de carpeta desintegrado

La extensión se evalúa con el porcentaje de longitud afectada

Erosión Avanzada de Taludes - Primeramente se presenta como agrietamiento transversal en los acotamientos, posteriormente con la acción destructiva del medio ambiente se transforman en oquedades o canalizaciones hasta llegar a la destrucción total de los taludes del cuerpo del terraplen

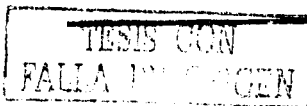


FIG. II.7
EROSION
LONGITUDINAL DE LA
CARPETA Y
DESPRENDIMIENTO
DE SELLO.



Probables Causas

- Acción del viento o de la lluvia
- Falta de protección en taludes
- Mala compactación
- Escasez de drenaje superficial

La severidad se mide como el grado de avance, ya sea agrietamiento o canalización, es decir, se mide con el ancho de abertura del daño

La extensión se evalúa con el porcentaje de longitud afectada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Pulido de Superficie. - Desgaste acelerado de la superficie de la carpeta, produciendo la presencia de áreas lisas.

Probables Causas:

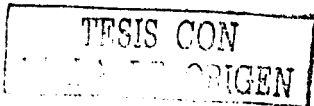
- Tránsito intenso
- Agregado grueso de la carpeta con baja resistencia al desgaste
- Excesiva compactación.
- Mezclas demasiado ricas en asfalto.
- Agregados no apropiados a la intensidad del tránsito.
- Hundimiento de agregado grueso en el cuerpo de la carpeta, o en la base cuando se trata de tratamientos superficiales.

La extensión se mide como el porcentaje de área afectada.

Desintegración - Deterioro grave de la carpeta asfáltica en pequeños fragmentos con desprendimiento progresivo de materiales que la componen.

Probables Causas.

- Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.
 - Acción de tránsito intenso y pesado.
 - Tendido de la carpeta en climas fríos o húmedos.
 - Agregados contaminados, contenido pobre de asfalto, sobrecalentamiento de la mezcla o compactación insuficiente.
 - Acción del hielo.
 - Capas contaminadas con arcillas
 - Falta de unión entre agregados y asfalto ligante
-



- Contaminación de solventes.
- Envejecimiento y fatiga.
- Desintegración de los agregados.
- Sección estructural deficiente o escasa.

La extensión se mide como el porcentaje afectado de la subsección en estudio.

Desprendimiento de Sello.- Desintegración parcial o zonificada de la superficie de rodamiento; cuando ésta se forma por uno o varios sellos, el agregado tiende a desprenderse dejando zonas expuestas por arranque de la gravilla.

Probables Causas:

- Mala dosificación de ligante o mala calidad del mismo.
- Mala adherencia en capa subyacente.
- Espesores insuficientes.
- Malas condiciones climáticas en la realización del trabajo.

II.2.1.3 Deformaciones.

Rodera (Figs. II.2 y II.3).- También conocidas como surcos o canalizaciones son deformaciones longitudinales permanentes que se presentan en la zona de mayor incidencia de las ruedas de los vehículos, pueden presentarse con o sin grietas.

Generalmente existe acumulación de material a los lados de las roderas por desplazamiento de las mismas cuando la carpeta es defectuosa, pero cuando la causa del surco es de origen más profundo éste se genera sin la acumulación del material.

Cuando son menores a 1 cm se deben a deformaciones de la carpeta asfáltica y cuando son mayores son causa de una mala base.

Probables Causas:

- El aumento de carga de diseño y de la intensidad de tráfico para los cuales la carretera no fue diseñada es una de las causas importantes.
- Bajas velocidades son malas así como anchos de carpeta muy pequeños, ya que los vehículos tienden a pasar por el mismo lugar
- Altas temperaturas aumentan la posibilidad de presencia de roderas, así como en épocas de lluvia aumenta el riesgo de que se generen o desarrollen las roderas, por lo que hay que mantener un buen drenaje
- Mal mezclado del material asfáltico, con mucho o poco asfalto, muchos finos, poca cohesión entre los agregados, mala calidad de asfalto utilizado o poca compactación de la carpeta
- Cuando se debe a la base puede que este contaminada con arcilla o contenga muchos finos
- Consolidación de una o varias capas subyacentes a la carpeta.

La severidad se evalúa midiendo la profundidad de las roderas, haciendo varias mediciones en la sección o subsección en estudio y tomando el mayor valor como el más representativo

La extensión se evalúa como porcentaje de longitud dañada.

Ondulaciones Transversales (Corrugaciones).- Las corrugaciones son ondulaciones superficiales de la carpeta asfáltica, perpendiculares al eje del camino con separación entre ellas de aproximadamente 60 cm, cuando están separadas por más de 5 m se les llama simplemente ondulaciones.



Probables Causas:

- Ocurren por el desplazamiento de las capas del pavimento, base y carpeta asfáltica, esto se puede deber a falta de adherencia entre esas dos capas.
- Las fuerzas tangenciales que generan las llantas de los vehículos, especialmente cuando arrancan o aceleran, por ejemplo en la subida de los puentes.
- Falta de rigidez en una de las capas debido a una mala construcción, diseño o supervisión

La severidad se evalúa midiendo la altura de la cresta de las corrugaciones.

La extensión se mide como un porcentaje de área afectada.

Depresiones - Asentamiento vertical de la superficie del camino, generalmente es visible y de forma circular. Vienen acompañadas con superficies agrietadas.

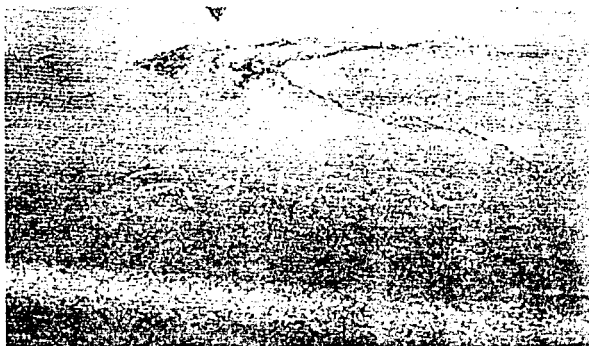
Probables Causas:

- Se deben especialmente a un mal sistema de drenaje, lo cual genera que aumente el contenido de agua en el pavimento y provoque asentamientos en capas inferiores y pérdida de capacidad de carga. Obviamente existe más riesgo de que se presenten en épocas de lluvia
- Aumento de tráfico para el cual no fue diseñado
- Suelo arcilloso: base y sub-base contaminadas con arcilla.

Su severidad se mide con la profundidad de la depresión

Su extensión se mide como un porcentaje de área.

FIG. II.8
DEPRESION DE
CARPETA ASFALTICA.



Asentamientos (Transversal o Longitudinal) - Áreas de pavimento hundidas en elevaciones más bajas que las áreas adyacentes o elevaciones de diseño en el sentido transversal al eje del camino.

Probables Causas

- Deformación diferencial vertical del suelo de cimentación o de las capas que forman la estructura del pavimento.
- Peso propio de la sección del pavimento.
- Suelos o cimentaciones resilientes.
- Cargas excesivas o superiores a las de diseño.
- Cambios volumétricos del cuerpo del terraplen o compactación inadecuada.
- Asentamientos debido a los traspases de los

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Procedimientos de construcción inadecuados.
- Drenaje o subdrenaje ineficientes.
- Contaminación de capas inferiores.
- Desplome de cavidades subterráneas.
- Cuando son longitudinales también se debe a la canalización del tránsito.

Desplazamiento Transversal de la Sección del Pavimento.- Protuberancias prolongadas de magnitudes considerables en la dirección del tránsito, al borde de la carretera, causando destrucción total en corto plazo.

Probables Causas:

- Fuertes asentamientos longitudinales.
- Falta de capacidad estructural del conjunto de capas del pavimento.
- Sobrecargas internas.
- Nula estabilidad de la carpeta.
- Nulo soporte lateral o confinamiento.
- Insuficiente valor relativo de soporte de las capas.
- Nula compactación.

II.2.1.4 Varios.

Llorado de Asfalto.- Acumulación de asfalto en la superficie de la carpeta, generalmente se va liberando el asfalto a través de las grietas. La carpeta se torna de un color negruzco y brillante, lo cual la hace extremadamente peligrosa.

Probables Causas:

- Exceso de asfalto, el daño se presenta generalmente debajo de las huellas o rodadas de los vehículos.
- Excesiva compactación de la carpeta asfáltica.
- Altas temperaturas que hacen que se ablande el riego de liga y/o riego de asfalto. Su extensión se evalúa como un porcentaje de área dañada.

Afloramiento de Humedad.- Aparición de zonas húmedas en la superficie, con o sin encharcamiento.

Probables Causas:

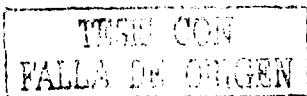
- Deficiencia de drenaje superficial o subdrenaje, escases de subdrenaje.
- Flujo ascendente de agua a través de grietas.
- Zonas mal compactadas.
- Capas porosas o de textura abierta.
- Bases saturadas.
- Flujo capilar de agua.

Expulsión de Finos.- Es la acumulación de material fino en la superficie de rodamiento, se encuentra junto a las grietas.

Probables Causas:

- Exceso de finos en la base.
- Exceso de cemento en la estabilización de bases.
- Tránsito demasiado intenso.

Su extensión se evalúa como un porcentaje del área.



Contaminación de Agregados.- Es la inclusión de materiales ajenos a los agregados especificados, tales como piedra pómez de diferentes características y propiedades mecánicas.

Probables Causas:

- Mala dosificación.
- Mal control de calidad.
- Contaminación de bancos de agregados.

Borde Longitudinal o Elevación Diferencial de la Carpetas entre Carriles.- Cambio brusco del perfil transversal de la superficie de rodamiento entre tendido de capas.

Probables Causas:

- Deficiencia en procedimientos constructivos.
- Mal control de calidad.
- Asentamientos longitudinales.
- Discontinuidad en el bombeo.

CAPITULO III

PROYECTO PRELIMINAR (EVALUACION DEL PAVIMENTO)

III.1 ANTECEDENTES.

Para comenzar a desarrollar un proyecto de rehabilitación de un pavimento se requiere obtener primeramente cierta información que será de ayuda para etapas posteriores del proyecto, dicha información se clasifica en los siguientes grupos:

- Información del Diseño.

Para empezar a analizar el funcionamiento se requiere que el ingeniero conozca los parámetros de diseño del pavimento existente. Esta información incluye el tipo de sección estructural del pavimento y sus dimensiones, así como también información detallada acerca de los componentes del pavimento, tales como los materiales de las capas, diseño de hombros, sistema de drenaje y actividades previas de reparación o mantenimiento. Así como características de calidad y resistencia de los materiales.

- Datos de Construcción.

Estos se refieren a información de condiciones durante la construcción que puedan dar indicios sobre las causas de los deterioros, así como los libros de campo (bitácoras), notas de problemas o condiciones climáticas y todos los datos recabados de la Supervisión de la construcción de la obra.

- Transito.

Se requiere conocer el transito diario promedio anual (TDPA) existente a lo largo de la vida del pavimento, si no es posible obtenerlo bastará con el de los últimos cinco años, en cuanto a magnitud composición y tasa de crecimiento.

- Información Ambiental.

Es importante conocer condiciones de lluvia, temperatura y nevadas (si es el caso). Estos factores afectan la integridad de los materiales de las capas del pavimento, la capacidad estructural y el confort del viaje

- Información de Condiciones de Daño.

Una evaluación del estado del pavimento debe reportar tipo, severidad y extensión de daño y por otra parte para determinar la capacidad estructural se pueden realizar pruebas destructivas o no destructivas, lo anterior se describe más a detalle en párrafos posteriores

III.2 EVALUACION DEL PAVIMENTO.

Como se puede ver la evaluación juega un papel muy importante en la estrategia de conservación y por lo tanto debe ser lo más completa posible, así los indicadores que nos permiten lograrlo son:

III.2.1 Evaluación del Tránsito.

III.2.2 Evaluación de su Funcionalidad.

III.2.3 Evaluación de Deterioros o Fallas.

III.2.4 Evaluación de la Seguridad

III.2.5 Evaluación de la Capacidad Estructural.

III.2.6 Evaluación del Drenaje y Subdrenaje.

III.2.7 Evaluación de Materiales

III.2.8 Evaluación de los Impactos Ambientales.

En algunas estrategias no incluyen algunas evaluaciones como las de tráfico, materiales, drenaje o seguridad; las de tráfico y materiales se realizan de igual forma

que se hace su estudio para cuando se va a diseñar una carretera nueva, para el drenaje algunas incluyen su evaluación en la de deterioros o fallas y la de seguridad algunas no la consideran de importancia o la incluyen en la de funcionalidad. En este trabajo se describirán por separado las de seguridad y drenaje.

III.2.1 EVALUACION DEL TRAFICO.

Existen tres formas básicas de considerar los efectos de los vehículos:

- a) **Transito Fijo.**- Toda la distribución vehicular se convierte a una carga de llanta sencilla equivalente CLLSE; aquí se diseña para la carga mayor que se pueda anticipar. No es común, se utiliza más en aeropuertos o carreteras con transito muy pesado y de bajo volumen.

- b) **Vehículo Fijo.**- La distribución de vehículos o de diferentes ejes se transforman a los ejes nominales o sencillos de 8.2 ton (18 kips) mediante factores de carga por eje equivalente o más conocidos como coeficientes de daño. Debido a la gran configuración e intensidades de carga que representan la amplia diversidad de vehículos en nuestros días, éste método de análisis es el más usado.

- c) **Vehículo y Transito Variables.**- Con este enfoque los vehículos y variables se consideran por separado e individualmente para evaluar sus efectos en el futuro pavimento. Ello se realiza formando grupos de cargas similares para luego determinar y sumar los efectos separados de cada grupo, tales como esfuerzos, deformaciones y deflexiones. Los enfoques mecánicos son los que utilizan este método, ya que se le aplican varios niveles de carga a una estructura de pavimento dada y se estudian sus respuestas, es decir que se puede manejar cualquier tipo de vehículo sin considerar ningún tipo de factores de equivalencia, éste método es utilizado por la PCA.

En lo siguiente se hablará del tránsito con **vehículo fijo**, en donde el diseño de sobrecarpeta vendrá dado por el número de repeticiones de los ejes de cada uno de los grupos de vehículos en el periodo de diseño por lo que para el cálculo de los ejes equivalentes por el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, necesitamos obtener ciertos parámetros involucrados en la ec. 3.1 para obtener el número de aplicaciones de carga estándar previsto al término del plazo, el cual está dado por:

$$\sum L = TDPA \times Cd \times Ct \times \sum Ci \times D \dots\dots\dots(3.1)$$

donde:

Cd es la proporción del número de vehículos en el carril de proyecto, esta en función del número de carriles.

Ci es la proporción de cada tipo de vehículo (composición).

D es el coeficiente de daño bajo carga máxima.

Ct es el coeficiente de acumulación del tránsito al cabo de n años de operación, con una tasa de crecimiento anual de tránsito (r). Esta dado por la ecuación:

$$Ct = 365 \frac{(1+r)^n - 1}{r} \dots\dots\dots(3.2)$$

El TDPA, Ci y r se obtienen en base a la información del área de ingeniería de tránsito del estado; si no se dispone el dato de r , deberán promediarse las tasas de crecimiento de los 5 años anteriores y en caso de que no se tengan datos del TDPA se tiene que hacer el aforo.

El periodo de diseño (n) se determina por el proyectista.

El valor de D (coeficiente de daño) depende del tipo de pavimento, espesor o de la capacidad estructural y del índice de servicio terminal y nivel de rechazo que se

considere para la estructura del pavimento. Estos valores son empíricos pero también pueden estimarse teóricamente basándose en criterios de falla o en condiciones de esfuerzos y deformaciones críticas.

En México se utilizan los calculados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Dichos coeficientes aumentan de manera exponencial conforme aumenta el peso, de ahí la magnitud del daño de un vehículo pesado y la trascendencia de la autorización de aumentos de carga permisible de vehículos.

Para algunos tipos de vehículos como lo son autobuses y camiones el coeficiente también aumenta conforme aumenta la profundidad, es decir que el daño es mayor en capas como la subrasante o el cuerpo del terraplén.

Otros datos referentes al tránsito que deben obtenerse son el peso promedio de los camiones o vehículos de carga que transitan normalmente ese tramo, carga máxima por eje legal permitida en el estado y finalmente el porcentaje promedio de accidentes de tránsito que hayan sido provocados por el estado superficial del pavimento en el tramo en estudio.

III.2.2 EVALUACION DE SU FUNCIONALIDAD.

Esta relacionada con las condiciones de servicio, es decir, comodidad o confort con el cual el usuario circula. Para su medición hay varios parámetros: Present Serviceability Rate PSR, Calificación Presente de Servicio o también conocido como Índice de Servicio Actual ISA, Present Serviceability Index PSI, Índice Presente de Servicio, que más que ser otro parámetro es una aproximación o predicción del PSR; finalmente el Índice Internacional de Rugosidad IIR.

III.2.2.1 Índice de Servicio Actual (ISA). Desarrollado por Carey e Irick en 1960, se define como un porcentaje numérico de evaluación, determinado por un grupo de personas que transitan el camino en estudio en un vehículo en buenas condiciones y a

una velocidad constante, generalmente a 60 km/hr, lo califican de manera independiente dando una calificación de entre 0 y 5 (de intransitable a excelente).

La escala se presenta a continuación con su equivalente en calificación verbal y una breve descripción para tener una idea de que grado de deterioro representan los valores de este índice.

4.0-5.0 (Muy Bien). Solamente pavimentos nuevos o reconstruidos alcanzan valores dentro de este rango, generalmente los pavimentos rígidos nuevos tienen un ISA de 4.5 y los pavimentos flexibles de 4.2. Tienen superficie uniforme y libre de deterioros.

3.0-4.0 (Bien). Aunque los pavimentos dentro de este rango no tienen la superficie tan uniforme como los descritos anteriormente, el viaje que se obtiene al transitar estos caminos son de primera clase y presentan pocos signos de deterioros de la superficie de rodamiento. Los pavimentos flexibles pueden empezar a mostrar indicios de roderas y agrietamientos leves. Los pavimentos rígidos pueden empezar a mostrar deterioros leves de la superficie como grietas pequeñas y desmoronamiento.

2.0-3.0 (Regular). La calidad del pavimento es notablemente inferior a la de un pavimento nuevo y no son aptos para transitar a altas velocidades. Los deterioros de los pavimentos flexibles incluyen roderas, grietas tipo mapeo y baches extensos. Los pavimentos rígidos pueden tener algunas fallas en las juntas, además presentan bombeos y agrietamientos.

1.0-2.0 (Malos). Están a tal grado deteriorados los pavimentos en este rango que afectan la velocidad de tráfico de un flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden presentar grandes baches y grietas profundas. Los deterioros incluyen disgregación, roderas y agrietamientos los cuales pueden presentarse en más del 50% de la superficie. En los pavimentos rígidos los daños incluyen desmoronamiento de las aristas de las juntas, fallas, bacheo, grietas, descarnado y bombeo.

0-1.0 (Muy Malos). En este rango los pavimentos están extremadamente deteriorados, son prácticamente intransitables o se pueden transitar pero a velocidades muy bajas y

sin confort. Generalmente presentan grandes baches y grietas profundas. Los daños ocurren en el 75% del total de la superficie de rodamiento.

Este índice solamente representa la condición actual o presente del pavimento, para poder conocer el funcionamiento del pavimento hay que medir este índice a lo largo de su vida y solo así veremos como ha respondido a través del tiempo.

Para llevar a cabo la medición del PSR hay que tener en cuenta ciertas consideraciones:

- El número de evaluadores a emplear. Este número depende del error que se quiera tener, así entre más evaluadores menor el error, pero según estudios se ha determinado que es recomendable usar de 5 a 10 personas, aunque en México el IMT sugiere utilizar 4 de los cuales uno debe tener experiencia.
- Validez del índice. Para poder considerar como buenos los valores obtenidos debe cumplirse que entren dentro de una tolerancia de ± 0.3 , además no se debe intercambiar información entre evaluadores durante el proceso.

Como se puede apreciar este representa la opinión del usuario y por lo tanto es muy subjetiva, por lo cual se considero que era muy impráctico y costoso el evaluar la funcionalidad por medio de este índice y Carey e Irick desarrollaron el PSI.

III.2.2.2 Índice Presente de Servicio (PSI). Más que ser otro parámetro para medir la funcionalidad de un camino, es un índice que basado en una combinación de medidas subjetivas y objetivas da una aproximación o estimación del valor del ISA.

La forma básica de la ecuación es:

$$PSI = A_0 + A_1(R) + A_2(F_1) + A_3(F_2) \dots \dots \dots (3.3)$$

donde:

A = Constantes de Regresión.

R = Medida de la Rugosidad; expresada como la media de la varianza de los declives longitudinales (\overline{SV}), medida por medio del perfilómetro CHLOE.

F₁ = Media de la profundidad de las roderas (RD).

F₂ = Medición de agrietamiento y bacheo (C+P).

Los deterioros incluidos en la ecuación fueron los que influyeron en la predicción del PSR, y junto con la \overline{SV} sufrieron una transformación lineal que hizo que el valor de PSR se relacionara linealmente en la ecuación anterior.

Las constantes se obtuvieron por medio de regresiones lineales y así las ecuaciones para los dos tipos de pavimentos quedaron como sigue:

Para pavimentos flexibles:

$$PSI = 5.03 - 1.91\log_{10}(1 + \overline{SV}) - 1.38RD^2 - 0.01\sqrt{C+P} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$r^2 = 0.84; \quad EEE = 0.38; \quad n = 74.$$

donde:

C en (m² / 1000m²)

P en (m² / 1000m²)

RD en (in).

EEE = Estimación del Error Estándar.

n = Número de Secciones.

r = Coeficiente de Correlación.

Las ecuaciones anteriores tienen ciertas deficiencias:

- Las ecuaciones involucran la evaluación subjetiva del panel de evaluadores y aunque la percepción de funcionalidad fuera la misma que hace 35 años hay otros factores que han cambiado significativamente y que hacen muy cuestionable lo anterior, por ejemplo, los vehículos, las características de las carreteras y velocidades.

Las ecuaciones incluyen la calidad de viaje pero también los defectos de la superficie, y para una mejor administración de pavimentos es mejor tener esas medidas separadas. Por lo tanto, es conveniente el tener una medida que asegure que la evaluación objetiva del pavimento este directa y razonablemente relacionada a la percepción de confort por parte del usuario

El perfilómetro que se utilizó en la prueba ya no esta en uso actualmente y errores se generan cuando se utiliza uno diferente para la medición de la rugosidad. La mejor manera de arreglarlo seria el volver a hacer la prueba y obtener nuevas ecuaciones con un instrumento particular y actual de medición

Aunque las mediciones físicas de la condición del pavimento incluyen a las roderas, agrietamientos y bacheos, se ha encontrado que lo que más influye en la estimación del valor del ISA por medio del PSI es la rugosidad, los deterioros incrementan el coeficiente de correlación en un 5%. Aunado a lo anterior la dificultad de medir los deterioros ha provocado que algunas agencias solamente toman en cuenta el valor de la rugosidad para la obtención del PSI, obteniendo valores muy confiables.

III.2.2.3 Índice Internacional de Rugosidad (IIR). Este índice esta basado en la rugosidad del pavimento, la cual se puede definir como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a una superficie plana que afecta la dinámica del vehículo, la calidad del viaje, las cargas dinámicas y el drenaje, así pues, la rugosidad es una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida.

La rugosidad se puede medir con muchos aparatos, pero siempre habia existido discordancia entre los métodos empleados, así con el fin de establecer una correlación entre las medidas y seleccionar un estándar de calibración el Banco Mundial desarrollo el IIR en Brasil a partir de 1982 y desde que se publicaron los resultados en 1986, el IIR se adoptó como el estándar de rugosidad.

El IIR es la suma de las irregularidades verticales que se presentan en la rodada del camino; se puede medir a través de un levantamiento topográfico o por medio de perfilómetros. En la fig. III.1 se muestra gráficamente la escala junto con una breve descripción de la condición del pavimento.

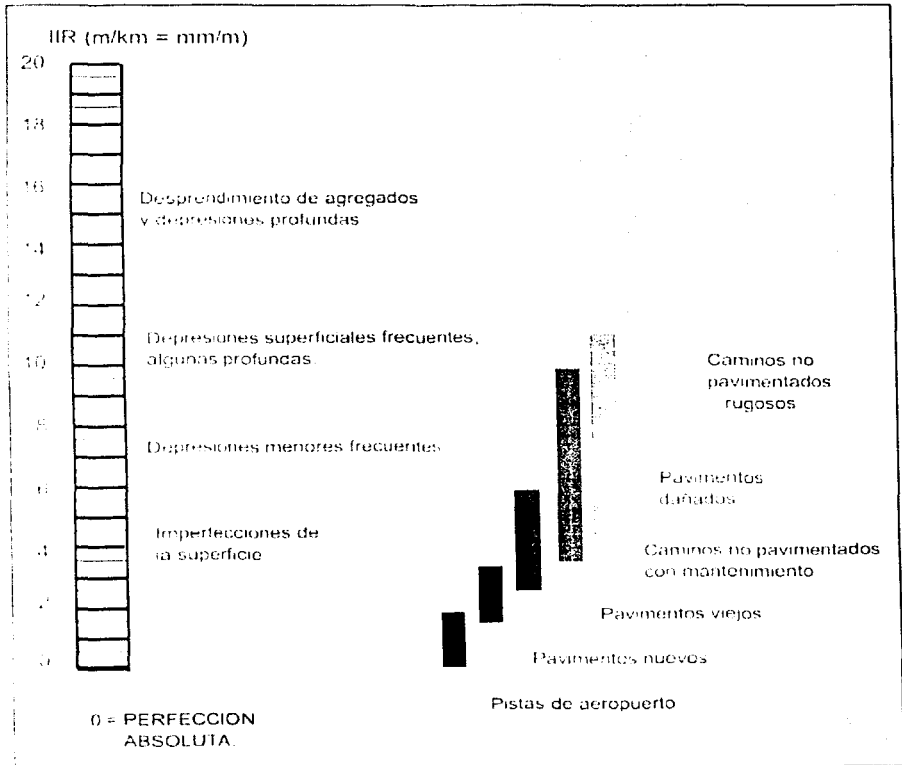


FIG. III.1 ESCALA DEL INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD.

Los aparatos que miden la rugosidad se pueden clasificar en tres grupos:

1. Aparatos que miden el perfil del camino.

El perfil es medido en campo y evaluado a través de una computadora. Las medidas del perfil deben ser continuas o poco espaciadas para que sean representativas. La ASTM especifica una distancia máxima de 1 pie. Entre estos aparatos podemos mencionar los siguientes:

Face Dipstick.- Consiste en un acelerómetro montado en un marco y una microcomputadora, la cual registra los datos y calcula los datos estadísticos de la rugosidad. El acelerómetro mide la pendiente del marco.

Perfilómetro TRRL.- Su funcionamiento está basado en cuatro láseres montados en un vehículo que miden la distancia entre ellos y la superficie de rodamiento, además cuenta con un medidor de distancia horizontal. Su mayor ventaja es que opera a velocidades normales.

Perfilómetros de Inercia.- Lo diferente de estos aparatos es que cuentan con un aparato de referencia inercial para compensar los movimientos verticales del cuerpo del vehículo, el cual puede ser un acelerómetro mecánico o electrónico. Se mide la aceleración vertical y al integrarla doble vez se obtiene el movimiento vertical del vehículo o distancia, la cual se suma a la medición de distancias para obtener el perfil del pavimento.

Dentro de este tipo de aparatos están: el perfilómetro de la superficie dinámica (SPD), el perfilómetro de la FHWA, el perfilómetro APL y el aparato de bajo costo.

2. Aparatos que miden la respuesta del vehículo a la rugosidad del camino.

Hay dos tipos de aparatos: aquellos que miden el desplazamiento entre el cuerpo del vehículo y su eje, y aquellos que miden la respuesta del cuerpo o eje del vehículo.

Estos aparatos son conocidos por las siglas RTRRMS y debido a su bajo costo, en comparación con los demás, su facilidad de uso y alta velocidad de operación (80km/hr), se han convertido en los más utilizados en los Estados Unidos.

- **RTRRMS Mecánicos.**- El más reciente es el desarrollado por la Bureau of Public Road, llamado rugometro BPR; pero el más utilizado es el Mays que consiste en una barra conectada al eje y a un transmisor montado en el vehículo. La cantidad de movimiento es medida por el transmisor y la señal es enviada a un aparato que las almacena, actualmente una computadora. Además por medio de un odómetro se mide la distancia horizontal recorrida.

Estos aparatos pueden ser montados en un tipo estándar de automóvil, ya que estos aparatos son muy sensibles al tipo de llanta, presión de inflado, carga, sistema de suspensión y velocidad; cuando alguno de ellos es muy variable se debe calibrar el aparato.

- **RTRRMS Basados en Acelerómetros.**- Estos aparatos usan un acelerómetro como principal sensor de movimiento con el fin de reducir la influencia de las características del vehículo en uso. El acelerómetro puede ser montado tanto en el cuerpo del vehículo como en el eje.

3. Perfilógrafos.

Consiste en un arreglo de ruedas bogie al frente y atrás de la estructura o marco, una rueda registradora en medio y un captador del movimiento de la rueda central en la parte superior. Esta rueda central es libre de movimiento vertical.

Así, los equipos pueden medir el perfil o la respuesta del vehículo. En el primer caso se debe aplicar un método para poder representar los datos estadísticamente, de tal manera que se manifieste la rugosidad de la superficie. En el segundo caso se necesita un método para correlacionar la medición de la respuesta a una escala común, esto se hace por medio de la calibración de aparatos. Para calibrar lo primero que se debe realizar es una evaluación estadística de la rugosidad y después encontrar la manera en

la que estas estadísticas pueden usarse para calibrar los sistemas de respuesta de los diferentes aparatos.

La evaluación estadística se puede llevar a cabo por medio de tres técnicas: simulación matemática de cuarto de carro (es un neumático con las características dinámicas de la suspensión y masa amortiguada de un carro típico, simulando el viaje a una velocidad de 80 km/hr), raíz cuadrada de la media de la aceleración vertical y la medición de la varianza de la pendiente. Existen otros como la Aceleración Vertical Absoluta Promedio (MAVA) y EL Índice del Perfil (IP).

A través del primer método es por medio del cual se referencia el IIR, el cual queda definido como la pendiente promedio rectificadas (PPR), la cual es una relación de la suspensión acumulada entre la distancia viajada y que se obtiene del modelo matemático del cuarto de carro.

Otros índices de rugosidad se obtienen a través de los otros dos métodos de relación estadísticas. A fin de comparar resultados se han desarrollado relaciones entre el IIR y otras escalas que se usaban comúnmente para medir la rugosidad.

Todos los aparatos para medir la rugosidad son muy caros por lo que se han establecido tablas que relacionan el IIR con las principales escalas de rugosidad en algunos países.

En México existe un método simple y accesible, el cual consiste en medir por medio de una regla (de 2 o 3 m de longitud) la desviación máxima bajo ésta en mm, esto en el sentido longitudinal y sobre las rodadas a distancias apropiadas. Con los datos obtenidos calcular la frecuencia acumulada y sustituir el valor del 95 percentil resultante (aquél que es igual al 95% de las observaciones e inferior al 5%) en la fórmula correspondiente siguiente:

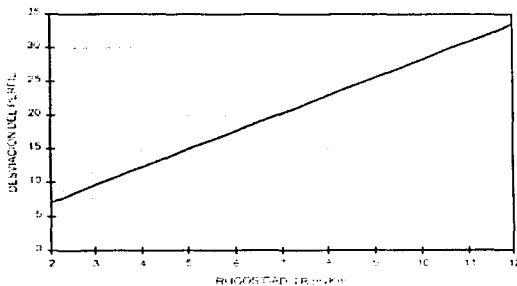
$$\text{Para regla de 3m: } \text{IIR(m/km)} = 0.35 \text{ DMR}_3 \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\text{Para regla de 2m: } \text{IIR(m/km)} = 0.437 \text{ DMR}_3 \dots\dots\dots(3.7)$$

donde: DMR = 95 percentil de las desviaciones máximas bajo la regla.

El cálculo anterior del IIR está graficado y como se puede ver en la figura III.2 solamente lo que se requiere es el valor de la desviación máxima.

REGLA DE 2 METROS DE LONGITUD



REGLA DE 3 METROS DE LONGITUD

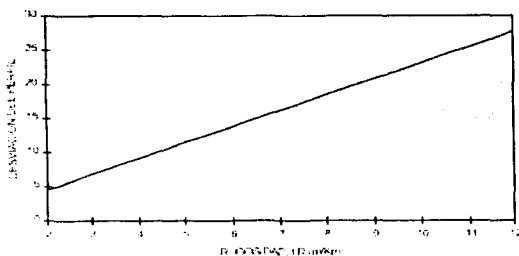


FIG. III.2 EQUIVALENCIAS ENTRE LA ESCALA DEL IIR Y DESVIACIONES CON RESPECTO A REGLAS DE 2 Y 3 M DE LONGITUD. (Las desviaciones del perfil corresponden al valor del 95 percentil de las mediciones bajo la regla correspondiente).

El Banco Mundial a su vez recomienda un método subjetivo para calcular el IIR, para casos en los que no es posible disponer de equipo tan sofisticado y en casos en donde es suficiente una aproximación del valor del IIR.

Este método está basado en la estimación subjetiva de tres parámetros: velocidad normal, confort y daños en la superficie. En base a estos parámetros se les asigna un valor en la escala establecida por la OECD, la cual va de 1 a 5, de muy buenos a muy malos respectivamente y que posteriormente se relacionan con la escala del IIR para obtener su valor.

Solamente en base a la velocidad y el confort se establece una fórmula en la que se obtiene el parámetro de la OECD (U):

$$U = \frac{2 \cdot C + V}{3} \dots \dots \dots (3.8) 1$$

donde:

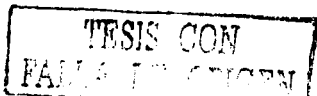
C = Parámetro de confort (1<C<5).

V = Parámetro de velocidad (1<v<5)

C y V están definidos en base a la siguiente escala:

TABLA III.1 VALORES PARA LOS PARAMETROS DE CONFORT Y VELOCIDAD.

Calif:	V	C
1	> 120 km/hr	excelente
2	100-120 km/hr	bueno
3	70-90 km/hr	regular
4	50-50 km/hr	malo
5	< 50 km/hr	no existe



III.2.3. EVALUACION DE DETERIOROS O FALLAS.

En el capítulo anterior ya se describió parte de esta evaluación, por lo que aquí se tratará lo referente a los métodos utilizados para hacer el levantamiento de deterioros y el índice que se puede obtener.

Existen dos maneras de hacer la evaluación: la primera es caminando a lo largo del camino (método manual) y la segunda es hacerla por medio de un vehículo (método semiautomático o automático). El método manual provee datos más exactos pero es más tardada para evaluar el total del camino en una red.

En cuanto a la segunda manera de realizar la evaluación la manera semiautomática consiste en instalar en un vehículo una cámara fotográfica (como los sistemas GERPHO Y PASCO) y la manera automática consiste en instalar en el vehículo una video cámara (como el Analizador Automático), en ambos se capturan imágenes de la superficie del camino para analizarlas y evaluarlas en la oficina. Otros dispositivos utilizan equipo laser para medir profundidades y anchos de grietas, profundidad de roderas y el perfil longitudinal

El sistema PASCO además tiene dispositivos para medir la rugosidad y el Analizador Automático registra también profundidad de roderas, perfil transversal y rugosidad.

Con el segundo método de levantamiento de deterioros se puede reevaluar la sección las veces que se requiera, se ahorra tiempo y se evita el peligro de andar en el camino, aunque por otro lado también es menos exacto.

En un experimento se utilizaron los dos métodos en la evaluación de un camino, usando el sistema PASCO, los resultados mostraron diferencias considerables, lo cual se atribuyó a las limitantes de cada uno de los métodos. El sistema semiautomático depende de la resolución de la película, por lo que algunos deterioros no son perceptibles como algunas grietas, por otro lado no se tiene percepción de profundidad de deterioros y por último puede haber problemas con el contraste de la película lo cual provoque que se tengan dificultades en la identificación de fallas como llorado de asfalto

o disgregación de la superficie. El sistema manual tiene como limitante principal que aquí es más probable un error humano por las condiciones en las que se realiza el levantamiento, pero disminuye la posibilidad de error conforme más experiencia tenga el valuador y más este acostumbrado a ese ambiente.

Se ha implementado un índice subjetivo de deterioros, en el que a un pavimento perfecto se le asigna un valor de 100. En base a curvas se obtiene el valor a restar del valor de 100, esto en base a la severidad y extensión del deterioro.

En la figura III.3 se observa un ejemplo de curvas de valores a restar para agrietamiento piel de cocodrilo, en dicha figura las abscisas corresponden a la extensión del daño, además se tienen tres curvas para distintos niveles de severidad del daño (esta puede ser alta, media o baja); las ordenadas son los valores que se van a restar para cada deterioro. Una vez que se tienen los valores de todos los deterioros estos se suman y ese número conocido como (TDV) va a servir para entrar a las gráficas de la figura III.4 y obtener el valor a restar corregido (CDV). En la figura III.4 se puede ver que se tienen varias curvas las cuales corresponden a diferentes números de deterioros que se tomaron en cuenta para la obtención del CDV. Finalmente el CDV es el valor que se le va a restar al valor de perfección de un pavimento 100, obteniéndose así el Índice de Condición del Pavimento (ICP), cuya escala se refiere al siguiente estado del pavimento: 0-10 Intransitable, 10-25 Muy Malo, 25-40 Malo, 40-55 Regular, 55-70 Bueno, 70-85 Muy Bueno, 85-100 Excelente.

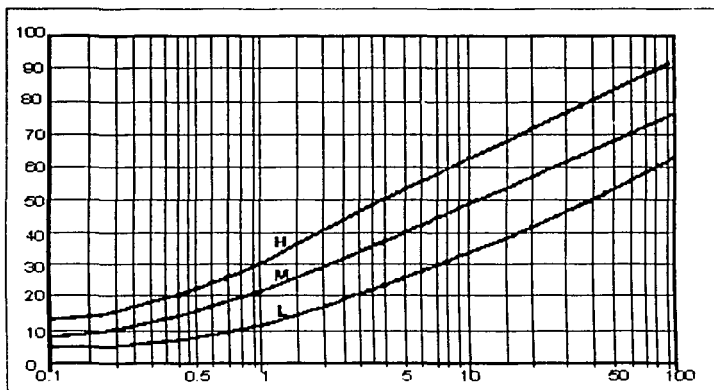


FIG. III.3 EJEMPLO DE CURVA DE VALORES A RESTAR PARA GRIETA PIEL DE COCODRILO.

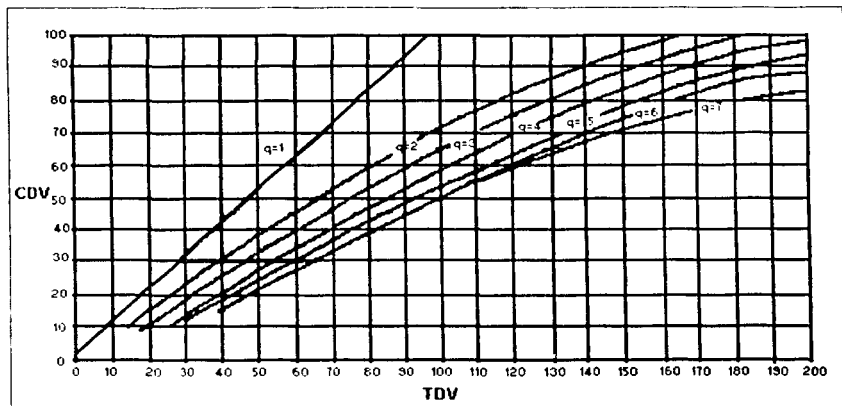


FIG. III.4 CURVA PARA CORREGIR VALORES A RESTAR

III.2.4 EVALUACION DE LA SEGURIDAD.

Existen varios parámetros relacionados con la seguridad como son: la resistencia al deslizamiento, roderas (relacionadas con la presencia de agua y por consiguiente el problema de acuaplaneo), reflectividad de luz en la carpeta, líneas de demarcación y presencia de objetos extraños en la carpeta.

De los factores anteriores el primero es el más común y más importante por lo que generalmente se restringe la evaluación de seguridad a la evaluación de la resistencia al deslizamiento.

La resistencia al deslizamiento se mide a través del término denominado número de deslizamiento (ND), definido como:

$$ND = 100 \mu \dots\dots\dots(3.9)$$

donde: μ = coeficiente de fricción; $\mu = \frac{F}{L} \dots\dots\dots(3.10)$

donde:

F= fuerza de reacción aplicada a la llanta.

L = carga dinámica vertical.

Existen varios métodos para medir μ , el método más sencillo es el manejar un automóvil y al alcanzar la velocidad deseada se frena, bloqueando totalmente las cuatro ruedas, después se mide la distancia que se deslizó el carro hasta parar totalmente, así:

$$\mu = \frac{V^2}{2gS} \dots\dots\dots(3.11)$$

donde:

V = Velocidad antes de frenar.

g = Aceleración de la gravedad.

S = Distancia de frenado.

La implementación de este método es peligroso, especialmente para velocidades altas, el riesgo disminuye si se bloquean solamente llantas diagonales en lugar de las cuatro; sin embargo los resultados son cuestionables.

Otros métodos a utilizar son el desarrollado por la ASTM llamado E274, el Aparato de Péndulo y más recientemente la Máquina SCRIM. El primero es el más usado y consiste en un remolque con bloque o freno en las llantas, una vez que se tienen bloqueadas las llantas se le aplica una fuerza al remolque para deslizarlo y se mide esa fuerza después de haber recorrido cierta distancia y así con la fuerza se calcula el SN o ND.

También se puede obtener una aproximación de la resistencia al deslizamiento por medio de la textura del pavimento. Se usan estereofotografías a color para analizar la textura y en base a un código de textura numérico se le asigna un valor, dichos códigos se correlacionaron con pruebas usando métodos del ASTM usando remolque, así con el código de textura se obtiene el SN. Este método es muy tardado por lo que no ha sido aplicado del todo, pero es un buen inicio para correlacionar la textura y la resistencia al deslizamiento.

III.2.5 EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL.

La necesidad de una evaluación estructural puede ser indicada por otros tipos de evaluación como la de deterioros o fallas, además a través de esta evaluación debe ser posible predecir la vida de servicio del pavimento para las repeticiones de carga esperadas.

La evaluación se puede llevar a cabo a través de dos tipos de pruebas: pruebas destructivas y pruebas no destructivas.

III.2.5.1 PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.

Estas pruebas no dañan la estructura del pavimento, están relacionadas específicamente con la medición de deflexiones y los aparatos que se utilizan para su medición se pueden clasificar en cuatro categorías:

1. Aparatos Estáticos.

Este tipo de aparatos miden la respuesta del pavimento a una carga estática o a una aplicación simple de una carga en movimiento lento. Entre los primeros están: la Placa de Prueba y el Medidor de Curvatura. Los que miden la deflexión debajo de llantas cargadas en movimiento lento son: la Viga Benkelman, la Viga Benkelman Automática y el Curvimetro

Los tres últimos son más usados, ya que los otros son muy laboriosos y se pierde mucho tiempo. En México el que se conoce más es la Viga Benkelman, la cual consiste en dos vigas, una llamada viga de prueba y la otra viga de soporte, las cuales están unidas por un pivote, la de prueba esta colocada entre las llantas duales de un camión cargado a 8.2 ton y a medida que se mueve provoca movimiento vertical que origina la medición de la deflexión por medio de un micrómetro colocado en el otro extremo.

El equipo es versátil y fácil de usar, sin embargo es muy tardado, ya que opera a velocidades muy pequeñas y las lecturas que se logran son de 200 a 300 por jornada diaria, además en pavimentos rígidos los soportes de las vigas quedan dentro del área de deflexión lo que provoca medidas incorrectas.

La Viga Benkelman Automática trabaja con el mismo principio que la Viga Benkelman, pero elimina la desventaja de la lentitud ya que la deflexión máxima es registrada automáticamente de punto de prueba a punto de prueba. El número de mediciones que se pueden lograr con este aparato son 500/jornada.

El Deflectómetro La Croix es uno de estos tipos de aparatos, el vehículo se mueve a una velocidad constante de 3 km/hr durante la prueba, la unidad produce una gráfica y los resultados se graban en una cinta magnética para su análisis en computadora.

2. Aparatos Vibratorios.

Estos aparatos miden la respuesta del pavimento a una carga vibratoria o cíclica. Entre estos están: el Dynaflect y el Road Rater. El más conocido y usado en México es el Dynaflect.

El Dynaflect es un aparato electromecánico que consiste en un generador de fuerza dinámica y cinco geófonos colocados en un remolque de dos llantas. Por medio de un control remoto se puede controlar desde el vehículo remolcador. La carga oscilatoria es de 1,000 lb de pico a pico y se aplica a una frecuencia de 8 ciclos por segundo, dicha carga se distribuye entre dos llantas de acero cubiertas con hule y los geófonos registran las deflexiones por medio de un aparato colocado en el vehículo remolcador.

En el Road Rater lo que cambia es que es posible variar la magnitud de la carga oscilatoria y su frecuencia.

3. Aparatos de Impulso.

Se deja caer una carga de masa conocida a una placa desde una distancia especificada y se mide la respuesta del pavimento por medio de estos aparatos. Se puede variar la

fuerza de aplicación de la carga cambiando la magnitud de la masa o variando la altura de caída de la masa. Estos aparatos están referidos como deflectómetros de caída de carga, Falling Weight Deflectometer (FWD). Entre estos están: el Dynatest FWD, el KUAB FWD y el Phonix FWD.

El Dynatest utiliza geófonos para registrar las deflexiones, que junto con la masa y la placa se encuentran montados en un remolque y se cuenta además con un microprocesador para recibir las lecturas y analizarlas. Las cargas que se pueden llegar a generar con este aparato van de las 1,500 a las 27,000 lb.

El KUAB utiliza sismógrafos para medir las deflexiones, el impacto es producido por un sistema de dos masas y la placa esta segmentada para tener un mejor contacto con el pavimento, por lo anterior se obtienen mejores resultados con este aparato. Las cargas que se logran generar van de 2,700 a 33,700 lb, la placa a través de la cual es transmitida la carga tiene un diámetro de 300 mm (11.8 plg). Este aparato ya es usado actualmente en nuestro país.

El Phonix cuenta con un sistema de masa, de tres a seis geófonos, una microcomputadora, un control de software y sensores. Impulsa cargas de 2,300 a 23,000 lb.

4. Aparatos Multimodales.- En esta categoría se encuentra el FHWA "THUMPER".

Este aparato fue diseñado por la FHWA y combina varias habilidades de otros aparatos, más sin embargo todavía no es un aparato comercial.

Los factores que más influyen en las deflexiones son: la magnitud y duración de la carga, temperatura y humedad y por último la condición del pavimento (deterioros). Estos factores deben considerarse cuidadosamente cuando se vayan a llevar a cabo las mediciones de las deflexiones para que den valores representativos.

Para obtener una adecuada medición de deflexiones se recomienda que el aparato a utilizar aplique una carga similar a la carga actual de diseño (900 lb por eje), pero desafortunadamente pocos aparatos de los comerciales actualmente la pueden aplicar y

aún son menos los que además pueden simular su duración y frecuencia. Así pues, de los aparatos descritos los de impulso son los mejores que reproducen dichas condiciones.

Existen varias aproximaciones analíticas para evaluar la capacidad estructural, las cuales se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- Comparación de la "deflexión característica medida" con la "deflexión permitida", esta última se establece según la experiencia que se ha tenido.
- Comparación del comportamiento medido (deflexiones) con el comportamiento calculado, generalmente determinado a través de un análisis elástico de las capas en términos de las deflexiones.
- Usar un método de diseño para estimar la vida de diseño restante o la capacidad de carga con el comportamiento medido.
- Usar las deflexiones medidas y los datos de los espesores de capas para determinar las propiedades de los materiales que conforman las capas.
- Combinar los resultados del punto anterior con resultados de pruebas de laboratorio a los materiales.

Con la medición de las deflexiones, con lo cual se puede diseñar el espesor de sobrecarpetas, también se puede calcular el módulo elástico de las capas del pavimento.

III.2.5.2 PRUEBAS DESTRUCTIVAS. Las pruebas no destructivas evalúan el pavimento como una unidad, sin embargo la falla de un pavimento se puede deber a la poca funcionalidad de una de sus capas y aunque la condición de un pavimento puede ser determinada por evaluaciones en su superficie, algunas veces es necesario remover porciones del pavimento para poder determinar en donde está ocurriendo el problema y que lo está originando.

Así, las muestras se pueden obtener a través de pozos a cielo abierto, trincheras, y extracción de corazones, con las cuales se puede conocer el espesor del pavimento y con la elaboración de pruebas apropiadas se pueden conocer las características de los materiales.

Por el gran costo de este tipo de evaluación es necesario poner mucha atención en la selección de tramos que realmente la requieren para establecer el trabajo de rehabilitación. El número mínimo de sondeos a realizar es un pozo y cala cada tramo de 500 m en estudio, es decir, un sondeo cada 250 m, haciéndose por lo menos dos sondeos en cada sección transversal al eje de la carretera. Generalmente el sitio donde se llevará a cabo el sondeo se elige en base a las condiciones del terreno y deterioros de la superficie, de manera que se debe procurar que estén situados en un área de las más críticas y que estén repartidos en diferentes tipos de terreno, por ejemplo en corte, terraplén y zona plana, además se debe poner atención a ubicarlos en zonas que estén lo más alejadas posible de curvas verticales y horizontales, con el fin de facilitar el trabajo y disminuir la posibilidad de accidentes, para lo cual también es muy importante que en el momento de la realización de los sondeos se cuente con el señalamiento apropiado.

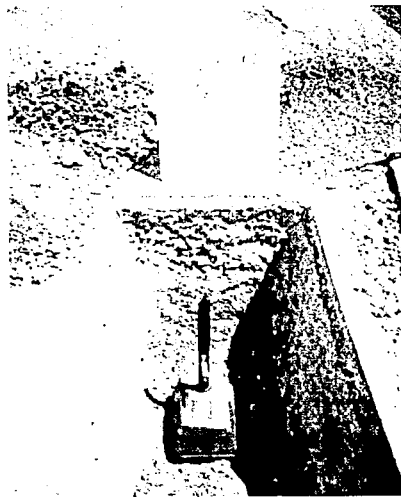
Los tipos de sondeos que se hacen con más frecuencia son los pozos a cielo abierto (PCA), para los cuales se requiere que tengan la amplitud adecuada para poder maniobrar bien (aproximadamente de 1 metro de ancho por 1 de largo) y ofrezcan seguridad durante el trabajo, las paredes deben ser sensiblemente verticales y la profundidad igual al espesor de las capas del material que se va a muestrear. Con este tipo de sondeo se pueden examinar directamente las capas del pavimento en su estado natural y obtener muestras alteradas o inalteradas, aunque es difícil obtener muestras inalteradas debido a los espesores de las capas por lo que casi siempre se obtienen muestras alteradas. El peso mínimo de la muestra alterada debe ser de 40 kg. Junto con estos sondeos se pueden ir realizando simultáneamente las pruebas de compactación en cada una de las capas.

Las pruebas destructivas son importantes aunque sea un número limitado de ellas las que se lleven a cabo, ya que con sus resultados se verifican o modifican los obtenidos con las pruebas no destructivas y se comparan con los datos de la información histórica del pavimento, tales como espesores y tipo de material.

Esta parte de evaluación de capacidad estructural está muy relacionada con la capacidad de los materiales, la cual se describe en el siguiente inciso

El penetrómetro dinámico puede dar indicadores valiosos acerca del estado de capas bajas.

FIG. III.5 POZO A CIELO ABIERTO, DETERMINACIÓN DE LA COMPACTACION MEDIANTE DENSIMETRO NUCLEAR.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.6 EVALUACION DEL DRENAJE.

Como se vio en el capítulo II la presencia de agua en el pavimento provoca gran cantidad de deterioros, por lo que es importante el determinar cuando el deterioro se debe a la presencia de agua y cuando no, para así poder mejorar ese tipo de obras. Sin embargo, el que no haya deterioros que se relacionen con presencia de agua no quiere decir que éste problema no exista, lo cual se determina cuando se hace una evaluación visual de las obras de drenaje.

Así, para poder implementar medidas de rehabilitación que reparen y prevengan deterioros relacionados con la presencia de agua se debe entender el mecanismo por medio del cual el agua causa o acelera los deterioros.

El primer paso en la evaluación del drenaje es la examinación de los registros de la construcción del pavimento, para buscar datos relacionados con el drenaje tales como pendientes longitudinales y transversales, anchos y espesores de las capas del pavimento, pendientes y dimensiones de las obras de drenaje y subdrenaje.

El siguiente paso es la revisión de un mapa topográfico para determinar las características que influyen en el movimiento superficial y subterráneo del agua en el área, puede ser que se haya construido muy cerca de algunos lagos o áreas que sobrepasan el nivel del pavimento en algunas épocas. Además también se deben analizar mapas de suelos del área.

El estudio también incluye una evaluación en campo, preferiblemente en épocas de lluvia, teniendo como guía el contestar las siguientes preguntas durante el recorrido:

Dónde y cómo se mueve el agua en la superficie del pavimento, donde se colecta el agua, cual es el nivel del agua en las zanjas, verificar si las juntas y grietas contienen agua, verificar si el agua se estanca en los hombros, verificar si existe afloramiento de vegetación a lo largo de los lados del camino, evidencias de presencia del fenómeno de bombeo, presencia de sedimentos en las entradas de las obras de drenaje.

No existe un índice para determinar la condición de las obras de drenaje, el SIMAP establece solamente que se utilice el número 1 cuando se observe limpio o en condiciones aceptables, el 2 cuando se detecte azolvado y el número tres para cuando se detecte deteriorada o inservible

Por su parte el AASHTO establece el siguiente rango de calidad de drenaje:

TABLA III.2 CALIDAD DE DRENAJE (METODO AASHTO)

Calidad del Drenaje:	Agua Removida en:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy Malo	(el agua no se drena)

Por otra parte también se debe verificar si las obras de drenaje que se proyectaron en el diseño original están actualmente construidas

Las propiedades de los materiales también se deben investigar, las propiedades a investigar dependen del tipo de deterioros que existen y en cual de las capas se presentan. Su muestreo puede coordinarse con la evaluación de los materiales llevada a cabo en la evaluación de la capacidad estructural

El proyecto del drenaje se divide en estudio de agua superficial y agua subterránea:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGUA SUPERFICIAL

Consiste en el estudio de las aguas que llegan a la vía y la afectan superficialmente, no importando que hayan caído o no dentro de la vía. Para este estudio se deben revisar todas las obras de drenaje menor, considerando estas como las que tienen un claro menor de 6.0 m, tales como las alcantarillas (losa o tubo), además de las obras mayores, que son las que tienen un claro mayor a 6 m y que son conocidos como puentes, para ambas obras se debe determinar su ubicación, características geométricas, porcentaje de azolvamiento, estado físico y su comportamiento hidráulico, así como indicar si su ubicación es la adecuada, y mejoras que requieren para tener un buen funcionamiento.

El estudio de agua superficial a su vez se divide en estudio Hidrológico y estudio Hidráulico.

Estudio Hidrológico Consiste en el cálculo del gasto aportado por las cuencas de la zona a los escurrimientos que atraviesan el camino por cualquiera de los métodos empíricos, para cuencas con un área mayor a 4 Km² se utiliza el *Método de Ven Te Chow* y para cuencas con un área menor a 4 Km² el *Método Racional*. A continuación se describen ambos métodos:

Ven Te Chow

El método de Ven Te Chow calcula el gasto en base a la siguiente expresión:

$$Q = 2.78AXZ$$

donde

Q es el gasto de la cuenca, en (m³/seg)

A es el área de la cuenca, en Km²

X es el factor de escurrimiento, en cm/hr, está dado por:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

d es la duración total de la tormenta, en horas.

P_e es la lluvia en exceso en la zona en estudio para una duración d , en cm; está dado por:

$$P_e = \left[\frac{\left(P - \frac{508}{N} + 5.08 \right)^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32} \right] \text{ donde:}$$

N es el número de escurrimiento, el cual está en función del uso del suelo y de las características de éste, (adimensional).

P es la lluvia en la zona en estudio para la duración d , en cm; está dado por:

$$P = d \times i, \quad \text{donde:}$$

i es la intensidad, en cm/hr

Z es el factor de reducción de pico, es adimensional y está en función de la relación $\frac{d}{t_p}$

donde t_p es el tiempo de retraso, en horas; está dado por:

$$t_p = 0.00505 \times \left[\left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.64} \right] \text{ donde:}$$

L es la longitud del cauce principal, en m.

S es la pendiente media del cauce, en %.

Así para $\frac{d}{t_p} \geq 2$ $Z=1$

Para $0.6 \leq \frac{d}{t_p} < 2$, $Z = 0.6315 \times \left(\frac{d}{t_p} \right)^{0.6632}$

Para $\frac{d}{t_p} < 0.6$, $Z = 0.7401 \times \left(\frac{d}{t_p} \right)^{0.974}$

Así pues, el método de Ven Te Chow se realiza apoyándose en las cartas topográficas editadas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI, para determinar las características fisiográficas de las cuencas de cada uno de los escurrimientos que cruzan el camino en estudio y en la información de campo obtenida para los escurrimientos cuyas cuencas de poca magnitud no pueden determinarse en dichas cartas topográficas; se debe indicar la delimitación de las cuencas de las principales corrientes del tramo; este método relaciona la precipitación y el escurrimiento, para su aplicación se requirió de la información de lluvia contenida en las Isoyetas de Intensidad - Duración - Frecuencia para la República Mexicana de la S.C.T., los planos que contienen esta información fueron elaborados con los datos de intensidad de lluvia obtenidos a partir del análisis de los registros pluviográficos de las estaciones localizadas en la zona en estudio y que son operadas principalmente por la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.).

El análisis estadístico de la información de lluvia para elaborar los planos de Isoyetas se efectuó utilizando diez distribuciones de probabilidad, eligiendo la más conveniente con la aplicación de la prueba de ajuste de mínimos cuadrados.

El método de Ven Te Chow utilizado considera las siguientes hipótesis :

- La duración de la precipitación coincide con el tiempo pico del escurrimiento o con el tiempo de retraso respectivamente.
- La intensidad de lluvia es constante y uniforme sobre toda la cuenca.
- Todas las porciones de la cuenca contribuyen a la magnitud del pico del escurrimiento.
- La capacidad de infiltración es constante en todo tiempo.
- Los antecedentes de humedad y almacenaje son despreciables.

Con base en los estudios hidrológicos para las corrientes principales cuyas características fisiográficas son bien determinadas, se determina el comportamiento hidrológico de las corrientes en el tramo estudiado y se obtiene el caudal que se genera en cada una de ellas, completando estos resultados con la información de campo de velocidad estimada y niveles máximos de agua.

Racional:

El método Racional calcula el gasto en base a la siguiente expresión:

$$Q_c = 0.278CiA$$

donde.

Q_c es el gasto de la cuenca, en (m³/seg)

A es el área de la cuenca, en Km²

C Coeficiente de escurrimiento, adimensional, esta dado en función del tipo y uso de suelo.

i es la intensidad, en mm/hr; obtenido de isoyetas.

El calculo al igual que el Ven TeChow se realiza para diversos periodos de retorno y se toma el mayor

Estudio Hidráulico.

El estudio hidráulico se basa en la aplicación de una de las tres ecuaciones fundamentales de la hidráulica, la Ecuación de Continuidad; la cual requiere para su empleo del conocimiento de las características geométricas de la obra de drenaje menor y la velocidad bajo la obra. La Ecuación de Continuidad esta definida por:

$$Q_o = A \cdot V$$

donde. Q_n es el gasto en la obra, en m^3/s

A es el área hidráulica, en m^2

V es la velocidad bajo la obra, en m/s

Para obtener los parámetros la Ecuación de Continuidad se utilizan los datos obtenidos del levantamiento topográfico de cada una de las obras de drenaje menor comprendidas dentro del tramo, así se obtiene el área hidráulica, y posteriormente se estima una velocidad bajo la obra de acuerdo al Manual de Socavación en Cauces Naturales de la D.G.S.T. de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, tomando en consideración los siguientes aspectos

- 1.- Tipo de arrastres existentes en cada obra
- 2.- Tipo y cantidad de azolvamiento
- 3.- Erosión al pie de las obras
- 4.- Rugosidad en el interior de las obras
- 5.- Pendiente longitudinal de la obra

Todos los anteriores aspectos se deben tomar en cuenta para poder estimar la velocidad en campo, y que junto al área hidráulica, nos sirven para obtener el caudal que pasa por cada una de las obras.

Una vez obtenido el gasto hidrológico (Q_n) o gasto de cada una de las cuencas y el gasto hidráulico (Q_n) o gasto de las obras, se comparan y si Q_n es mayor a la suma de los gastos hidráulicos de cada una de las obras de drenaje transversales que se encuentran en la zona de influencia de la cuenca en estudio, se tiene que éstas obras son insuficientes y se tienen que ampliar o construir más obras a lo largo del tramo carretero

Obras Complementarias de Drenaje

Se entiende por obras complementarias de drenaje aquellas que sirven para encauzar el agua superficial tales como el bombeo, guarniciones bordillos, lavaderos, bajadas, bermas, bordos, cunetas, contracunetas y canales interceptores, de todas obras debe

también llevarse a cabo un levantamiento, indicando las acciones que se requieren implementar para repararlas, además se deben recomendar sitios donde es necesaria la construcción de alguna de ellas.

AGUA SUBTERRANEA

Se entiende por aguas subterráneas aquellas que afectan la estructura del pavimento llegando a éste por infiltración, para saber cuando se presenta este problema se tiene que realizar un estudio de la superficie del pavimento, identificando si hay indicios tales como llorado de agua en la superficie o presencia de finos que son expulsados a través de las grietas de los pavimentos.

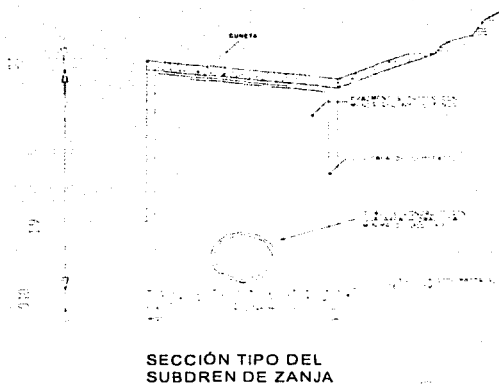
Si se reconoce que el pavimento tiene este tipo de problemas, es decir que exista agua en la estructura del pavimento ya sea por infiltración o por ascensión capilar, se deben tomar las medidas correctivas necesarias, generalmente se debe construir una capa que capte el agua que se infiltra y conducirla hacia los subdrenes, esta capa forma parte de la estructura del pavimento y lo que debe de cumplir es que sea permeable, además las capas que la rodean deben además de cumplir con la función estructural misma del pavimento hacer la función de capas filtro.

Los subdrenes tipo francés (Fig. III.6) son tubos de concreto de un diámetro de 0.15 metros y deben estar perforados en la media caña superior y el material de relleno de la zanja debe ser del tipo de filtro, material de filtro a base de gravas de tamaño máximo de dos pulgadas (2") cuya clasificación geológica no sea lutita, pizarra o esquisto, además los subdrenes deben contar con sus respectivos pozos de visita, generalmente colocados a cada 50.0 m

Actualmente se esta utilizando frecuentemente para el subdrenaje el sistema denominado "Rolodren", el consiste en un sistema tipo panel, conformado por una estructura polimérica de polietileno cubierta por un geotextil, su limitante es la baja capacidad de desalojo del agua, pero una innovación actual es el sistema "Multiflow", el cual combina el diseño de panel del rolodren con la estructura y capacidad de desalojo

del agua del tubo corrugado convencional e igualmente envuelto en un geotextil, otra de sus ventajas es que permite descargar más agua desde las partes más altas a las más bajas de sus conductos y viceversa.

FIG. III.6 PROYECTO TIPO DEL SUBDREN DE ZANJA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.7 EVALUACION DE MATERIALES.

III.2.7.1 MATERIALES DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO

Con el fin de conocer las características de los materiales que conforman las diferentes capas del pavimento, se realizan diversas pruebas a especímenes preparados siguiendo ciertos procedimientos estandarizados.

Las principales pruebas que se le hacen a los materiales son: granulometría, plasticidad, resistencia (VRS), expansión, equivalente de arena, densidad, afinidad con el asfalto, dureza y forma de la partícula. Además se les hacen pruebas de compactación y otras como la Porter, la Hveem y Triaxial entre otras.

Los parámetros de los materiales a determinar para la rehabilitación son los mismos que se requieren para el diseño de pavimentos nuevos. Principalmente hay que obtener el Valor Relativo de Soporte VRS de la base, sub-base, subrasante y terraplén, así como establecer si alguna de las capas está estabilizada, el tipo de suelo y ver si alguna capa o el terreno natural tienen algunos problemas de incrustaciones o presencia de suelos dañinos, tales como arcillas expansivas, colapsables, turbas, etc. En el laboratorio además hay que determinar la granulometría, densidad, y contenido de humedad de los materiales.

Las características anteriores se comparan con las establecidas por las normas de la SCT, aunque cabe hacer mención que recientemente se realizó una propuesta por parte de investigadores del IMT, en el cual establecen características de los materiales pero con cierto rango de holgura, ya que algunas veces los ingenieros se limitan mucho con las normas y en algunos casos, con una buena apreciación de los ingenieros, ciertos valores pueden estar fuera de la norma y aún así cumplir con un adecuado comportamiento. En las siguientes tablas se mencionan los valores propuestos en dicho estudio así como los valores de la Normas de la SCT a manera de comparación.

En los valores propuestos por investigadores del IMT se identifican tres calidades de materiales debido a que existe una gran gama de ellos: calidad deseable (óptima), calidad adecuada (intermedia) y calidad tolerable (mínima aconsejable)

Las principales funciones estructurales comunes a cada una de las capas que conforman el pavimento son las de recibir, resistir y atenuar las cargas que reciben de la capa inmediata superior, y a su vez transmitir y distribuir de la mejor manera las cargas a la capa inmediata inferior

Terracería.

Son materiales que provienen de la corteza terrestre, su finalidad es dar la altura necesaria al pavimento para satisfacer esencialmente el nivel de proyecto geométrico, principalmente en lo relativo a pendiente longitudinal. Los suelos se pueden utilizar solos, mezclados o estabilizados. En los suelos a utilizar anteriormente no se le daba mucha importancia a que fueran resistentes a los esfuerzos cortantes, ya que por ser la última capa los esfuerzos que llegaban a ella se suponían menores a su capacidad, pero actualmente se debe poner más atención a dicho aspecto debido al gran incremento que ha existido en el peso permitido y tamaño de vehículos. Por otra parte, la deformabilidad de los materiales es un aspecto importante a tomar en cuenta. En cuanto al espesor mínimo aconsejable, el IMT establece que este debe ser de 100 cm o mayor cuando el terreno de cimentación no tiene una calidad adecuada y puede ser menor de 100 cm cuando el suelo de cimentación tenga una calidad adecuada.

TABLA III.3 CALIDAD DE MATERIALES PARA TERRACERIAS.

CALIDAD.	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE	NORMAS
Granulometria (mm)	80% Mat. < 76 95% Mat < 200	90% Mat < 750	-----	
Tamaño Maximo (mm)	-----	1000 o 1" espesor del cuerpo	1500 o 1 1/2" espesor del cuerpo	2000
% Finos (Mat.<0.074mm)	30 Máx	40 Máx	40 Máx	
L.L. (%)	40 Máx	50 Máx	60 Máx	100 Máx.*
I.P. (%)	15 Máx	20 Máx	25 Máx	58 Máx.*
Compactación (%) A.S.	95 Min.	95 Min	90 Min.	90 Min.
V.R.S. (%)	10 Min	10 Min.	5 Min	10 Min
Expansion (%)	3 Máx	3 Máx.	3 Max	3 Max

L.L. Límite Líquido

I.P. Índice Plastico

A.S. AASHTO Estándar

Como se puede observar de la tabla anterior, las Normas del IMT son más flexibles en el parametro de calidad de resistencia ya que el mínimo lo establecen de 5% y la Normativa SCT de 10 %, pero por otra parte son más rígidas con las calidades de los límites de consistencia con lo cual se cubre de permitir el uso de materiales arcillosos de alta plasticidad. En este caso creo que el VRS no debe ser más flexible, ya que aunque una de las funciones de esta capa es dar la altura necesaria del pavimento, al momento de diseñar se toma en cuenta el VRS mínimo de todas las capas y obviamente mientras menor calidad tengan las capas inferiores, mayor el espesor requerido en las capas superiores lo cual incrementa de manera considerable los costos de las obras

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Subrasante.

Esta capa es de primordial importancia en la estabilidad de la terracería con las demás capas del pavimento, además con ella se evita que se contamine la sub-base con material fino que en ocasiones contiene la capa de terracería y que las imperfecciones en los cortes no se reflejen en la superficie de rodamiento. El espesor mínimo recomendable es de 40 cm en carreteras con tránsito moderado y llega hasta 50 cm en carreteras con alto tránsito donde la terracería es mala según el IMT, y de acuerdo a las Normas el espesor mínimo es de 30 cm.

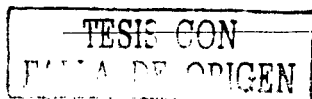
TABLA III.4 CALIDAD DE MATERIALES PARA SUBRASANTE.

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE	NORMAS
Granulometría Tamaño Máximo (mm)	76	76	76	76
% Finos (Mat < 0.074mm)	25 Max.	35 Max.	40 Max.	
L.L. (%)	30 Max.	40 Max.	50 Max.	100 Max.*
I.P. (%)	10 Max.	20 Max.	25 Max.	58 Max.*
Compactación (%) A.S.	100 Min	100 + 2	100 + 2	95 Min
V.R.S. (%)	30 Min	20 Min	15 Min	10 Min

* Estos valores tanto para terracerías como para subrasante abarcan todavía suelos de alta compresibilidad y arcillas, los cuales ya en campo está estrictamente prohibido usarlos, este es un aspecto en el que todavía no están actualizadas las normas de la SCT.

Además las Normas establecen una expansión de 3% como máximo.

En este caso los valores de las Normas del IMT son más rígidos que las de la SCT vigentes, lo cual contribuye a lograr mejor calidad en las obras y mayor durabilidad con menor inversión de conservación.



Sub-base.

Su función primordial es de carácter económico con ella se reduce el espesor de la base y por consiguiente se genera un ahorro en la utilización de material de muy buena calidad, aunque ese ahorro debe compararse con el incremento en la cantidad de material de sub-base a acarrear. También la sub-base sirve como capa drenante, desaloja el agua infiltrada por las capas superiores y evita la ascensión capilar del agua que viene de las capas inferiores. El espesor mínimo es de 15 cm

TABLA III.5 CALIDAD DE MATERIALES PARA SUB-BASE.

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	NORMAS
Granulometría Tamaño Máximo (mm)	51	51	51
% Finos (Mat.<0.074mm)	15 Max	25 Max.	25 Máx
L.L. (%)	25 Max	30 Max.	
I.P. (%)	6 Máx.	10 Max	
Compactación (%) A.M.	100 Min	100 Min	95 Min
Equiv. de Arena (%)	40 Min.	30 Min	20 Min
V.R.S. (%)	40 Min	30 Min	50 Min
Desgaste L.A. (%)	40 Máx.	-----	-----
Zona Granulométrica.	1-2	1-3	1-3

A.M. AASHTO Modificada

L.A. Los Angeles

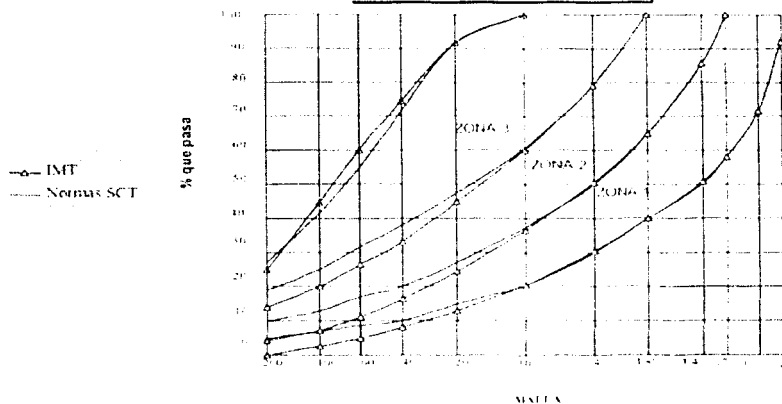
La Zona Granulométrica se refiere a las marcadas en la fig. III.6

Para lo referente a VRS las Normas propuestas por el IMT permiten materiales con calidad inferior a las exigidas por las Normas de la SCT lo cual va en un detrimento de la calidad de las obras, para la compactación y Equivalente de Arena son más flexibles las Normas de la SCT.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En cuanto a granulometria las Normas de la SCT permiten la utilizaci3n de materiales con mayor cantidad de finos que las propuestas por el IMT, las cuales aceptan materiales incluso sin material fino.

FIG. III.7 Granulometria para Sub-base



La Contracci3n Lineal esta determinada de acuerdo a la granulometria

Tabla III.6 Contracci3n Lineal

Zonas Granulom3tricas en que se clasifica el material	Contracci3n Lineal (%)
1	6
2	4.5
3	3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Base.

Esta capa cumple en mayor grado con las funciones estructurales comunes a todas las capas, mencionadas anteriormente. También cumple con la función de capa drenante y el aumento en el espesor de ésta provoca la disminución del espesor de la carpeta, lo cual se traduce en un ahorro económico. Su espesor mínimo es de 20 cm, de acuerdo con el INT.

Tabla III.7 "Calidad de materiales para bases"

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	NORMAS
Granulometría Tamaño Máximo	38	50	50
% Finos (Mat.<0.074mm)	10 Max.	15 Max.	18 Max.
L.L. (%)	25 Max.	30 Max.	30 Max.
I.P. (%)	6 Max.	6 Max.	
Compactación (%) A.M.	100 Min.	100 Min.	95 Min.
Equiv. de Arena (%)	50 Min.	40 Min.	30-50 Min*
V.R.S. (%)	100 Min.	80 Min.	80-100 Min*
Desgaste L.A. (%)	40 Max.	40 Max.	40 Máx.
Zona Granulométrica.	1-2	1-2	1-3

Tabla III.8 Contracción Lineal para bases.

Zonas Granulométricas en que se clasifica el material	Contracción Lineal (%)
1	4.5
2	3.5
3	2

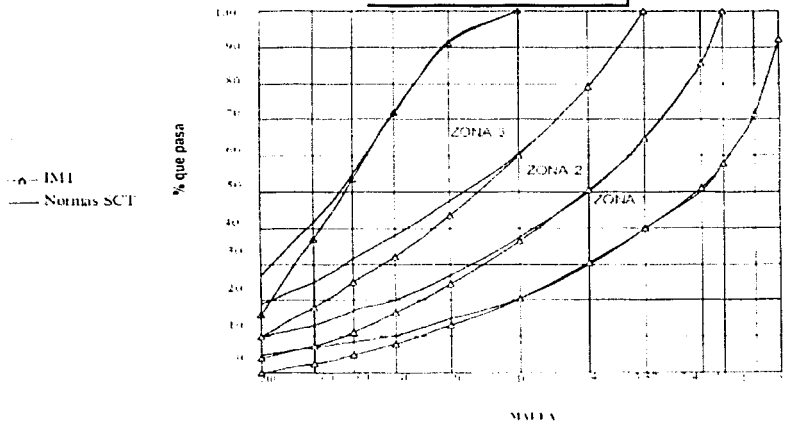
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

*Además para las bases existen en las Normas otros parámetros que varían de acuerdo a la intensidad de tránsito:

Tabla III.9

Intensidad de Tránsito	VRS estándar	Equivalente de Arena Tentativo	Índice de Durabilidad
Hasta 1,000 vehículos pesados al día	80 Min	30 Min	35 Min
Más de 1,000 vehículos pesados al día	100 Min	50 Min	40 Min

FIG. III.8 Granulometría para Base



En este caso las Normas propuestas por el IMI toman como aceptable el VRS de 80% para cualquier TDPA y las Normas lo limitan para TDPA menores a 1,000 vehículos, por otra parte las Normas del IMI restringen la granulometría a las zonas 1 y 2 y además permiten materiales con menor cantidad de finos por lo que las Normas de la SCT aceptan la zona granulométrica 3 permiten mayor cantidad de finos, por lo anterior las

primoras son más flexibles con la resistencia y más rígidas con la compactación y granulometría.

Carpeta Asfáltica.

Es una capa que se logra a través de una mezcla producto de la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico en uno pétreo. Una de sus funciones principales es la de proporcionar una superficie de rodamiento con las características apropiadas para permitir el eficiente tránsito de los vehículos; también debe ser impermeable para evitar la infiltración del agua al cuerpo del pavimento. Su espesor mínimo es de 7 cm.

Material Pétreo

A continuación se muestra la calidad de los materiales pétreos a utilizar en la carpeta asfáltica.

TABLA III.10 CALIDAD DE MATERIALES PETREOS PARA CARPETA ASFALTICA.

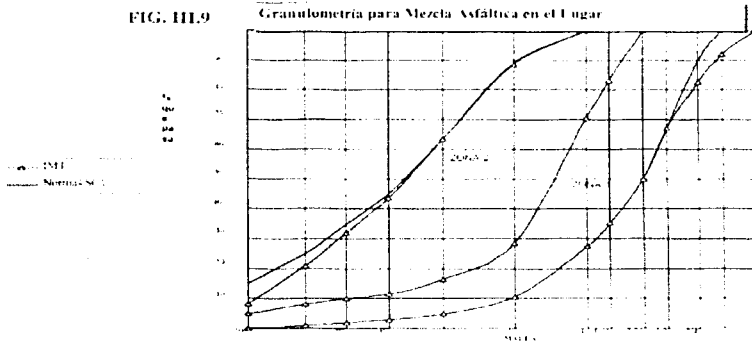
CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	NORMAS
Granulometría Tamaño Máximo (mm)	38	38	25 4
% Finos (Mat <0.074mm)	4 Máx.	8 Máx.	8 Máx.
Húmeda Natural W (%)	0	1 Máx	
I.P. (%)	0 Máx	5 Máx.	
Equiv. de Arena (%)	60 Min	55 Min.	55 Min.
Desgaste L.A. (%)	30 Máx.	40 Máx	40 Máx
% Partículas Alargadas.	25 Máx.	50 Máx.	35 Máx

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para las zonas granulométricas se tiene una gráfica para materiales pétreos que se empleen en mezclas asfálticas en el lugar (deben quedar dentro de las zonas 1 y 2) y una para materiales pétreos que se emplean en concretos asfálticos.

FIG. III.9

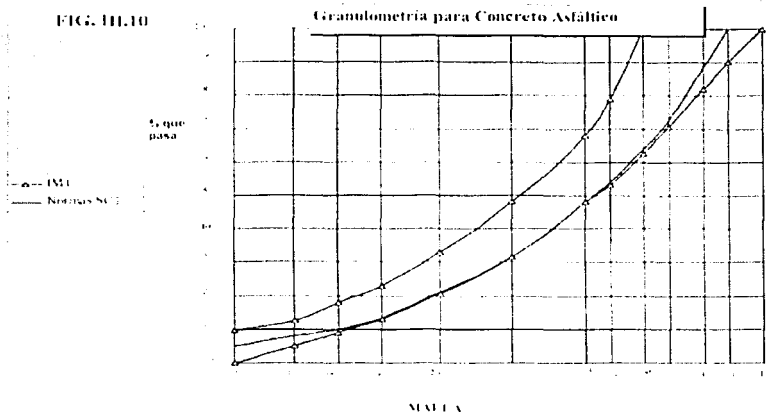
Granulometría para Mezcla Asfáltica en el Lugar



Para todos los materiales que se les indica curva granulométrica, éstos no deben presentar cambios bruscos de pendiente y deben adquirir una forma semejante a las de las curvas que la limitan

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG. III.10



Como se puede observar en la comparativa entre Normas propuestas por el IMT y la Normativa de la SCT la discrepancia radica en que las primeras aceptan mayor cantidad de partículas alargadas y mayor tamaño de agregado que las segundas, en cuanto a cantidad de finos en Mezcla Asfáltica las primeras restringen el % de finos a 8 Máx y las segundas hasta 15 Máx, en la carpeta asfáltica las primeras permiten materiales sin finos

A continuación se presentan las tolerancias para la granulometría en la tabla III.11 y las normas para la contracción en la tabla III.12, dichas normas no son consideradas por el Manual del IMT

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla III.11 "Tolerancias para la granulometría"

TAMAÑO DEL MATERIAL PETREO		TOLERANCIA, % EN PESO
Malla que pasa	Retenido en Malla	DEL MATERIAL PETREO
Correspondiente al tamaño máximo	4.76 mm (Núm. 4)	± 5
4.76 mm (Núm. 4)	2.00 mm (Núm. 10)	± 4
2.00 mm (Núm. 10)	0.420 mm (Núm. 40)	± 3
0.420 mm (Núm. 40)	0.074 mm (Núm. 200)	± 1
0.074 mm (Núm. 200)		± 1

Tabla III.12 "Normas para la contracción lineal"

Contracción Lineal	
Mezcla en el lugar	
Zona 1	3 % Max
Zona 2	2 % Max
Material petreo para concretos asfálticos	
	2 % Max

Material Asfáltico.

El asfalto es un material bituminoso, sólido o semisólido con propiedades aglutinantes y que se licúa gradualmente al calentarse.

Los materiales pueden ser de los dos tipos siguientes:

- a) Cementos Asfálticos - Son asfaltos obtenidos mediante el proceso de destilación del petróleo eliminando sustancias volátiles y parte de los aceites.
- b) Emulsiones Asfálticas - Son materiales líquidos estables, están formados por dos fases no miscibles, en las que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños globulos de asfalto. Pueden ser de rompimiento lento, medio o rápido.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Anteriormente tambien se utilizaban los asfaltos rebajados (FM), pero actualmente esta prohibido su uso por contener sustancias dañinas al medio ambiente.

Los materiales asfálticos se utilizan para aglutinar los materiales pétreos de carpetas o para estabilizar sub-bases o bases, así como para ligar o unir capas de terracería con la carpeta asfáltica.

El uso de cemento asfáltico es recomendado para carreteras con un tránsito diario promedio de mas de 1.000 vehiculos pesados en ambos sentidos, y la emulsión se recomienda para un tránsito diario promedio de menos de 1.000 vehiculos pesados.

El cemento asfáltico AC-20 utilizado para elaborar mezclas asfálticas debe cumplir con las normas siguientes:

Tabla III.13 "Propiedades para el Cemento Asfáltico"

CARACTERISTICAS	CEMENTO ASFALTICO AC-20
Penetración, 100 gr., 5 seg., 25 C., grados	80-100
Viscosidad Saybolt-Furol A 135 C., s., mínimo	85
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), C mínimo	232
Punto de Reblandecimiento, C	45-52
Ductilidad, 25 C. mínimo	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm ² , 5 h, 163 °C	
Penetración retenida, por ciento, mínimo	50
Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo	1.0

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla III.14 Normas de calidad para emulsiones asfálticas.

CARACTERISTICAS	GRADO			
	Rompimiento Rápido	Rompimiento Medio	Rompimiento Lento	
	N ^o . 5	N ^o . 6	N ^o . 7	N ^o . 8
Penetración, 100 gr., 5 seg., 25° C, grados	100-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol A 135° C, s. mínimo	60	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	220	232		
Punto de Reblandecimiento, °C	37-43	45-52		
Ductilidad, 25° C, mínimo	60	100		
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm ² , 5 h., 103° C				
Penetración referida, por ciento, mínimo	40	50	54	58
Perdida por calentamiento, por ciento, máximo	1.4	1.0	0.8	0.8

La tolerancia del contenido del material asfáltico con respecto al por ciento de proyecto en peso es de 5% para el cemento asfáltico y de 10 % para la emulsión y el contenido de agua libre permitido, el por ciento en peso de la mezcla asfáltica es de 1 % para el cemento asfáltico.

Los espesores compactos de las capas se determinaran de acuerdo al tamaño máximo de agregado como se muestra a continuación:

La compactación de la mezcla asfáltica debe hacerse al 95 % mínimo de su peso volumétrico máxima y tener un valor de permeabilidad menor del 10 %.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En algunas ocasiones se ha recomendado el uso de cierta cantidad de materiales finos con el fin de facilitar su compactación, más sin embargo, esta práctica debe siempre verse como indeseable y el procurar que los finos no sean activos o de naturaleza plástica no es garantía debido a las realidades de los materiales térreos y los procedimientos de control de construcción.

III.2.7.2 MATERIALES DE LAS FUENTES PROBABLES DE EXPLOTACION (BANCOS DE MATERIALES)

Una de las partes más importantes del proyecto de Reconstrucción de una carretera es la referente a la determinación de los bancos de materiales para las diferentes capas del pavimento, ya que si se le da la importancia que requiere se abaten costos y se simplifica el trabajo.

La detección de los bancos de materiales anteriormente se realizaba con simple inspección visual, pozos a cielo abierto y hasta posteadoras, pero actualmente el uso de tecnología como la empleada en los estudios geofísicos ha venido a simplificar el trabajo, ahorrando tiempo y esfuerzo.

A) Localización de Bancos de Material.

Para ubicar las zonas que pudiesen ser explotados como bancos de material no se requiere simplemente el localizar las zonas que tengan el volumen aprovechable suficiente y el material que cumpla con las normas de calidad establecidas, sino que también están implícitos otros factores, tales como que se debe garantizar que el banco seleccionado sea mejor entre todos los disponibles en la zona, que tenga una accesibilidad adecuada y que se pueda explotar con los métodos más eficientes y económicos, que sea el más cercano, ya que los acarreos implican un gran costo dentro del presupuesto del proyecto y por último los bancos elegidos deben tener el mínimo de problemas legales para su explotación.

Es de gran importancia el tipo de tratamientos que se le dará al material, ya que un deficiente tratamiento puede anular las buenas características que el material pudiese haber tenido en su estado natural y en contraparte un buen tratamiento puede mejorar las características de un material que en estado natural pudiese haber presentado deficiencias.

Para definir los sitios adecuados para extraer materiales que se van a utilizar en la reconstrucción de la estructura se deben consultar las cartas geológicas, dafológicas, de uso del suelo y topográfica, además se debe realizar un recorrido a las zonas que son susceptibles de explotar, cuando el proyecto lo amerite se puede realizar una búsqueda de bancos por fotointerpretación o por métodos de prospección física.

Por otra parte también se debe recabar información del libro de datos de bancos que es editado por la SCT y además de los bancos en explotación actual del lugar.

Se tiene que tomar en cuenta a la hora de hacer el análisis además de la calidad del material el aspecto económico y el volumen que se puede aprovechar.

En muchas ocasiones un mismo banco puede dar material bueno para varias capas que conforman la estructura del pavimento, esto se logra sometiendo su producto a diferentes tratamientos.

Los bancos de materiales para terracería son relativamente fácil de encontrar, pues para ese fin, como se vio en el capítulo III, sirven casi todos los materiales y aquí es más fácil de reducir las distancias de acarreos, las cuales generalmente no van más allá de 5 Km; los materiales para sub-base y base se obtienen de bancos más alejados, éstos suelen encontrarse en playones y en la márgenes de los ríos, en frentes y cantiles rocosos y en cerros altos de gran pendiente, las distancias de acareo llegan a ser de hasta 50 Km; indudablemente que los bancos más difíciles de encontrar son para carpeta, ya que debe ser una roca sana que se tritura.

B) Tipos de Bancos

Las tres principales fuentes de materiales son el préstamo lateral, la compensación longitudinal o transversal y el uso de bancos específicos, siempre y cuando el material sea de calidad adecuada, es decir, que esté dentro de normas de la SCT. En este caso nos enfocaremos primordialmente a los del tercer tipo, aunque en algunos casos estarán implícitos los dos primeros.

Aluviones. - Existen los depósitos de ríos que se les da el nombre genérico de aluviones, los cuales están formados por tipos de materiales muy variados y dependiendo de la velocidad de la corriente es el tamaño de los sedimentos que arrastra, generalmente los materiales como la grava y la arena se depositan en los cursos medios del cauce. En las desembocaduras de los ríos es el lugar donde se depositan los materiales más finos, del tipo de los limos y las arcillas, sin embargo, si el río tiene crecientes importantes relativamente poco espaciadas en el tiempo entonces es muy probable que se encuentren sedimentos más gruesos en las zonas más bajas, éstos son variables, no sólo en naturaleza mineralógica, sino también en tamaño y dependen de la zona de la corriente, de su régimen hidrológico y de las formaciones que se atraviesan.

Depósitos Eólicos - Son los depósitos formados por el arrastre de partículas por acción del viento, el depósito más típico es el loes, el cual suele estar en depósitos glaciares o en zonas desérticas. El predominio de limo es característico de los loes y por lo tanto estos materiales son buenos para material de terracería y no para subrasante. Otro depósito eólico es el médano de arena.

Los suelos residuales constituyen otra fuente de materiales para construcción, en general las rocas sedimentarias tienen un alto contenido de arcilla y las ígneas producen suelos arcillosos o arenosos, dependiendo de lo seco o húmedo que sea el ambiente de alteración, este tipo de suelos contienen partículas de todos los tamaños y pueden ser útiles para terracerías o capa subrasante.

Formaciones Rocosas. - Este tipo de materiales constituye la fuente principal, siempre y cuando su naturaleza no sea arcillosa. Estos materiales deben ser triturados totalmente y/o tratados especialmente para mejorar algunas de sus características. En este tipo de bancos debe tenerse cuidado en evitar las zonas alteradas o contaminadas en las fracturas con arcillas.

C) Exploración y Muestreo de Bancos.

El objetivo de explorar y muestrear los bancos de materiales es el obtener porciones representativas del material que constituye cada banco con el fin de determinar la factibilidad para que pueda ser utilizado en la construcción de alguna capa de la estructura del pavimento, éste se puede realizar en tres etapas:

1. **Recabación de Información.-** En esta etapa se debe conocer la naturaleza del depósito, determinando sus características geológicas y antecedente de exploraciones previas, para lo cual se debe consultar la opinión de un geólogo.
2. **Exploración Preliminar.-** En esta etapa se debe realizar una exploración para determinar la extensión, composición y posible presencia de agua subterránea. En la exploración preliminar se harán como mínimo dos sondeos en la zona probable de explotación en estudio o bien, cuando dicha zona presente frentes abiertos se harán dos canales o ranuras sobre el talud, si se trata de rocas, se hará cuando menos un sondeo ya sea en zonas probables de explotación o de bancos. Con los resultados de esta etapa se determina si se continua con el estudio o se concluye que el banco no cumple con los requisitos mínimos para ser explotado.
3. **Exploración Definitiva -** En esta etapa se realizan sondeos y pruebas de laboratorio, por medio de las cuales se determina a detalle las características del banco y en general propiedades de los estratos de roca o suelos. Se realizan sondeos a cada cincuenta metros aproximadamente, los cuales se distribuirán en forma de cuadrícula y dependiendo de la homogeneidad del material se deberá tomar la decisión de intercalar o no sondeos adicionales. Cuando sean áreas pequeñas se podrá reducir la distancia de los cincuenta metros como en el caso de materiales cementantes y materiales de mejoramiento. En el caso de tener frentes de explotación se realizarán canales a cada cincuenta metros o menos, de acuerdo a la amplitud del frente y la homogeneidad del material en estudio.

Los métodos de sondeo comúnmente empleados son el pozo a cielo abierto, la posteadora y los barrenos helicoidales, la diferencia entre el estudio preliminar y el definitivo radica en el número de sondeos.

En bancos con suelos no se debe excluir la realización de la exploración definitiva utilizando sondeos profundos con máquinas perforadoras, en cambio en bancos de roca en ocasiones se tiene que realizar solamente la exploración preliminar, ya que la exploración definitiva involucra la utilización de métodos rotatorios, lo cual resulta muy costoso y solo se acepta como adecuado cuando la importancia del proyecto lo amerite y cuando exista gran incertidumbre sobre las características del material.

Para la obtención de las muestras se sigue el siguiente procedimiento:

- Se elimina la capa vegetal o materia orgánica y se procede a realizar el pozo a cielo abierto o el canal según sea el caso, cada muestra tanto para el estudio preliminar como para el definitivo pesará como mínimo cincuenta kilogramos.
- Cuando el material sea homogéneo se tomará una muestra integral y en el caso que sea heterogéneo se tomará como mínimo una muestra de cada de los estratos y si se requiere se formaran muestras integrales que representen todos los estratos en la proporción que estimativamente representen en su estado natural.
- En afloramientos de roca se tomarán fragmentos de diferentes lugares del área expuesta y para definir su volumen y calidad del material se efectuaron sondeos a una profundidad necesaria, ya sea a cielo abierto o por medio de máquina rotatoria para obtener corazones de la roca.

En el caso de que existan almacenamientos se deberá tomar en cuenta lo siguiente.

La obtención de las muestras se realiza generalmente en los taludes y cuando existan superficies adecuadas se realizarán mediante sondeos. El muestreo se hará tomando material con una pala de mano, a diferentes alturas, de manera de abarcar toda la altura del talud, el material obtenido se mezclará y cuartearea poniendo cuidado de no contaminarlo para obtener muestras individuales con peso no menor de cincuenta

kilogramos. En la parte superior del depósito se tomara el material de sondeos realizados a la mayor profundidad posible.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS

En algunos casos los materiales requieren de ciertos tratamientos preliminares, los cuales son necesarios a fin de obtener muestras representativas para llevar a cabo las pruebas. Los tratamientos previos son:

- a) Eliminación de los Desperdicios.- Consiste en la eliminación manual, en bancos de suelos, de las partículas cuyo tamaño máximo sobrepase los 7.5 cm
- b) Cribado.- Consiste en separar las muestras por tamaños para posteriormente poder formar la mezcla adecuada que se asemeje a la que será utilizada en la obra y de acuerdo al uso probable del material.
- c) Trituración - Consiste en reducir el tamaño de sus partículas para darle la granulometría requerida, la trituración puede ser parcial o total y para su estudio en el laboratorio se puede llevar a cabo de dos maneras:
 - c1) Trituración Manual - Los fragmentos de roca se rompen mediante marro sobre una superficie resistente.
 - c2) Trituración Mecánica - El material se rompe mediante equipo mecánico en el laboratorio.
- d) Lavado.- El material se lava con el propósito de eliminar finos que pudiesen ser perjudiciales, este tratamiento se realiza en materiales contaminados con arcillas, materia orgánica o polvos, frecuentemente se realiza en conexión con operaciones de trituración y cribado.

Además en el proceso de la preparación de la muestra se deben realizar otras actividades tales como el secado, disgregación, cuarteo y diseño de las mezclas.

Las pruebas de laboratorio que se realicen a las muestras dependerán del uso que se pretenda darle al material, como se indicó en el capítulo III al definir las características de los materiales para cada una de las capas del pavimento, así se tiene que para terracerías es común realizar análisis granulométricos, límites de plasticidad, pruebas de compactación, cálculo de coeficiente de variación volumétrica y en algunos casos valor relativo de soporte (VRS).

En capas de subrasante las pruebas adicionales que se deben realizar son la de Expansión, Equivalente de Arena y siempre la de VRS.

En la sub-base y base se realizan las mismas que en la subrasante pero se hacen más a detalle y en mayor número.

Para la carpeta asfáltica además de las realizadas a la sub-base y base se hacen pruebas de desgaste y/o alterabilidad, afinidad del pétreo con el asfalto, pruebas de forma de los agregados y prueba Marshall.

La explotación de bancos debe realizarse con el equipo adecuado y su elección deberá ser función de los siguientes tres aspectos:

- Disponibilidad del Equipo
- Tipo de material por explotar y
- Distancia de acarreo del material

El tamaño del equipo será función del volumen de la obra por ejecutar.

III.2.8 EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para poder realizar el estudio de impacto ambiental es necesario primeramente conocer el tipo de proyecto que se va a realizar, conocer las acciones que se llevarán a cabo para mejorar el pavimento, cantidad de material que se requiere y dar una justificación para la realización del proyecto. Posteriormente se va analizando etapa por etapa del proceso constructivo para identificar los posibles riesgos de daño ambiental que se pudieran generar.

En la etapa de Selección del Sitio se debe describir el lugar donde se construirá la obra, indicando crecimiento de la zona, total de superficie que se requiere para la obra, así como el uso del suelo en el predio y colindancias de la obra.

La siguiente etapa es la de Preparación del Sitio y Construcción, en donde se describe el programa de trabajo y un aspecto muy importante que es la descripción de los recursos que serán alterados, ya sea temporal o permanentemente, áreas alteradas y residuos tanto peligrosos como no peligrosos generados en la preparación del sitio y su construcción, así como su tratamiento o destino que se les dará.

En la etapa de Operación y Mantenimiento también se deben analizar los residuos generados y su destino o disposición, así como también niveles de ruido generado por la maquinaria que se tendrá en operación en esta etapa.

En la etapa de Abandono del Sitio se debe plantear un programa de restitución del área, es decir, que se debe proyectar mejorar el medio ambiente que se deje por ejemplo con la generación de áreas verdes. También se deben tener planes del uso del área al concluir la vida útil del proyecto, es conveniente aclarar que esta etapa es difícil que se de, ya que al término de la vida útil de la carretera lo que se hace es llevar a cabo una reconstrucción completa de la estructura, así pues el abandono del sitio no es factible, más bien lo que sí se podría utilizar son los lugares que se utilizan en el momento de la construcción de la carretera como lo son las áreas que se utilizan para los campamentos.

Otro aspecto importante es el de los Aspectos Generales del Medio Natural y Socioeconómico, en donde se analizan algunos rasgos físicos y su posible afectación por la construcción del proyecto, estos rasgos físicos pueden ser el clima, la geología, tipo de suelos y su composición, así como la hidrología.

En cuanto a Rasgos Biológicos se debe analizar la vegetación, fauna y ecosistema y paisajes. En la vegetación y fauna se debe analizar tipo de especies que existen, especies de interés comercial, especies endémicas o en peligro de extinción, en lo referente a ecosistema y paisaje se debe analizar si se generan modificaciones a ecosistemas. Analizando lo anterior se plantean posibles soluciones para evitar o aminorar los daños que se puedan ocasionar.

Para hacer más completo el estudio ambiental y poder comprender la magnitud de los daños y tener mejores marcos de referencia para el planteamiento de soluciones se debe también realizar un estudio del medio socioeconómico de la región, analizando población, servicios, actividades, tipo de economía y cambios sociales y económicos.

También debe existir una vinculación con las Normas y Regulaciones sobre uso del suelo y deben quedar bien identificados los impactos ambientales en la construcción del refuerzo y en la extracción de agregados en los bancos de materiales, ya que es aquí en donde se pueden generar los impactos ambientales negativos de mayor daño. Así mismo se deben establecer las medidas de prevención y mitigación de los impactos identificados.

En general se puede decir que en este tipo de proyectos de Reconstrucción de Carreteras, los impactos ambientales negativos mayores y permanentes ya se hicieron cuando se construyó, por lo que en la Reconstrucción los impactos negativos son mucho menores que los impactos positivos, además que los impactos negativos generados son temporales y regresivos.

CAPITULO IV

DISEÑO DE PAVIMENTOS

IV.1 REVISION POR RESISTENCIA

La experiencia obtenida en la aplicación de los métodos de diseño de pavimentos por los profesionales de las vías terrestres en los últimos años, han hecho que actualmente se tenga una tendencia hacia la aplicación de los métodos en los que el diseño esta en función de la mecánica de materiales que conforman el pavimento, por lo que en este trabajo se explicaran los tres más usados: método del Instituto Norteamericano del Asfalto, del Instituto de Ingeniería y del AASHTO, para este último se tratará adicionalmente la variante a través de cartas

IV.1.1 METODO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO.

El método del instituto Norteamericano del Asfalto se basa principalmente en la aplicación de la teoría elástica en multicapas, además presenta un procedimiento de diseño para obtener los espesores de la sección estructural del pavimento, donde se utilizan el cemento asfáltico y las emulsiones asfálticas en toda la sección o en parte de ella, incluyendo varias combinaciones de superficies de rodamiento tales como carpeta asfáltica, carpetas elaboradas con emulsiones asfálticas, bases asfálticas y bases o subbases granulares naturales.

Los parámetros que utiliza este método son los siguientes:

Ejes Equivalentes: Para el cálculo de los ejes equivalentes se recomienda el uso de la metodología AASHTO, en su versión 1993, el cual al igual que la metodología del Instituto de Ingeniería de la UNAM contempla la conversión a ejes equivalentes sencillos de 18,000lb (8.2 ton), esto mediante factores de equivalencia de carga o coeficientes de daño para ejes sencillos, dobles o triples, incluyendo cargas sobre el eje desde 0.5 ton (1,000 lb) hasta 41 ton (90,000 lb), con lo cual se cubre cualquier condición de peso de vehículos.

Una vez obtenidos los coeficientes por cada eje o conjunto de ejes la suma proporcionará el coeficiente total de equivalencia del vehículo, el cual será afectado por un factor de la tasa anual de crecimiento y multiplicado por el aforo del TDPA para obtener los ejes equivalentes. Así mismo se ha incorporado un factor para tomar en cuenta la presión de contacto de la llanta con la superficie del pavimento, el cual está en función de su presión de inflado y de los espesores de la carpeta asfáltica.

Evaluación de los Materiales.- El parámetro fundamental en la evaluación de los materiales es el Módulo de Resiliencia (M_r), el cual para su obtención es bien sabido no se cuenta en la mayoría de las dependencias u organismos con el equipo para llevar a cabo la prueba requerida, por lo que se han desarrollado correlaciones entre el M_r y el Valor Relativo de Soporte, esto exclusivamente para materiales de la capa subrasante:

$$\text{Factor de Correlación} \quad M_r (\text{psi}) = 1.500 \text{ VRS}$$

$$M_r (\text{Mpa}) = 10.3 \text{ VRS}$$

El método del Instituto del Asfalto recomienda el uso de los siguientes valores percentiles para el cálculo del M_r de diseño de la subrasante, esto en función del TDPA.

TABLA IV.1 VALOR PERCENTIL PARA EL DISEÑO DE SUBRASANTE.

NIVEL DEL TRANSITO	VALOR PERCENTIL PARA EL DISEÑO DE SUBRASANTE.
Menor de 10.000 ejes equivalentes	60
Entre 10.000 y 1'000.000 de ejes equivalentes	75
Mayor de 1'000.000 de ejes equivalentes	87.5

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Por otro lado también este método en su última versión contempla factores de medio ambiente, recomendando diferentes tipos de cemento asfáltico según el clima, esto tiene la restricción de la disponibilidad del tipo de cemento requerido en las diferentes zonas del país.

TABLA IV.2 GRADOS DE ASFALTO DE ACUERDO AL TIPO DE CLIMA.

CLIMA	TEMPERATURA	GRADOS DE ASFALTO
Frio	Menor o igual a 7°C	AC-5, AC-10
Templado	Entre 7 y 24°C	AC-10, AC-20
Caliente	Mayor de 24°C	AC-20, AC-40

Así mismo, las gráficas para la obtención del espesor final del pavimento se presentan para tres temperaturas: 7°C (para temperaturas menores o iguales a 7°C), 15.5°C (para temperaturas mayores a 7°C y menores a 24°C) y 24°C (para temperaturas mayores o iguales a 24°C).

Cálculo de Espesores de Diseño.- Las cartas o gráficas de diseño del método del Instituto del Asfalto son 18 en total que incluyen las tres opciones de temperatura para las diferentes estructuras las cuales son: pavimentos de una sola capa formada con concreto asfáltico (full - depth), pavimentos elaborados con emulsiones asfálticas tipos I, II y III y bases granulares sin tratamiento con espesores de 15 y 30 cm. Para obtener el espesor de diseño de estas cartas se requiere del valor de los ejes equivalentes de 8.2 ton y del Modulo de Resiliencia de la subrasante en Mpa, el espesor se obtiene en mm, a continuación se muestra una de las dieciocho gráficas, la cual es para pavimento de concreto asfáltico de una sola capa y para una temperatura de 24°C

IV.1.2 MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA

El método está basado en el comportamiento o fatiga de las capas del pavimento. Así mismo se emplea la teoría de distribución de esfuerzos de Boussinesq, que están reflejados en el cálculo de los coeficientes de daño que se utilizan para obtener los ejes equivalentes, dichos coeficientes están calculados para poder determinar el daño o los ejes equivalentes para profundidades de 0, 15, 30 y 60 cm

En este método se involucran para el diseño del pavimento tres factores relevantes: los ejes equivalentes, el factor de confiabilidad y el VRS crítico (VRS)_c, anteriormente ya se explicó como se obtienen los ejes equivalentes y los parámetros que intervienen en su cálculo; la confiabilidad la determina el proyectista basándose en que tan certera fue la obtención de los parámetros así como de la predicción de los posibles problemas que surjan en la reconstrucción, el (VRS)_c, es utilizado para cubrir incertidumbres tanto de la prueba de valor relativo de soporte como de los materiales, el método emplea la siguiente ecuación

$$(VRS)_c = VRS(1 - Cv)$$

donde:

VRS es el VRS promedio de la capa a partir de la cual se está realizando el análisis.

v = Coeficiente de variación del VRS en el campo, cuyo rango varía de 0.2 a 0.3 en función de posibles cambios del material, procedimiento constructivo, etc

C = Factor que depende del nivel de confianza establecido de acuerdo con los valores de la siguiente tabla

TABLA IV 3 VALORES DEL FACTOR C

Nivel de confianza (%)	75	80	85	90	95	99
C	0.675	0.842	1.037	1.282	1.645	2.326

Con los tres valores se entra a las gráficas proporcionadas por el Fascículo 444 (Fig. IV 2) del Instituto de Ingeniería de la UNAM en dichas gráficas se entra en forma vertical con el VRS de la capa de suelo a partir de la cual estamos diseñando o revisando hasta interceptar con la gráfica de los ejes equivalentes correspondiente, posteriormente trazando una línea horizontal a partir de este último punto se obtiene el espesor en grava equivalente que se requiere sobre la capa la cual se está diseñando (fig IV 2) y así para cada capa y las diferentes profundidades. En la fig. IV.3 se observa la gráfica de diseño para un nivel de confianza de $Q_u = 0.9$

Para hacer la equivalencia de espesor de grava a espesor real, se deben aplicar los coeficientes de resistencia estructural recomendados por el método, el cual considera 1 cm de asfalto equivalente a 2 cm de grava y 1 cm de capa de pavimento o terracería sin estabilizar equivalente a 1 cm de grava

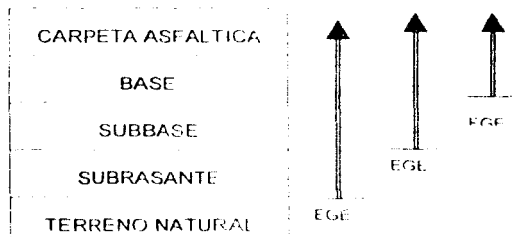


Fig. IV 2 Esquema de diseño multicapa

La revisión o diseño por este método se debe realizar a partir de todas las capas de terracería y de la subbase para determinar cual es el caso más crítico y que regirá el diseño de la estructura del pavimento. En el capítulo VI se presenta un ejemplo ilustrativo

Cabe hacer la aclaración que actualmente el Instituto de Ingeniería de la UNAM ya tiene publicado otro fascículo para el diseño de pavimentos el cual es el de "Diseño Estructural de Pavimentos, Asfálticos", incluyendo carreteras de altas especificaciones

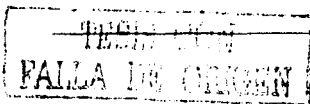
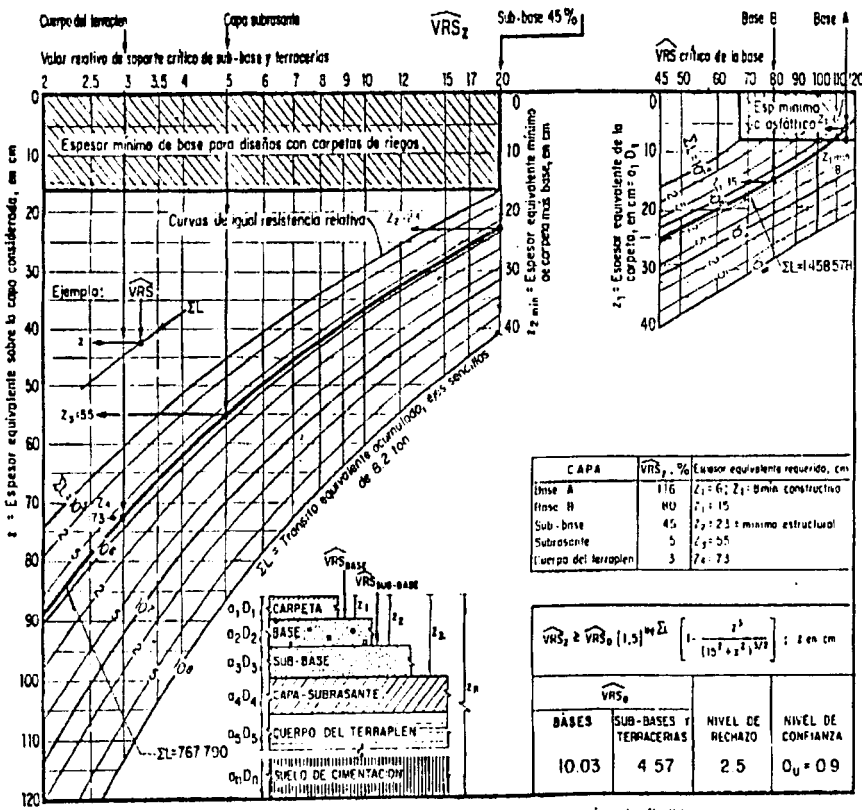


FIG. N.º 3 GRÁFICA DE DISEÑO POR EL METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA (Qu = 0.9).



Ejemplo: Gráfico para el diseño estructural de carpetas con pavimento flexible.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

DISÑO DE PAVIMENTOS.

IV.1.3 METODO DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)

El método se basa en resultados de correlaciones obtenidos de resultados experimentales realizados por la AASHTO en tramos de prueba en Ottawa, Illinois, esto a partir de 1956.

Los experimentos se hicieron en tramos de prueba con diversos diseños de pavimentos obtenidos utilizando los mismos criterios, con condiciones de tráfico y de suelo de apoyo similares.

El diseño esta basado en encontrar un Número Estructural (SN) para el pavimento que pueda soportar el nivel de carga solicitado, para lo cual el método proporciona la siguiente ecuación:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_o \cdot 9.36 \cdot \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right] + 2.32 \cdot \log_{10} M_R - 8.07$$

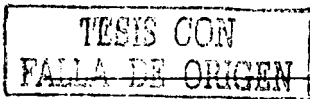
$$0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)}$$

y que se representa también en el nomograma de la fig. No. IV.4, así mismo se tiene un programa de computadora para el diseño.

Los parámetros involucrados en el diseño son:

- Ejes equivalentes.- Este método al igual que los dos anteriormente descritos, transforma todos los ejes a ejes sencillos de 8.2 ton, y el procedimiento es el mismo que el descrito para el método del Instituto Norteamericano del Asfalto, ya que este último lo adopto del diseño AASHTO. Para determinar los ejes equivalentes en el carril de diseño, se puede utilizar la siguiente ecuación.

$$W_{18} = D_d \times D_l \times W_{18}$$



donde:

W_{TS} es el tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño

D_{di} es el factor de distribución direccional, se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

W_{i} son los ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

D_{c} es el factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido. Se recomiendan los siguientes valores

TABLA IV.4 FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL.

No. DE CARRILES EN CADA SENTIDO	PORCENTAJE DE W_{i} EN EL CARRIL DE DISEÑO.
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 o más	50 - 75

Una vez que se tienen los ejes acumulados al primer año se deben estimar el total de ejes equivalentes acumulados con base en la tasa de crecimiento anual y el periodo de diseño en años.

➤ Confiabilidad (R)

Se define como la probabilidad de que los problemas de deformación y resistencia estén por debajo de los permisibles durante la vida de diseño del pavimento o el grado de certeza para asegurar que la sección estructural durara como mínimo el

periodo de diseño. Así pues, la determinación de este parámetro debe realizarse tomando en cuenta la importancia del camino, la confiabilidad de la obtención y determinación de los demás parámetros, así como la predicción del tráfico de diseño.

Los valores recomendables para el parámetro de confiabilidad de acuerdo al tipo de camino es el siguiente:

TABLA IV.5 VALORES DE CONFIABILIDAD.

TIPO DE CARRETERA	ZONAS URBANAS	ZONAS RURALES
Autopistas o Interestatales.	85-99.9	80-99.99
Red Principal o Federal.	80-99	75-99
Red Secundaria o Estatal.	80-95	75-95
Vecinales o Locales	50-80	50-80

➤ **Desviación Estándar Global (S_g)**

Una vez determinado el parámetro de confiabilidad entran dos tipos de incertidumbres: la confiabilidad de los parámetros de entrada y las ecuaciones desarrolladas en tramos de prueba, por lo que para esa incertidumbre se introdujo un factor corrector representado como desviación estándar, que como su nombre lo indica representa la cantidad de datos dispersos dentro de los cuales pasa la curva real del comportamiento de la estructura. El rango sugerido por la AASHTO es

$$0.4 < S_g < 0.5$$

Para pavimentos flexibles se recomienda utilizar el valor de 0.45

FALLA DE ORIGEN

- Diferencia entre el Índice de Servicio Inicial y el de rechazo o terminal; el inicial deseable lo establece el AASHTO para pavimentos flexibles de 4.2 y el final o de rechazo que es cuando el pavimento se vuelve muy difícil de tránsito está dado en el rango de 2 a 2.5 utilizándose con más frecuencia este último.

ISA = Índice de Servicio Actual (PSI)

$$\Delta ISA = p_o - p_t$$

donde:

ΔISA es la diferencia entre los índices de servicio inicial y el final o terminal deseado.

p_o es el índice de servicio inicial.

p_t es el índice de servicio terminal.

- Resistencia del Suelo de Cimentación (Modulo de Resiliencia Efectivo).

El parámetro utilizado en el diseño en este Método es el Módulo de Resiliencia (MR), obtenido ante condiciones elásticas del suelo, lo adecuado sería obtener este valor en laboratorio mediante la prueba AASHTO T274, sin embargo como no todas las instituciones y empresas tienen este equipo, se obtuvo una correlación entre el MR y el VRS estándar, esto para facilitar el diseño de pavimentos flexibles con datos confiables.

Así para $VRS < 10\%$ se puede utilizar la ecuación

$$MR \text{ (psi)} = 1,500 \times VRS$$

Para $VRS > 10\%$ se utiliza la correlación mostrada en la figura IV.5 para bases hidráulicas, así mismo hay gráficas para subbase y base estabilizada con cemento portland, pudiéndose utilizar la correlación de subbase para las capas de terracerías (terreno natural, cuerpo de terraplén, subyacente y subrasante).

Así con todos los parámetros citados, se obtiene el índice estructural conocido como Número Estructural o SN de diseño por sus siglas en inglés; esto mediante el nomograma de la fig IV.4, el cual es el número estructural que debe cumplir cualquiera que sea la estructura que se proponga en el diseño.

Como se puede observar en dicho Nomograma se entra del lado izquierdo con la desviación estándar (σ_0) y con el parámetro de la confiabilidad (Q_u) trazando una línea uniendo estos dos puntos y extendiéndola hasta la línea pivote (T1), donde a partir de ahí se mira con el punto de la línea que representa la suma de los ejes equivalentes o (ESAL's) y extendiendo también la línea hasta la línea pivote (T2) y a partir de esta se unirá en la línea del MR y se extenderá así mismo hasta llegar a la tabla de graficación de los SN, donde se trazará una línea horizontal hasta interceptar con la curva del decremento de serviciabilidad (ΔPSI) y a partir de este punto se trazará una línea vertical y en la intersección con el eje de las ordenadas será el SN de diseño.

Debe tenerse en cuenta que la sección estructural del pavimento esta compuesta por un sistema de capas, por lo que debe diseñarse de acuerdo a ello utilizando el sistema multicapas, por lo que se debe calcular el SN sobre todas las capas, excepto carpeta, utilizando los valores de resistencia aplicables para cada uno

Una vez que se tiene el SN de diseño se procede al calculo del SN del pavimento mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

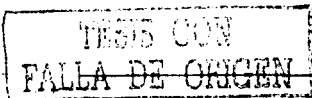
$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + \dots + a_i D_i$$

donde

a_i es el coeficiente para cada capa

D_i es el espesor de cada capa

m_2 y m_3 , son los coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase.



Los coeficientes estructurales para cada capa están correlacionados en función de varias pruebas de laboratorio, usándose para nuestro caso la más común que es la de VRS estándar (FIG. IV.5).

Para pavimentos nuevos los valores recomendados de a_i para cada capa son los siguientes:

TABLA IV.6 COEFICIENTES ESTRUCTURALES (METODO AASHTO).

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE
Carpeta de rodamiento:	
- Concreto asfáltico	0.44
- Concreto asfáltico a base de arena	0.35
Capa de base:	
- Roca triturada	0.14
- Roca triturada, bien graduada, densa	0.18
- Suelo-cemento	0.20
- Emulsión / agregado-asfalto	0.30
- Cemento portland y agregado	0.40
- Cal-puzzolana / agregado	0.40
- Mezcla asfáltica	0.40
Sub-base:	
- Roca triturada	0.11

Drenaje.

En el diseño se involucra este factor, ya que el comportamiento en cuanto a características físicas y mecánicas dependen de la facilidad con que el agua pueda ser drenada fuera de la estructura del pavimento.

Entendiendo por drenaje no el bombeo superficial sino aquel con el que cuentan las capas para liberar el agua libre entre sus granos

Como se vio en el inciso III 2.6 el metodo califica el drenaje basándose en el tiempo que tarda el suelo en liberar el agua libre, esta calificación va de drenaje muy malo a drenaje excelente (tabla III.2). Así pues, para que este factor se vea reflejado en un incremento o decremento de los espesores de las capas de diseño, se utilizan los denominados coeficientes de drenaje m , si el m es mayor de 1.0 indica que se tiene un buen drenaje y se reducen los espesores, por el contrario si m es menor de 1.0 indica que se tiene un mal drenaje lo cual induce a un aumento en el espesor de las capas del pavimento

En la tabla IV.6 se presentan los valores recomendados para m_2 y m_3 (bases y subbases granulares sin estabilizar), los cuales están tabulados en función de la calidad del drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento puede estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación

TABLA IV.7. VALORES m_i RECOMENDADOS PARA MODIFICAR LOS COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA DE BASES Y SUBBASES SIN ESTABILIZAR, PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Calidad del Drenaje	Porcentaje de Tiempo al cual está Expuesta la Estructura del Pavimento a Niveles de Humedad Próxima a la Saturación			
	Menor del 1%	1-5%	5-25%	Mayor del 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Para las capas estabilizadas y para la carpeta asfáltica, el método no considera un efecto por el drenaje

Para que la estructura diseñada del pavimento cumpla con la vida útil, se debe cumplir que el SN de la estructura \geq SN de diseño.

Generalmente este método arroja espesores mayores que el método del I.I. por lo que está más del lado de la seguridad, así se recomienda utilizar el del I.I. para revisión y el AASHTO para diseño definitivo si es que los Términos de Referencia de la Dependencia u Organismo Contratante no indican otra cosa.

En el capítulo VI se presenta un ejemplo de aplicación.

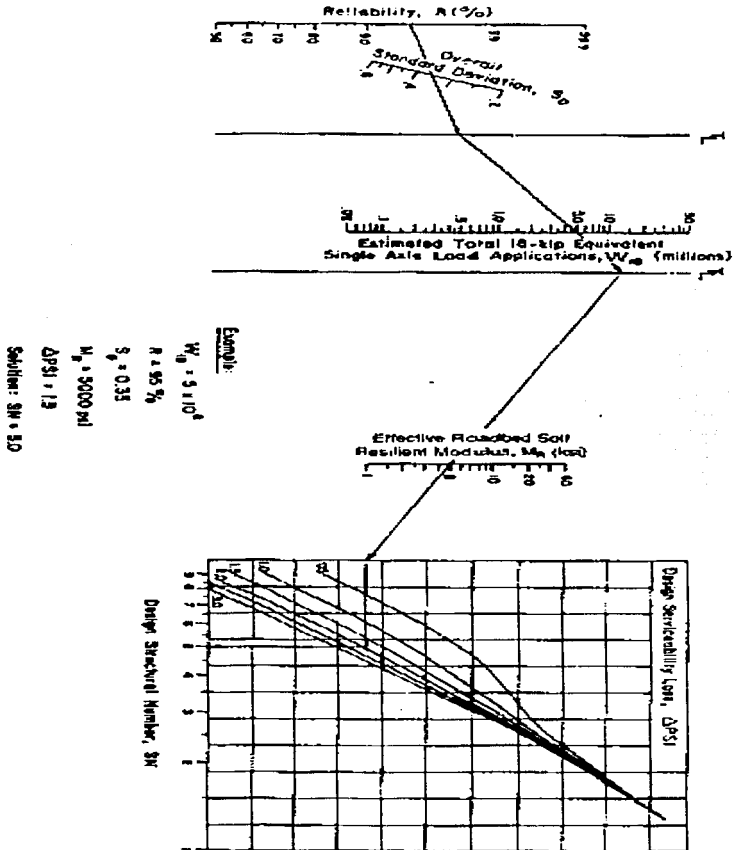


FIG. IV.4 NOMOGRAMA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES (METODO AASHTO).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

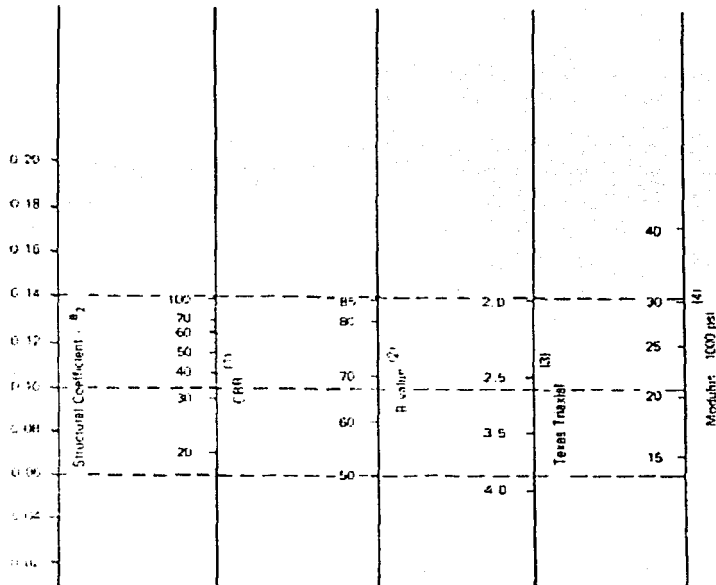


FIG. IV.5 GRAFICAS DE CORRELACION DE VRS CON MODULO DE RESILIENCIA PARA CAPA DE BASE HIDRAULICA (METODO AASHTO).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.1.4 METODO DEL CATALOGO AASHTO.

Como diseño preliminar existe un método a base de un catálogo que desarrollo la AASHTO y que involucra dos factores que son: Valor Relativo de Soporte y los Ejes Equivalentes,

Los dos parametros se deben clasificar de acuerdo a lo siguiente:

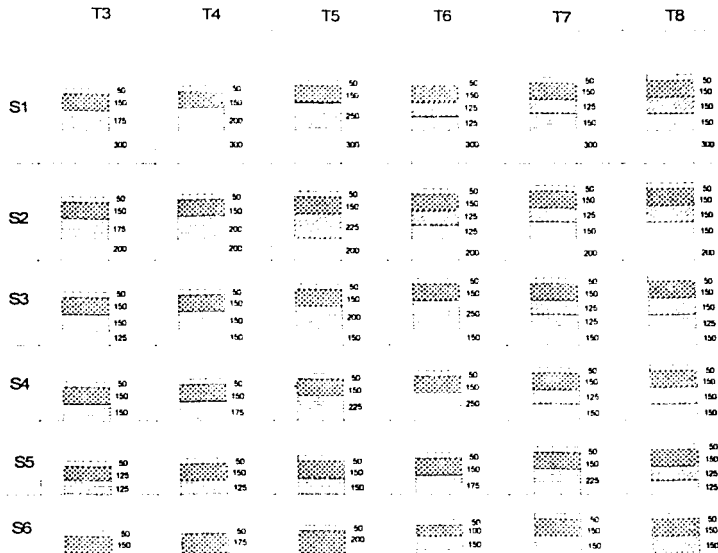
TABLA IV.8 CLASIFICACION DEL TRANSITO

Clasificación del Tránsito	Cantidad de Ejes Equivalente (10 ⁶)
T1	< 0.3
T2	0.3 - 0.7
T3	0.7 - 1.5
T4	1.5 - 3.0
T5	3.0 - 6.0
T6	6.0 - 10
T7	10 - 17
T8	17 - 30

TABLA IV.9 CLASIFICACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE

Clasificación del Tránsito	VRS (%)
S1	2
S2	3 - 4
S3	5 - 7
S4	8 - 14
S5	15 - 29
S6	30 +

A través de estos dos parámetros el catalogo propono varias alternativas con diferentes tipos de capas y espesores, en la fig. IV.6 se presenta una de las siete gráficas de diseño, las cuales fueron obtenidas basándose en tramos de prueba realizados como investigación. En el capítulo VI se presenta un ejemplo de aplicación.



SIMBOLOGIA

- Carpeta Asfáltica
- Base Hidráulica
- Base Estabilizada con Materiales Asfálticos
- Base Estabilizada con Cemento
- Subrasante

NOTA: ESPESORES EN MM

FIG. IV.6 GRAFICA DE DISEÑO (CATALOGO METODO AASHTO).

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

IV.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION

En base al proyecto preliminar y al diseño del pavimento se deben determinar por lo menos 3 diferentes alternativas de Reconstrucción del tramo en Estudio o las que indique la Contratante.

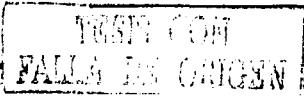
Las alternativas deben estar sustentadas por su cálculo con los métodos de diseño, así mismo se debe obtenerse su costo aproximado, es decir se debe elaborar el presupuesto o forma E-7, complementándose con el análisis económico de cada una de ellas tal como se indica en el inciso IV.5 Estudio Económico.

El análisis debe acompañarse del cálculo de los costos de conservación periódica (inciso IV.4).

Con los soportes de cada alternativa se tiene un amplio marco de referencia para poder determinar cual es mejor técnica, funcional y económicamente para así proceder a su desarrollo en el Proyecto Ejecutivo.

Es de gran importancia establecer varias alternativas, primero porque siempre en todo proyecto se debe buscar la que técnicamente satisfaga las necesidades requeridas por el proyecto de la mejor manera y posteriormente la que económicamente sea viable porque por ejemplo se puede proponer siempre como una alternativa la Reconstrucción a base de Concreto Hidráulico y generalmente con buenas capas de soporte va a ser buena alternativamente, técnicamente, pero económicamente en inversión inicial no se tengan los recursos suficientes y por eso se restrinjan a cierto tipo de alternativas.

Las mismas Dependencias exigen que cuando el TDPA > 10,000 vehículos una de las alternativas propuestas debe ser forzosamente la Reconstrucción a base de carpeta de concreto hidráulico, así pues las alternativas se deben plantear teniendo un marco de referencia general de las necesidades del proyecto y de las limitantes que se pudieran establecer.



Para tener varios puntos de vista la Dependencia generalmente no solamente contrata la realización del Proyecto, si no que también contrata la revisión del mismo, por lo que cuando se llega a este nivel del proyecto se debe realizar una reunión conjunta entre la empresa Proyectista, la empresa Revisora y personal de la Dependencia Contratante, generalmente gente de la Unidad de Servicios Técnicos para que las tres partes concilien y elijan la mejor alternativa.

IV.3 ESTRATEGIAS DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO

Las carreteras a lo largo de su vida útil van sufriendo un deterioro que se refleja en la superficie de rodamiento y por ende un decremento en el Índice de Servicio Actual, el cual se representa mediante una curva de degradación del pavimento, esto con el fin de programar las acciones de conservación periódica y de Mantenimiento o Conservación Rutinaria.

La Conservación Rutinaria y Periódica siguen los siguientes objetivos:

- Preservar el patrimonio carretero nacional
- Proporcionar las condiciones de seguridad y comodidad para el traslado de pasajeros
- Facilitar el intercambio de bienes y servicios entre las diversas regiones del país.

Mantenimiento o Conservación Rutinaria es el conjunto de acciones implementadas para eliminar deterioros menores que cotidianamente se producen en las carreteras y que su no atención provocaría que mas pronto se aplicará una estrategia de conservación periódica o una reconstrucción.

La conservación rutinaria generalmente se había realizado por administración por medio de cuadrillas que se encargaban de 60 km, sobrestantías que atendían 180 km y de Residencias de obra con una jurisdicción de alrededor de 540 km en promedio, pero actualmente se está subcontratando a empresas privadas y la SCT es un organismo regulador únicamente.

Las acciones de Conservación Rutinaria están agrupadas en siete conceptos fundamentales que agrupan varias actividades, a continuación se enumeran algunas de ellas que son.

- 1.- Mantenimiento de la superficie de rodamiento.- Limpieza, barrido, calafeteo de grietas, renivelación aisladas de carpeta, bacheo, riegos de protección, etc.
- 2.- Acotamientos.- Limpieza, barrido, reparación de terraplenes, remoción de derrumbes y cuando están pavimentados con carpeta asfáltica las acciones que se mencionarán para la superficie de rodamiento.
- 3.- Obras de Drenaje.- Limpieza y desazolve de obras menores, complementarias y subdrenaje así como reparaciones menores.
- 4.- Taludes.- Afinamientos, recargues, protección y extracción de derrumbes.
- 5.- Zonas Laterales del Derecho de Via.- Deshierbe, Desenraice y limpieza, reparación y/o reposición de cerca, barrera central y defensas metálicas.
- 6.- Señalamiento.- Limpieza, reparación y/o reposición repintado.
- 7.- Estructuras.- Limpieza y/o reparación menor de puentes y pasos peatonales.

La Conservación o Mantenimiento Periódico es el conjunto de acciones mayores encaminadas a lograr que la carretera estructuralmente continúe brindando un servicio adecuado a lo largo de su período de vida útil para la que fue diseñada y como se indica son trabajos de espera porque generalmente se programan en

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

intervalos de 2 o más años, entre estas actividades se pueden mencionar: Renivelaciones y Riego de Sello, Riego de Sello, Carpetas delgadas de granulometría abierta (opengrade) y en general Carpetas Asfálticas de bajo espesor y obras de prevención de derrumbes.

El tipo de conservación periódica a establecer dependerá de que tan dañado esté el pavimento y como se mencionó anteriormente junto con la rutinaria son actividades que si se programan adecuadamente y se llevan a cabo en tiempo y forma ayudan para que el pavimento cumpla con el periodo para el que fue diseñado.

Se estima que aproximadamente 80% de los trabajos de la infraestructura carretera se realizan a través de las de rutinaria y periódica y el 20% restante se tiene que realizar por medio de trabajos de emergencia que generalmente son provocados por fenómenos naturales y agravados por una mala conservación. Los trabajos de emergencia se refieren principalmente a:

- Retiro de derrumbes.
- Reparación de deslaves.
- Reparación de obras de drenaje, etc.

IV.4 ESTUDIO ECONOMICO

En el análisis integral de las alternativas propuestas es importante dos tipos de consideraciones, primero la factibilidad técnica de que cada una cumpla satisfactoriamente las necesidades que en ese sentido requiere el proyecto y por otra parte que tan aceptables económicamente son estas. Se podría entender que la primera consideración es la más importante, pero debido a las restricciones presupuestales del gobierno la segunda es la que impera en la decisión del tipo de alternativas a desarrollar.

A los ingenieros proyectistas les toca encontrar un punto medio, es decir una alternativa que tal vez no sea la mejor técnicamente, pero que garantice un buen funcionamiento a lo largo del periodo de diseño y además que sea factible económicamente, es decir que entra dentro del rango presupuestario establecido por el gobierno.

En el análisis económico se involucran varios factores

Costos: El término de costos se debe entender como el costo integral a lo largo de la vida útil de diseño y no solamente el costo de cada alternativa, así pues se tiene costo de reconstrucción, costo de conservación rutinaria, costo de conservación periódica y costos de operación de los vehículos. El primero es el monto que costará reconstruir la obra, que se verá en el capítulo V Proyecto Ejecutivo, los de conservación ya se explicaron en el inciso anterior y el costo de operación vehicular es el costo que le cuesta al transportista o al usuario que su vehículo circule por tal o cual camino, viéndose desde el punto de vista de rendimiento y depreciación del vehículo y está determinado por la siguiente expresión

$$COA = Fb \times CB \times TDPA \times 365$$

donde

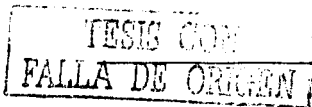
COA.- Es el costo de operación anual por kilómetro para todos los vehículos de un mismo tipo.

Fb.- Es el factor del Costo de Operación Base, el cual se obtiene de las gráficas para el tipo de vehículo, tipo de terreno y estado superficial deseado.

CB.- Es el Costo de Operación Base del vehículo

TDPA.- Es el Tránsito Diario Promedio Anual del tipo de vehículo analizado.

365.- Es el número de días por año



El programa para el cálculo del Fb fue adecuado del desarrollado por el Banco Mundial para el país de Brasil, por considerar que tiene más similitud con las condiciones de nuestro país, en cuanto a tipos de vehículos y características de caminos y se tuvieron que hacer adecuaciones en cuanto a características técnicas de caminos y costos de sus insumos.

Las gráficas se relacionan para cinco tipos de vehículos: camión articulado, camión de dos ejes, autobús foráneo, camión ligero y vehículo ligero; y para tres tipos de terreno que se presentan en la siguiente tabla:

TABLA IV.10 TIPOS DE TERRENO.

Tipo de terreno	Pendiente (%)	Curvaturas Horizontales (°/km)
Caso Base	0	0
Plano	1.5	200
Lomerío	3 a 4	300 – 500
Montañoso	más de 5	más de 600

La curvatura horizontal corresponde a la curvatura media en un tramo que se calcula como la suma de los ángulos de deflexión en valor absoluto y se divide entre la longitud del tramo.

Así, con el tipo de vehículo, tipo de terreno y con el índice de calidad (ISA o IRI) se obtiene el Fb.

A continuación se muestra la gráfica para el tipo de camión articulado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

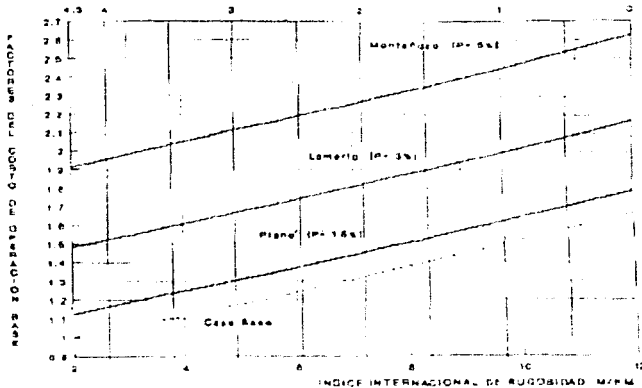


FIG. IV.7. CALCULO DE F_b PARA EL TIPO DE VEHICULO DE CAMION ARTICULADO.

El Costo de Operacion Base se define como el costo de operacion por kilometro de un vehiculo que transita sobre una carretera recta y plana, es decir, con pendiente y curvatura horizontal de 0 y con un pavimento en muy buenas condiciones (ISA= 4.5 e IRI= 2).

Este costo se calcula como la suma de los productos de los diferentes consumos del vehiculo en un kilómetro recorrido por sus respectivos costos unitarios.

En el modelo matematico utilizado para obtener los CB a manera enunciativa se involucran los siguientes datos:

- Características de la Carretera
- Características del Vehículo
- Características de los Neumáticos

COPIA DE ORIGEN

- Datos sobre la Utilización del vehículo
- Costos Unitarios
- Coeficientes Adicionales

Así los costos unitarios se deben actualizar periódicamente, en la tabla IV.4 se presentan los datos de 1994.

TABLA IV.11 COSTOS BASE (CB) (DATOS DE 1994)

Tipo de Vehículo	Costo Base
Vehículo Ligero	\$ 2.5 veh. - Km
Autobús Foráneo	\$ 6.4 veh. - Km.
Camion Liviano	\$ 3.1 veh. - Km
Camion Mediano (dos ejes)	\$ 1.5 veh. - Km
Camion Articulado	\$ 6.9 veh. - Km

Así pues, en el Estudio Económico, como se puede ver en el capítulo VI además de los costos se involucran las tasas de interés sobre el capital invertido en los vehículos, el cual varía dependiendo de las tasas de interés e inflación.

Con todos los datos anteriores se entra al programa para el cálculo económico.

En todo estudio económico cualquiera que sea el método utilizado, se deben de calcular los costos, que ya se explicó anteriormente en que consisten y por otra parte los beneficios, los cuales no son otra cosa que las ventajas, privilegios expresados en reducción de costos para los usuarios y el gobierno por transitar en tal o cual carretera, esto comparado desde dos perspectivas, una es la estrategia de Reconstrucción y otra es la de no hacer nada, por lo que los beneficios se miden en términos de decremento en costos de operación vehicular

$$BENEFICIOS = COV_{(CON RECONSTRUCCION)} - COV_{(CON NO HACER NADA)}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO V

PROYECTO EJECUTIVO

Una vez terminada la etapa de Estudios o también conocido como Proyecto Preliminar el cual es digerir y analizar los datos obtenidos de campo con los datos de esta etapa, se procede a realizar el Proyecto Ejecutivo.

En el Proyecto Ejecutivo se afina lo realizado en el Preliminar y se complementa con cálculos adicionales como pueden ser los de volumetrías, croquis o planos. Los temas que siguen este proceso son: Proyecto de Drenaje, Refuerzo del Pavimento y Análisis Beneficio Costo, más sin embargo existen otros temas que se tocarán de manera enunciativa, tales como:

- Proyecto de Problemas de Erosión.- Es el análisis de zonas expuestas a erosión que no pudiesen estar protegidas y que causan un problema latente a la estructura del pavimento, en donde como solución entre otras puede ser el colocar recargues a volteo con material con calidad de subrasante o arropes con material del tipo vegetal.
- Proyecto Geométrico.- Es el trabajo topográfico desde el levantamiento de planta, perfil y secciones, éstas últimas generalmente a cada 20 m y en un ancho que abarque más allá del pie de los taludes. Este tipo de proyectos de reconstrucción no admiten cambios de alineamiento vertical u horizontal, por lo que únicamente se hace un ajuste de la rasante, calculando las curvas verticales del ajuste de ésta y en caso de existir se atenderán puntos conflictivos. El levantamiento se tiene que realizar con sus referencias de trazo bien establecidos, colocando Bancos de Nivel a cada 500 m.

Proyecto de Señalamiento.- Se debe realizar el levantamiento del señalamiento vertical y horizontal actual indicando su estado y así mismo lo que requiere que se haga ya sea pintar, reubicar o colocar todo esto de acuerdo al "Manual de Dispositivos de Señalamiento de la SCT".

- Planos Constructivos y Datos de Construcción.- Son los planos tanto del proyecto geométrico como de obras menores, señalamiento de obra, y todo aquel que se pueda generar en el proyecto ejecutivo.
- Programa de Trabajo y Flujo Financiero.- Este inciso se genera una vez realizado el presupuesto para determinar conceptos, montos a invertir y tiempos de ejecución. Generalmente el inicio de obra está indicado por el Contratante.

Los incisos que a continuación se describen los considero como la parte más importante de esta etapa del Proyecto, estos a su vez se realizan tomando como base todos los datos obtenidos en la etapa de Estudio Preliminar y en los descritos en párrafos anteriores de la etapa de Proyecto Ejecutivo.

V.I TRABAJOS POR EJECUTAR

Es el documento que junto con el Presupuesto de obra constituyen la parte culminante y principal de entrega al Contratante, ya que con estos dos documentos se licita la obra.

En los Trabajos por Ejecutar se detalla paso por paso cada etapa del Procedimiento Constructivo, se inicia con una pequeña introducción con datos del tramo, objeto del concurso y muy someramente del proyecto como ancho de corona y enfatizando las normas a las que se sujetará el Señalamiento de Obra y su estricta colocación antes de iniciar cualquier trabajo. Posteriormente siguen los siguientes incisos.

- A) Obligaciones del Contratista.- Son lineamientos generales referentes a utilización de la mano de obra del lugar, no considerar acarreos en sus precios, necesidad de arreglos con transportistas, no considerar por aparte el pago de extracción de materiales y que los conceptos no susceptibles de medición no se pagaran por separado.
- B) Terracerías.- Se deben considerar como terracerías las capas de la sección estructural comprendidas entre el nivel superior del Terreno Natural y el nivel inferior de la subbase, entre ellas están el cuerpo de terraplén, la subyacente y la

subrasante. En este inciso se debe describir la colocación de cada una de ellas; su espesor ancho, compactación y procedencia del material que se ocupará para su formación.

- C) Obras de Subdrenaje - Si el proyecto incluye en su procedimiento la colocación de subdrenes, se debe describir el tipo y su procedimiento constructivo detallado desde la excavación hasta el relleno superior, enlistándose la ubicación de donde se colocará
- D) Obras Menores de Drenaje - Se debe enlistar las obras que se repararán o se construirán nuevas, detallando, tipo, dimensiones y anexando proyectos tipo.
- E) Obras Complementarias de Drenaje - Al igual que el inciso anterior se debe enlistar el tipo de ubicación y dimensiones de las obras a reparar o construir nuevas, anexando croquis o plano de la sección tipo.
- F) Problemas Especiales (Zonas Inestables o de Riesgo).- Los alcances de este punto los debe especificar la Dependencia al momento de concursar el Estudio. Por medio del Estudio Geológico se puede determinar si la falla que provoca la inestabilidad de los taludes es local o es debida a una falla geológica regional, para el primer caso se pueden establecer alternativas de solución que pueden ser definitivas y para el segundo caso únicamente medidas temporales. Entre las soluciones que se plantean con mas frecuencia son cambiar el eje de trazo hacia tierra adentro, muros de contención y drenes transversales de penetración, más sin embargo para poder determinar con exactitud dimensiones de las dos ultimas alternativas es necesano llevar a cabo un estudio específico de estabilización de taludes que incluya levantamiento topográfico a detalle con curvas de nivel de la zona en estudio, sondeos de perforación mixta y estudios geofísicos o geosísmicos, a través de los cuales podamos obtener los datos necesarios para el diseño requerido, lo cual generalmente no esta en los alcances de los proyectos de evaluación y reconstrucción de pavimentos

G) Pavimento - Se entenderá como pavimento las capas de la Sección Estructural que quedan comprendidas arriba de la capa subrasante, comprendiendo subbase, base y carpeta, así como si se autoriza riego de ello. Al igual que el inciso B se debe describir el procedimiento constructivo de cada una de ellas por cada zona homogénea indicando ancho, espesor, compactación y procedencia del material que las conformarán. Así mismo se indicará si alguna capa será sujeta a algún tratamiento, detallando el mismo.

En este inciso también quedarán incluidas actividades previas que se hagan a la estructura actual tales como fresado, recuperación, corte de la carpeta existente y será mencionado en la parte inicial del inciso

- G) Señalamiento - Se enlistarán las señales que requieran ser reparadas, pintadas, reubicadas o colocadas, indicando ubicación, leyenda y tipo de señal, todo esto en ambos sentidos del tramo
- H) Espesores - Se debe indicar si los espesores serán o no medidos compactados
- I) Dosificaciones - Para determinarlas se puede hacer referencia a los libros de Normas de la S.C.T., pero aún así la Ejecutora al momento de la realización de la obra debe llevar a cabo tramos de prueba para determinarlas con exactitud, ya que este concepto está ligado a las características de los materiales
- J) Requerimientos de Calidad - Para cada uno de los materiales involucrados en la Reconstrucción del Pavimento, ya sea en Terracería, Drenaje, Pavimento o Señalamiento, se debe de indicar las calidades que debe cumplir y a qué prueba debe sujetarse la revisión, para tal efecto se debe mencionar nombre de la prueba y los límites establecidos o en su caso cuando sea aplicable se hará referencia a las calidades de las Normas de la S.C.T. indicando libro, capítulo, inciso y subinciso a la que se sujetará la calidad deseada

Este inciso es de suma importancia para una buena ejecución de la obra por lo que debe ser lo más preciso posible

- K) **Normas de Ejecución.**- Se refieren al procedimiento de Ejecución que debe seguir cada una de las etapas de la Reconstrucción, en las cuales se debe de indicar además de la Ejecución, la medición del Concepto que es la unidad en la que se medirá y la base de pago que son las actividades que incluye el precio de tal o cual concepto.

Para algunos conceptos se puede hacer referencia a los libros de Normas de la S.C.T. pero para otros como la Carpeta Asfáltica que requiere en su elaboración el cemento AC-20 que no está incluido en las Normas, se debe realizar una Especificación Particular, la cual debe describir los tres conceptos requeridos: ejecución, medición y base de pago.

Para complementar los Trabajos por Ejecutar se debe anexar un cuadro resumen con los Bancos de Materiales a utilizar en el Proyecto y las Especificaciones Particulares generadas de conceptos que no están incluidos en las Normas de la S.C.T. o que su descripción no se adecua a los requerimientos del proyecto.

V.2 CATALOGO DE CONCEPTOS

Para la elaboración del catálogo se debe realizar previamente el cálculo de volumetrías de todos los conceptos involucrados en la ejecución de la obra, tomando en cuenta desperdicios abundamientos y las dosificaciones especificadas en el documento de los Trabajos por Ejecutar.

Los conceptos deben considerarse por unidad de obra terminada, es decir que se paga la elaboración del concepto total y no por partes.

En el catálogo de conceptos se debe incluir la siguiente información:

Norma o Especificación Particular.- Cada concepto debe estar referenciado a los incisos de las normas de la S.C.T. para considerar todas las cuestiones que tengan que ver con su Ejecución, Medición y Base de Pago, así mismo en caso de que el concepto del proyecto no esté en dichas normas se debe desarrollar su

Especificación Particular (EP), así en esta columna se debe incluir el número de norma o EP que describa al concepto.

- **Concepto.-** Es el nombre que de acuerdo a las normas se le da a cada actividad involucrada en la elaboración del proyecto.
- **Unidad.-** Está determinada en las normas de la S.C.T. y en caso de que sea EP el proyectista la debe fijar de acuerdo a lo que se usa normalmente en obra, tratando de establecer la mejor unidad para fines de medición y pago.
- **Cantidad.-** Es el volumen de obra total de cada concepto que se calculó en los generadores y que se debe ejecutar en la obra.

Este documento junto con el de Trabajos por Ejecutar son los que se le entregan a las empresas que concursan para la ejecución de la obra y que les sirve de base para que hagan su presupuesto.

V.3 PRESUPUESTO DE OBRA

Es el documento culminante del proyecto de Reconstrucción de Pavimentos donde se plasma en cifras monetarias el monto total de la obra. Este documento se genera a partir del catálogo de conceptos en donde se le ingresan dos columnas más: la de Precios Unitarios con número y letra y la del Importe.

En este mismo concepto se debe anexar el análisis del precio unitario de cada uno de los conceptos descritos en el presupuesto los cuales deben contener los tres grupos de cálculo: mano de obra, materiales y equipo.

Por otra parte el presupuesto de obra le sirve a la Dependencia o Contratante para asignarle los recursos necesarios a la ejecución de la obra o si ya tiene asignado un monto y saber si es suficiente. Así mismo sirve de parámetro de comparación para saber si los presupuestos de las empresas participantes en la adjudicación del contrato están dentro de un rango razonable de cotización.

CAPITULO VI

EJEMPLO ILUSTRATIVO

En este capítulo se complementará todo lo expuesto anteriormente en los capítulos del II al V, desarrollándose el caso de una de Evaluación y Reconstrucción de un tramo específico de la Red Federal cuyos datos son los siguientes:

Carretera: San Juan del Río - Xilitla
Tramo: San Juan del Río - Lim. Edos. Oro-SLP
Subtramo: Km 43+000 - 50+000 (Cpo.Unico)
Origen: San Juan del Río, Oro.
En el Estado de Querétaro

Este ejemplo será lo más condensado posible para tratar de no llenar información repetitiva, pero sin perder su relevancia que ayude a un mejor entendimiento por lo que en algunos incisos se mostrará un ejemplo con un formato lleno y posteriormente se presentará el resumen de los datos totales.

Los estudios se dividen en dos etapas: Proyecto Preliminar y Proyecto Ejecutivo, los cuales se abordaron en capítulos anteriores siendo el del capítulo III de Evaluación donde tal vez no se apego estrictamente el desarrollo del proyecto ya que se escribió en una forma integral todas las formas de realizar el trabajo y las variantes en cada análisis que se requiriere, por lo que en este ejemplo se desarrolla la metodología que se exige por parte de la Contratante que en este caso es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través del Centro SCT del Estado de Querétaro.

VI.1 ESTUDIO PRELIMINAR

VI.1.1 RESUMEN EJECUTIVO

Para tener una idea general del proyecto este inciso es de gran importancia para los funcionarios que revisan el documento, ya que muchas veces no cuentan con el tiempo suficiente para leer el expediente completo y el Resumen Ejecutivo les sirve para conocer más rápido, las cuestiones más importantes del Estudio.

El tramo en estudio se localiza en el Estado de Querétaro en la parte sur de la Meseta Central, en la carretera federal N° 120 en una longitud de 7.0 Km del Km 43+000 al 50+000 en una zona que se puede considerar como plana con algunos lomeríos suaves; la sección tipo es en terraplen, a excepción de la zona urbana de la Cabecera Municipal de Cadereyta que comienza en el Km 47+000 y finaliza en el Km 49+200.

La zona geológica en el que se localiza el tramo en estudio es la Provincia del Eje Neovolcánico, se encuentra sobre depósitos de suelo del tipo aluvial intercalado con rocas sedimentarias del tipo areniscas e igneas extrusivas de tipo basalto. Por otro lado se tiene una temperatura templada, semiarido con verano cálido, con temperatura media anual de 16.0 C y una precipitación media anual de 592 mm.

A lo largo del tramo se localizaron 16 obras menores de drenaje, presentando hierba en entrada y salida y poco arolve; de las 16 obras de drenaje, 14 son tubos de 75 cm de diámetro los cuales para tener un adecuado funcionamiento hidráulico se tienen que cambiar por tubos de 120 cm de diámetro, las obras restantes son del tipo losa, las cuales están en buenas condiciones estructurales y lo que requieren es ampliarse transversalmente, ya que se incrementara el ancho de corona

El tramo presenta problemas de erosión de taludes, por lo que se deben arropar con recargues.

Los tipos de deterioros que se presentan con más frecuencia son: roderas, poco agrietamiento tipo piel de cocodrilo y exudación de asfalto, los dos primeros provocados por una deficiencia estructural en las capas del pavimento y los segundos por una mala

aplicación de los reencarpetados; además se tienen hombros caídos provocados por lo reducido del ancho de carpeta y corona.

Se realizaron 14 pozos a cielo abierto y 14 calas a lo largo de todo el tramo en estudio, con lo cual se pudo concluir que el pavimento está conformado por una primera capa de carpetas principalmente, sobrecarpetas y capa de renivelación en algunos tramos, teniendo un espesor promedio de siete punto siete centímetros (7.7 cm); debajo de la primera capa se encontró la capa subrasante, la cual esta formada por arena-limosa (tepetate) muy resistente, con un VRS mayor a treinta y ocho punto nueve por ciento 38.9% y un espesor variable entre diez punto cero centímetros (10.0 cm) y treinta y tres punto cero centímetros (33.0 cm).

Posteriormente se encontró el cuerpo de terraplén, formado por arcilla limosa, el espesor explorado va de veintiséis punto cero centímetros (26.0 cm) a noventa y tres punto cero centímetros (93.0 cm) y presenta un VRS mínimo de cinco punto cero por ciento (5.0%), el cual fue el que se tomó para el diseño de la nueva estructura.

Como terreno natural se tiene una arena limosa (tepetate) con una alta resistencia, el cual tiene un VRS mayor al ochenta punto ochenta por ciento (80.80%).

Se realizó el estudio de tránsito, dando como resultado un TDPA de 3,708 vehículos con una tasa de crecimiento de 2%. Considerando 15 años de servicio se calcularon los ejes equivalentes, obteniéndose un total de 11,240,679 para la profundidad de 60 cm.

Utilizando los datos antes mencionados se procedió al diseño de la estructura de pavimento utilizando el catálogo estructural propuesto por la AASHTO y utilizando el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM considerando como terreno de apoyo el cuerpo de terraplén, es decir, la capa de menor calidad de acuerdo a los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio, ésta capa tiene un VRS de cinco punto cero por ciento (5.0%).

De acuerdo al catálogo AASHTO (tablas IV.6 y IV.7) se obtuvo la clasificación de tránsito T7 y de Resistencia del suelo de cimentación de S3, por lo que para esa combinación los catálogos proponen las siguientes dos estructuras::

Alternativa 1: Sub-rasante de 15.0 cm
 Base estabilizada con Cemento Portland de 12.5 cm
 Base estabilizada con Cemento Portland de 12.5 cm.
 Base hidráulica de 15.0 cm
 Carpeta de Concreto Asfáltico de 5.0 cm

Alternativa 2: Sub-rasante de 12.5 cm
 Base estabilizada con Cemento Portland de 20.0 cm
 Base hidráulico 15.0 cm
 Base Negra de 12.5 cm

Ahora aplicando el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM y revisada por el AASHTO, con un nivel de confianza de $Q = 0.9$, se obtuvo la tercera alternativa, la cual esta constituida de la siguiente manera:

Alternativa 3: Sub-rasante de 15 cm
 Sub-base hidráulica de 12 cm
 Base hidráulica de 12 cm
 Carpeta de Concreto Asfáltico de 10 cm

Todas las alternativas cumplen satisfactoriamente desde el punto de vista estructural, pero una vez realizado el estudio económico se concluyó que la alternativa óptima es la tercera, por lo que se propuso como alternativa definitiva.

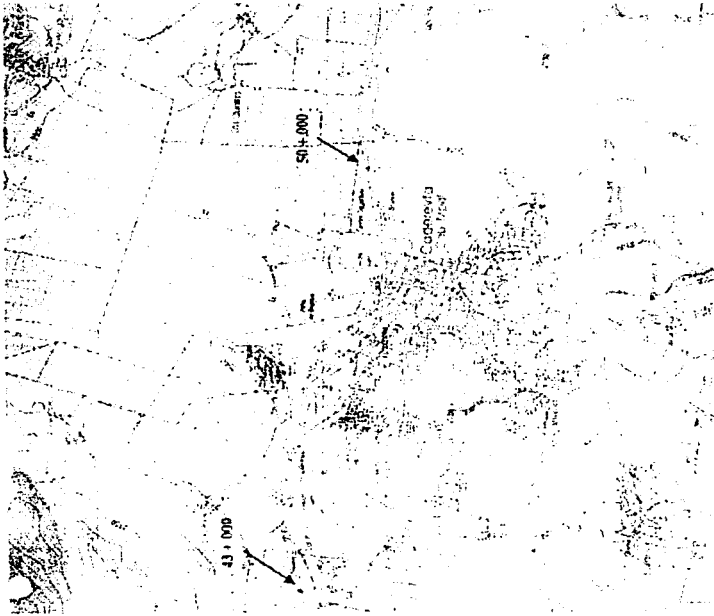


FIG. VI.1 LOCALIZACION DEL TRAMO EN ESTUDIO.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.1.2 ENTORNO GEOGRAFICO.

Este inciso corresponde a la recabación de la información geográfica y estadística referentes a la zona en Estudio y que sirve como marco de referencia para el desarrollo del Proyecto.

A) UBICACIÓN

La carretera San Juan del Rio - Xilitla, entre los km. 43+000 al 50+000, se localiza en toda su extensión dentro del Estado de Querétaro, en lo que corresponde a la parte sur de la Meseta Central y forma parte de la carretera federal No. 120 San Juan del Rio - Xilitla.

El origen del tramo en estudio inicia cerca del entronque hacia la población de Tunas Blancas, en las coordenadas 20° 42' de latitud Norte y 99° 51' de longitud Oeste, y termina a la salida de la población de Cadereyta, aproximadamente en las coordenadas geográficas 20° 42' de latitud Norte y 99° 48' de longitud Oeste. San Juan del Rio se encuentra a 161 Km de la Ciudad de México, por la carretera 57, y a 52 Km hacia el Sureste de la ciudad capital del Estado de Querétaro, y es la segunda ciudad en importancia en el Estado, después de la capital. En la figura No. VI.1 se presenta un plano de localización.

A) TOPOGRAFIA.

El estado de Querétaro tiene dos sistemas montañosos. Al norte de la Sierra Gorda; y al Sur, la Sierra Queretana, de ésta última se forma un macizo montañoso en Pinal de Amoles. Estas sierras forman pequeños valles como son: al Suroeste de la Sierra de la Llave, el de Chichimequillas; luego el de Cadereyta y por último el de San Juan del Rio y Tequisquiapan, por lo cual las zonas en estudio son practicamente planas con lomeríos suaves (ver figura No. VI.1).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B) CLIMA.

De acuerdo a la carta de climas elaborada por Köppen Geiger modificada por E. García, el clima predominante a lo largo del tramo, es BS1kw(w) (i') g. es decir, de temperatura templada, semárido con verano cálido, temperatura media anual entre 12 y 18° C, siendo la del mes más frío entre -3 C y 18 C y la del mes más caliente (que es antes de junio), mayor a 18° C. El régimen de lluvias es del tipo de verano con una intensidad pluviométrica media anual de entre 500 y 1000 mm (dato recabado del Diario Oficial del lunes 10 de junio de 1996).

C) GEOLOGIA.

La provincia del Eje Neovolcánico, que es donde se localiza nuestra zona de estudio, abarca gran porción del centro de Querétaro, la que está constituida litológicamente por rocas volcánicas del terciario y cuaternario y de diversos tipos y texturas como son derrames lávicos o basaltos, tobas basálticas y brechas volcánicas del tipo basáltico que forman en conjunto un extenso y grueso paquete superpuesto a las rocas del Mesozoico que caracterizan al dominio de la Sierra Madre Oriental.

La roca basáltica en ocasiones se encuentra muy fracturada y dichas fracturas están rellenas de finos plásticos, por otro lado, debido a la forma de enfriamiento brusco y al tiempo, se tienen piroclásticos entre la roca basal como grava del tipo pómez. Esta característica se aprecia en todos los bancos en explotación aledaños en mayor o menor grado, y en algunos bancos se despolvan los agregados pétreos.

Fisiográficamente la zona donde se ubica el terreno en estudio, queda clasificada dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, en la subprovincia de Llanuras y Sierras de Querétaro y en una zona de lomerío suave y plana con sistema de Topoformas del tipo aluvión antiguo.

El tramo que nos ocupa se encuentra sobre un depósito de suelo del tipo aluvial intercalado con una serie de rocas sedimentarias del tipo areniscas, e ígneas extrusivas del tipo basalto.

Dado que el tramo en estudio se sitúa en una zona plana y de lomerío suave, la sección tipo es en terraplén. Por lo tanto, y de acuerdo a la inspección realizada en campo a los terraplenes, se determinó que existen problemas de erosión en los taludes de las terracerías, pues están formadas por la desintegración de las tobas que aparecen en el lugar y que dan lugar a arenas limosas (tepetates) o arcillas activas de préstamos laterales en las zonas planas. No existen zonas de posible riesgo pues no se observan en las cartas geológicas grietas o fracturas lo cual también fue corroborado en campo. Además, la zona pertenece a una región pesisnica, es decir de sismos poco frecuentes.

VI.1.3 DRENAJE

Para el estudio de drenaje del camino se revisarán todas las obras de drenaje menor (que en la SCT se considera son aquellas que tienen su claro menor de 6.0 m), comprendidas dentro del tramo, para lo cual fue necesario llevar a cabo una inspección técnica, a fin de obtener las características más importantes de cada una de las obras, tales como ubicación, dimensiones, grado de azolvamiento, estado físico que presentaban al momento de la inspección, comportamiento hidráulico, etc. El resultado de la visita se muestra en la tabla general anexa (tabla VI.1).

La zona por donde pasa el camino en los dos tramos en estudio pertenecen a la región hidrológica N. 26 según clasificación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

El tipo de vegetación que se tiene en ambos lados del camino esta constituida principalmente por terrenos destinados al cultivo.

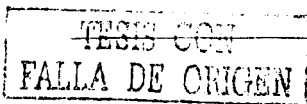


TABLA VI 1 ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS MENORES DE DRENAJE

TIPO DE OBRA	LOCALIZACION (CAD)	DIMENSIONES (M)	PRESENTA PROBLEMAS DE:	SE REQUIERE:
TUBO DE LAMINA	Km 43+220	0.76	hacer canal de salida	Construir canalización de salida. Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro.
TUBO DE LAMINA	Km 43+320	0.76	Ninguno	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro.
TUBO DE LAMINA	Km 43+800	0.76	Azolve 5% en entrada y salida	Desazolver entrada y salida Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro.
TUBO DE LAMINA	Km 43+932	0.76	Azolve en entrada y salida. Cabezal fracturado.	Desazolver entrada y salida Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro.
TUBO DE LAMINA	Km 44+138	0.76	Azolve 5% en entrada y salida	Desazolver entrada y salida Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro.
TUBO DE LAMINA	Km 44+953	0.76	Azolve 5% entrada y salida Erosión a la salida del tubo	Reubicar tubo de agua Desazolver entrada y salida. Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro Construir plantilla de salida

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FALTA DE ORIGEN

TRAMO COM. TUBOS

TIPO DE OBRA	LOCALIZACION (CAD)	DIMENSIONES (M)	PRESENTA PROBLEMAS DE:	SE REQUIERE:
TUBO DE LAMINA	Km 46+026	0.76	Azolve en entrada y salida Falta de salida al tubo	Desazolver entrada y salida Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diametro Construir plantilla de salida
TUBO DE LAMINA	Km 46+028	0.76	Azolve en entrada y salida Azolve 5% en tubo Falta cabezote Erosion a la salida del tubo	Desazolver entrada, salida y tubo Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diametro. Construir plantilla a la salida
TUBO DE LAMINA	Km 46+445	0.76	Azolve en entrada y salida Azolve 10% en tubo.	Desazolver entrada, salida y tubo. Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diametro
TUBO DE LAMINA	Km 46+627	0.76	Azolve en entrada y salida	Desazolver entrada y salida Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diametro Construir nueva alcantarilla
TUBO DE LAMINA	Km 46+905	0.76	Esta tapada del lado derecho por construcción de casa y gasolinera pero tiene una coladera de tormenta Azolve 5% salida.	Desazolver la salida Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diametro

TIPO DE OBRA	LOCALIZACION (CAD)	DIMENSIONES (M)	PRESENTA PROBLEMAS DE:	SE REQUIERE:
LOSA	Km 47+239	1.5X1.0	Azolve 5% en entrada y salida. Falta cabezote.	Desazolver entrada y salida.
TUBO DE LAMINA	Km 47+524	0.76	Azolve en entrada y salida. Azolve 5%. Sin cabezote.	Desazolver entrada y salida. Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro.
LOSA	Km 48+210	1.0X0.7	Azolve 90 % en salida. Con arena-limosa. Azolve en entrada.	Desazolver y destapar en salida.
TUBO DE LAMINA	Km 49+121	0.76	Azolve 50% en salida. Azolve 10 % en tubo. Cabezote fracturado en ambos lados.	Desazolver salida y tubo. Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro.
TUBO DE LAMINA	Km 49+482	0.76	Azolve en entrada y salida. Cabezote agrietado.	Desazolver entrada y salida. Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Actualmente el tramo en estudio cuenta con 16 obras de drenaje transversal, presentando hierba en entrada y salida y poco azolve, de las 16 obras de drenaje, 14 son tubos de 75 cm de diámetro, los cuales para tener un adecuado funcionamiento hidráulico se tienen que cambiar por tubos de 120 cm de diámetro, las obras restantes son del tipo losa que están en buenas condiciones estructurales y que se tienen que ampliar transversalmente. Para las cuales se realizó un estudio hidrológico y uno hidráulico en cada una de éstas, que junto con lo observado en la visita de campo, son la base para las recomendaciones que se incluyen en la tabla VI.3.

MEMORIA DE CALCULO DEL ESTUDIO HIDROLOGICO

El estudio hidrológico se realizó mediante la aplicación del método de Racional, apoyándose en las cartas topográficas editadas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI, para determinar las características fisiográficas de las cuencas, conviene mencionar que drenan escurrimientos locales y no cuentan con una cuenca de aportación mayor a los 0.25 km², por lo que trabajan como obras de alivio. Las obras de drenaje 9 a 11 se encuentran dentro de la zona urbana de Cadereyta, Qro. En el alarquillo (Fig. VI.1) anexa se indica la delimitación de las cuencas a las que se les aplico el estudio hidrológico, el cual se debe calcular para un Tiempo de Retorno (Tr) de 10, 25 y 50, en este trabajo se presenta el calculo para Tr de 10 años (Tabla VI.2) y en la tabla general (Tabla VI.3) se resumen los resultados del estudio, el método utilizado relaciona la precipitación y el escurrimiento, para su aplicación se requirió de la información de lluvia contenida en las Isoyetas de Intensidad - Duración - Frecuencia para la Republica Mexicana que publicó la S.C.T., y que se anexan también, los planos que contienen esta información fueron elaborados con los datos de intensidad de lluvia obtenidos a partir del análisis de los registros pluviográficos de las estaciones localizadas en la zona en estudio y que son operadas principalmente por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

El análisis estadístico de la información de lluvia para elaborar los planos de isoyetas se

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

efectuó utilizando diez distribuciones de probabilidad, eligiendo la más conveniente con la aplicación de la prueba de ajuste de mínimos cuadrados. Como ya se indicó la información de lluvia contenida en estos planos es utilizada en los métodos hidrológicos que relacionan la lluvia con el escurrimiento, mismos que son aplicables a cuencas pequeñas, entendiéndose por cuenca pequeña aquella que concentra el escurrimiento en periodos muy cortos de tiempo y las características de la precipitación son más importantes que otros parámetros hidráulicos del cauce.

Con base en los estudios hidrológicos para las corrientes principales cuyas características fisiográficas fueron bien determinadas, se pudo determinar el comportamiento hidrológico de las corrientes en algunas de las obras del camino, obteniéndose el caudal que se generaba en cada una de ellas, complementando estos resultados con la información de campo de velocidad estimada y niveles máximos de agua.

TABLA VI. 2 METODO RACIONAL ESTUDIO HIDROLOGICO (TR = 10 AÑOS)
(CALCULO DEL GASTO HIDROLOGICO)

$Q = 0.278 C I A$

Q=Gasto en m³/s.

C=Coefficiente de escorrentía adimensional

A=Area de cuenca en km²

CUENCA N°	AREA KM ²	LONGITUD DEL GAUCE (m)	DESNIVEL 1	DESNIVEL 2	PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENT (min)	COEF (adim)	INTENSIDAD (mm/hr)	Q (m ³ /s)
A	0.15	550	2030	2022	0.015	12.627	0.17	136	0.96
B	0.13	600	2040	2027	0.022	11.651	0.17	136	0.84
C	0.12	650	2060	2035	0.038	10.04	0.17	136	0.77
D	0.12	630	2060	2037	0.037	9.902	0.17	136	0.77
E	0.17	900	2100	2038	0.069	10.252	0.17	136	1.09
F	0.21	700	2110	2040	0.1	7.324	0.17	136	1.35
G	0.11	500	2120	2040	0.15	4.717	0.17	136	0.71
H	0.11	450	2090	2040	0.111	5.006	0.17	136	0.71
I	0.1	400	2090	2040	0.125	4.368	0.17	136	0.64
J	0.1	310	2090	2038	0.168	3.203	0.17	136	0.64
K	0.12	400	2070	2038	0.08	5.187	0.17	136	0.77
L	0.15	900	2110	2038	0.08	9.585	0.17	136	0.96
M	0.3	950	2100	2039	0.064	11.002	0.17	136	1.93
N	0.2	600	2037	2036	0.002	29.328	0.17	136	1.29
O	1.13	2800	2160	2039	0.043	29.474	0.17	80	4.27
P	0.02	2500	2160	2039	0.048	25.891	0.17	80	2.38

TESIS CON
FALLA DE OPINION

TABLA V.3 RESUMEN COMPARATIVO DE GASTOS HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS
DE CADA UNA DE LAS OBRAS MENORES

N° DE OBRA	KM	TIPO DE OBRA DIM (m)	GRADO DE AZOLVE (%)	FUNC. HIDRA	N° DE CUENCA	HIDROLOGICO			HIDRAULICO		RECOMENDACIONES
						Q (m³/s) Tr = 10	Q (m³/s) Tr = 25	Q (m³/s) Tr = 50	VEL. EST. (m/s)	Q (m³/s)	
1	43+220	TL 0.76	—	MALO	A	0.96	1.16	1.22	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
2	43+320	TL 0.76	—	MALO	B	0.84	1.01	1.06	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
3	43+800	TL 0.76	5%	MALO	C	0.77	0.93	0.98	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
4	43+932	TL 0.76	5%	MALO	D	0.77	0.93	0.98	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
5	44+138	TL 0.76	5%	MALO	E	1.09	1.32	1.38	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
6	44+953	TL 0.76	5%	MALO	F	1.35	1.63	1.71	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
7	45+466	TL 0.76	5%	MALO	G	0.71	0.95	0.89	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
8	46+028	TL 0.76	5%	MALO	H	0.71	0.85	0.89	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
9	46+445	TL 0.76	10%	MALO	I	0.64	0.78	0.81	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
10	46+627	TL 0.76	5%	MALO	J	0.64	0.78	0.81	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
11	46+905	TL 0.76	5%	MALO	K	0.77	0.93	0.99	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro
12	47+239	L 1.5 X 1.0	5%	REGULAR	L	0.96	1.16	1.22	2	1.5	Desazolver la obra y realizar una limpieza periódica a la entrada y salida de la obra
13	47+524	TL 0.76	5%	MALO	M	1.93	2.33	2.44	2	0.907	Sustituir el tubo actual por uno de 1.20 m de diámetro

TESIS CON
 TALLA DE ORIGEN

EJEMPLO ILUSTRATIVO.

14	48-210	1.10 X 0.70	90%	REGULAR	N	1.29	1.55	1.63	2	14	Desazotar la obra y realizar una limpieza periódica a la entrada y salida de la obra
15	48-121	TL 0.76	50%	MALO	N	4.27	5.02	5.45	2.5	113	Sustituir el tubo actual por uno de 1.2 m de diámetro
16	48-482	TL 0.76	5%	MALO	O	2.38	2.8	3.04	2.5	113	Sustituir el tubo actual por uno de 1.2 m de diámetro

NOMENCLATURA: L = LOSA
TL = TURO DE LAMINA

En la comparativa de los gastos se debe cumplir que el Gasto Hidráulico sea mayor al Gasto Hidrológico para que la obra sea suficiente en sus dimensiones, para este caso de la obra 1 a la 11, la 13, 15 y 16 los tubos existentes de 0.76 m se deben cambiar a 1.20 m de diámetro por Norma, aunque cumplan con el gasto requerido. Además las obras 15 y 16 su gasto se regulariza en más del 70 % ya que discurren por terrenos de cultivo.

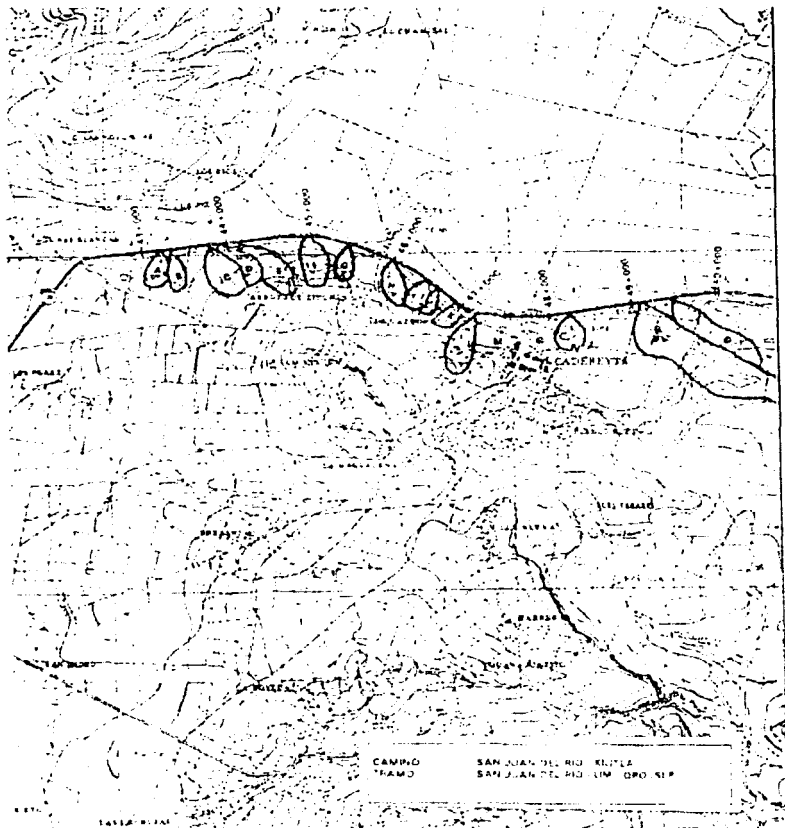


FIG. VI.2 CUENCAS HIDROLOGICAS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación se presenta el informe fotográfico de algunas de las obras menores que se levantaron en campo.

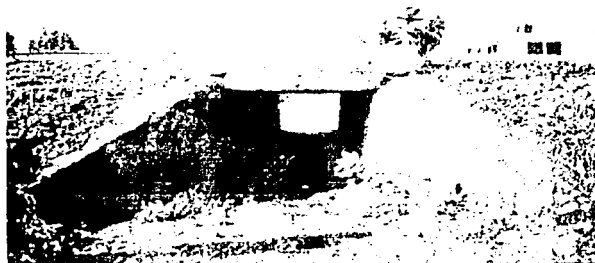


Fig. 1.-Culvert de concreto, con un vano de 1.20 m. de ancho y 1.20 m. de alto.

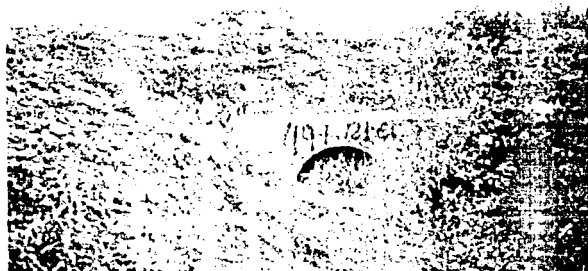


Fig. 2.-Culvert de concreto, con un vano de 1.20 m. de ancho y 1.20 m. de alto, con un vano de 1.20 m. de ancho y 1.20 m. de alto, así como un vano de 1.20 m. de ancho y 1.20 m. de alto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.1.4 ANTECEDENTES DE CONSTRUCCION Y DE CONSERVACION

En este caso los únicos datos que se tuvieron disponibles fueron los referentes a los trabajos de mantenimiento realizados al tramo en estudio durante los últimos años, por otra parte se investigó la antigüedad de la carretera, así pues consultando la obra 'Caminos y Desarrollo, México 1925-1975' de la extinta SOP, editado en 1976, aparece ya construido en la red carretera existente en 1940, es decir, los tramos se construyeron en la década de los 30's.

Los trabajos de conservación que se han realizado en este tramo en los últimos cinco años, son los siguientes:

AÑO	TRABAJO REALIZADO
1994	Bacheo y Reparaciones Superficiales tales como Renivelaciones Aisladas y Riego Asfáltico de Protección.
1995 a 1999	Conservación rutinaria mediante bacheo superficial y renivelaciones aisladas.

VI.1.5 OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE.

Una vez realizado el recorrido del tramo en estudio se observó que no existen actualmente obras complementarias de drenaje, así mismo se determina que por el tipo de topografía, la cual es plana y de lomerío suave, y por la altura baja de los terraplenes, la cual no sobrepasa el 1.5 m, que no se requiere la construcción de este tipo de obras. En la tabla VI.4 se muestra el formato para el levantamiento de las obra complementarias y que así mismo se usa para relacionar las obras que se requiere construir.

VI.1.6 ESTUDIO DE PROBLEMAS DE EROSION

Dado que el tramo en estudio se sitúa en zonas de lomerío suave y planas, y una vez realizada la inspección física en campo a los terraplenes, se determinó que existen problemas de erosión avanzada en los taludes de las terracerías. Para contrarrestar dicho problema, se deberán arropar los taludes en ambos lados en toda la longitud del tramo, y debido a que la recomendación anterior propiciará la ampliación de la corona, es necesario que este arropo se compacte de acuerdo a los trabajos por ejecutar que se indican en el diseño detallado. Además se regenerará con vegetación los taludes, se ampliarán las obras de drenaje menor. Para el caso de las obras menores de drenaje, se debe colocar a la entrada areneros que, previo a la temporada de lluvias, se desazolven.

Se han observado hormigueros sobre los taludes de los terraplenes, dichos insectos han formado cavidades que atraviesan los terraplenes formando redes de microtúneles que debilitan la estructura del terraplén por lo que se debe hacer una campaña de fumigación en los taludes.

VI.1.7. DETERMINACION DE ZONAS HOMOGENEAS

Para la determinación de zonas se aplicaron los criterios indicados en el capítulo III Evaluación y que son:

- Topografía - Zona de plana a lomerío suave.
- Geología - Las zonas del camino son atravesadas por rocas muy alteradas, las cuales dan origen a suelos residuales, como limos arenosos con materiales piroclásticos, que se aprecian en los sitios de lomerío suave, y zonas planas formadas por suelos aluviales, en este caso arcillas.

- Tránsito.- EL tránsito es constante, no hay entronques importantes que pudiesen dividir el flujo vehicular, ya que el poblado de Cadereyta se encuentra al final del tramo, en el capítulo B 3. El TDPA es de 3,708 vehículos
- Resistencia Elástica del Pavimento.- Mediante la obtención de los resultados de la medición de las deflexiones con la viga Benkelman en diferentes tramos de la carretera se puede zonificar. En la fig. VI 3 se observa la medición de la deflexión y en seguida se anexa el formato utilizado para el registro de las deflexiones



FIG. VI.3 MEDICIÓN DE DEFLEXIÓN CON VIGA BENKELMAN. OBSERSESE LA COLOCACION DE LA VIGA DEBAJO DEL EJE TRASERO DEL CAMION

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA VI.5 ESTUDIO DE DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

CARRILERA: SAN JUAN DEL RIO N. O. A.				CARACTERÍSTICAS DE LA VIGA			
ORIGEN:	SAN JUAN DEL RIO (M. 1100) ORD. SUP.			RELACION DEL BRAZOO:	2:	APRON. MICR. 000.7	
ORIGEN:	SAN JUAN DEL RIO (ORD.)						
SUBTRAMO:	EST. 11700 (A) 5077347						
DEL. K.M.	15.765	AL K.M.	16.546	CARGA C.M.P.	100	UNIDADES PESO EN T. DE TRASERO	
CARRILLO	CARRILLO		DEB. CHCO.	DEL CAMBON	5.2	CON FACTOR DE TEMP.	
FECHA:	JULIO 8, 1967			ESPEJOR DE LA CARPETA	5	CM.	

K.M.	POSICION		TEMP. C	VIGA BENKELMAN				
	EX	INT.		CARPETA	LECTURAS (EN PULG)		CORRECCION Y RESULTADO	
					ENTRADA	SALIDA	ES	CS	C
15770	XXX		30.0	3.00		0.0		35.24
15775	XXX		30.0	3.00		0.0		35.15
15780	XXX		30.0	3.00		0.0		34.236
15785	XXX		30.0	3.00		0.0		34.14
15790	XXX		30.0	3.00		0.0		33.16
15795	XXX	XXX	30.0	3.00		0.0		32.16
15800	XXX		30.0	3.00		0.0		31.16
15805	XXX		30.0	3.00		0.0		30.16
15810	XXX		30.0	3.00		0.0		29.16
15815	XXX		30.0	3.00		0.0		28.16
15820	XXX	XXX	30.0	3.00		0.0		27.16
15825	XXX		30.0	3.00		0.0		26.16
15830	XXX		30.0	3.00		0.0		25.16
15835	XXX		30.0	3.00		0.0		24.16
15840	XXX		30.0	3.00		0.0		23.16
15845	XXX		30.0	3.00		0.0		22.16
15850	XXX		30.0	3.00		0.0		21.16
15855	XXX		30.0	3.00		0.0		20.16
15860	XXX	XXX	30.0	3.00		0.0		19.16
15865	XXX		30.0	3.00		0.0		18.16
15870	XXX		30.0	3.00		0.0		17.16
15875	XXX		30.0	3.00		0.0		16.16
15880	XXX		30.0	3.00		0.0		15.16
15885	XXX		30.0	3.00		0.0		14.16
15890	XXX		30.0	3.00		0.0		13.16
15895	XXX		30.0	3.00		0.0		12.16
15900	XXX		30.0	3.00		0.0		11.16
15905	XXX		30.0	3.00		0.0		10.16
15910	XXX		30.0	3.00		0.0		9.16
15915	XXX		30.0	3.00		0.0		8.16
15920	XXX		30.0	3.00		0.0		7.16
15925	XXX		30.0	3.00		0.0		6.16
15930	XXX		30.0	3.00		0.0		5.16
15935	XXX		30.0	3.00		0.0		4.16
15940	XXX		30.0	3.00		0.0		3.16
15945	XXX		30.0	3.00		0.0		2.16
15950	XXX		30.0	3.00		0.0		1.16
15955	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16
15960	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16
15965	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16
15970	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16
15975	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16
15980	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16
15985	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16
15990	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16
15995	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16
16000	XXX		30.0	3.00		0.0		0.16

NOTAS: La lectura del carrilero es obtenida, se corrige en T.

Temperatura: 11.08

C.C. (pulg.) = 13.000 x 0.3150 = 4.1025

N

16.343

36.191

3.00 Pulg

M en T. GABRIEL GARCIA AL LAMBRANO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**"GRAFICA DE DEFLEXIONES"
DEL KM 45+000 AL 45+500
Carril Derecho**

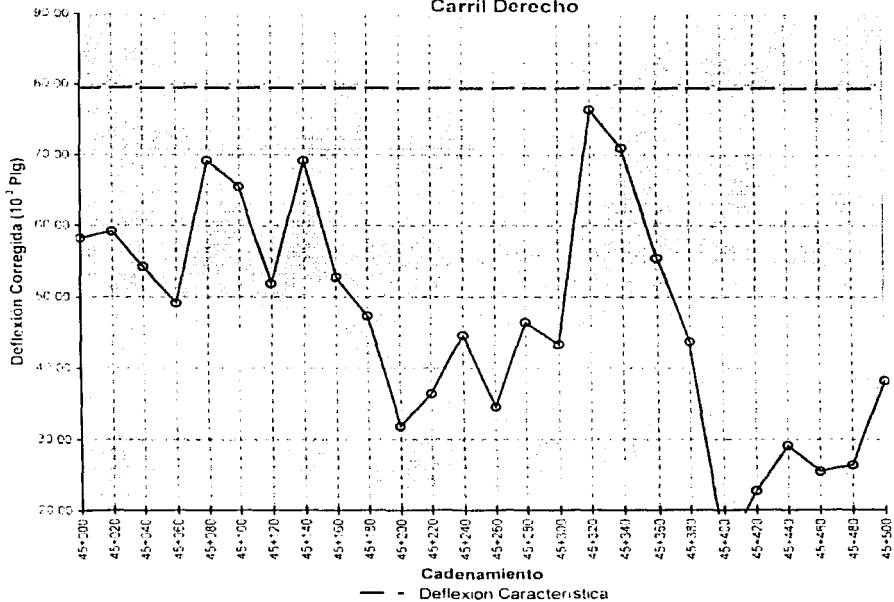


FIG. VI.4 GRAFICA DE MEDICION DE DEFLEXIONES.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se realizó un solo tramo de mediciones, ya que observa uniformidad a lo largo del tramo estudiado.

- Levantamiento de Deterioros.- Del recorrido a pie se obtuvo que los más frecuentes son roderas en más del 80% de la longitud del tramo, exudación de asfalto en el 70% de la superficie y en menor grado agrietamientos del tipo piel de cocodrilo, longitudinal y mapeo, siendo uniformes a lo largo de todo el tramo y un poco más marcados en el carril izquierdo. A continuación se presentan fotografías de los deterioros y en la tabla VI 6 el catálogo utilizado para el levantamiento



FIG. VI 5 KM 44+200 (VISTA HACIA XILITLA) OBSERSESE EXUDACIÓN DE ASFALTO Y AGRIETAMIENTO TIPO MAPEO.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



FIG. VI.6 KM 45+200 (VISTA HACIA XILITLA) OBSERSE MEDICION DE RODERA Y EXUDACION DE ASFALTO SEVERA.



FIG. VI.7 KM 49+806 (VISTA HACIA XILITLA) OBSERSE MEDICION DE RODERA Y EXUDACION DE ASFALTO

FALTA DE ORIGEN

TABLA VI.6 CATALOGO DE DETERIOROS

CARRIL: IZQUIERDO		
DETERIOROS	DE KM 44+000	KM 44+500
	% DE DAÑOS	SEVERIDAD
PERD. DE AGREG. GRUESO % sup	20	2
PERD. DE AGREGADO FINO % sup	90	4
EXUDACION DE ASFALTO % long	30	3
PULIMIENTO DE AGREGADOS %sup	---	---
GALAVEREO % sup	---	---
SUPERFICIE ONDULADA % long	5	1
INESTABILIDAD % sup	5	1
DEFORMACIONES TRANSVERSALES	5	1
DEFORMACIONES LONGITUDINALES % de longitud	---	---
RODERAS % longitud	100	4
CRIE TAM LONGITUDIN %long	---	---
ASRIETAM TRANSVERSAL % long	---	---
ASRIETAM DE MAPA % sup	20	2
ASRIETAM PIEL DE COCOD %sup	---	---
ASRIETAM DE REFLEXION	---	---
PACHES REPARADOS % sup	---	---
PACHES SIN REPARAR % sup	---	---

CALIFICAR LA SEVERIDAD COMO:

- MIN LEGERA 1
 LEGERA 2
 MODERADA 3
 SEVERA 4
 MAX SEVERA 5

OBSERVACIONES

ZONA DE TERRAPLENES BAJOS

- Determinación del Índice de Servicio Actual (ISA).- Se debe hacer el recorrido para determinar el ISA. En las tablas VI.7 y VI.8 se presentan el formato de evaluación y el resumen de resultados

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TABLA DE CALIFICACION ACTUAL

ENTIDAD FEDERATIVA (O FIDEATARIO)
 CARRETERA (SAN JUAN DEL RIO) XITLA
 SUBTRAMO (KM 4+000) (A 4+000)

OBSERVADOR (SANTOS MARTINEZ GARCIA)
 TRAMO (SAN JUAN DEL RIO) LIM. EDO. CRO/SLP
 ORIGEN (SAN JUAN DEL RIO) CRO

CATEGORIA	UNIDAD	CARRIL	DERECHO		IZQUIERDO		
			DE 43+000 A 44+000	DE 44+000 A 45+000	DE 45+000 A 46+000	DE 46+000 A 47+000	DE 47+000 A 48+000
CALIFICACION ACTUAL DEL PAVIMENTO	EXCELENTE	5
	MUY BUENO	4 +	+	+	+	+	
	BUENO	3 +	+	+	+	+	
	REGULAR	2 +	+	+	+	+	
	MALO	1 +	+	+	+	+	
	MUY MALO	0 ...	...	...	...	...
	INTRANSITABLE						
CALIFICACION ACTUAL			2.9	2.9	2.8	2.7	2.5

OBSERVACIONES: EXUDACION DE ASFALTO A LO LARGO DE TODO EL TRAMO.

TABLA VI.8 RESUMEN DE CALIFICACION ACTUAL

CUERPO: UNICO	CARRIL: DERECHO X	IZQUIERDO O
---------------	-------------------	-------------

CALIFICACIONES							
DE KILOMETRO	AL KILOMETRO	OBSERVADOR No.					PROM.
		1	2	3	4	5	
43+000	44+000	2.5	2.6	2.3	2.9	2.7	2.6
44+000	45+000	2.7	2.8	2.5	2.9	3.0	2.8
45+000	46+000	2.6	2.7	2.5	2.8	2.7	2.7
46+000	47+000	2.8	2.9	2.5	2.7	3.0	2.8
47+000	48+000	2.4	2.8	3.0	2.5	2.5	2.7
48+000	49+000	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8
49+000	50+000	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	3.1
PROMEDIO: 2.8							

CUERPO: UNICO	CARRIL: DERECHO X	IZQUIERDO O
---------------	-------------------	-------------

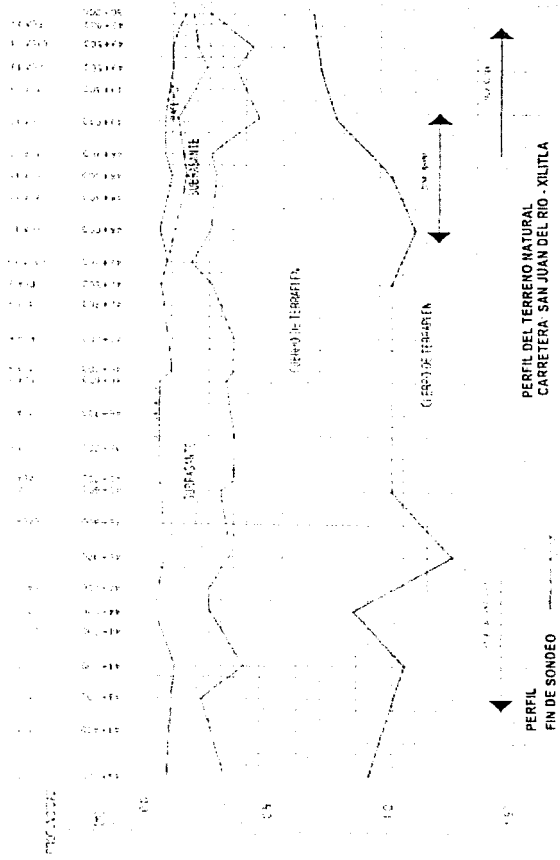
CALIFICACIONES							
DE KILOMETRO	A KILOMETRO	OBSERVADOR No.					PROM.
		1	2	3	4	5	
50+000	49+000	2.7	2.8	2.5	2.9	2.6	2.7
49+000	48+000	2.9	2.8	3.0	2.8	2.9	2.9
48+000	47+000	2.5	2.3	2.8	2.6	2.2	2.5
47+000	46+000	2.6	2.9	2.5	2.7	3.0	2.7
46+000	45+000	2.6	2.6	2.5	2.7	2.7	2.6
45+000	44+000	3.0	3.4	2.8	3.2	3.5	3.2
44+000	43+000	2.9	3.0	2.8	3.1	3.0	3.0
PROMEDIO: 2.8							

De los resultados de la calificación ISA se observa que están en un rango de 2.5 a 3.2, por lo que no hay mucha dispersión de valores entre evaluadores y la calificación promedio es igual para ambos carriles.

- Características mecánicas de los materiales que conforman actualmente la estructura del pavimento.- Para realizar esta evaluación se realizaron pruebas destructivas en el pavimento, esto a través de catorce calas y catorce pozos a cielo abierto llevados a profundidades de hasta 1.25 m en las secciones en terraplén con el fin de conocer la estructura del pavimento, localizados estratégicamente en función de los daños observados en la carpeta, en la fig. VI.6 se observa el perfil estratigráfico obtenido en base a los resultado de los trabajos de campo y de laboratorio de los sondeos realizados, en la tabla VI.12 se presenta el resumen de resultados de granulometría y VRS en los Pozos a Cielo Abierto (PCA) en la que se observa que la base y el cpo. de terraplen son de mala calidad al no cumplir con la calidad de resistencia requerida por las Normas de la SCT. Por otra parte el VRS más desfavorable lo tiene la capa de cuerpo de terraplén que tienen 5.0 %.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG VI 8 PERFILESTRATIGRAFICO



TESIS CON
FOLIO DE ORIGEN

TABLA VI.9 INFORME DE TERRACERIAS

OBRA: CARRETERA SAN JUAN DEL RIO - MILLA		ENSAYES No: 201 Y 24	
LOCALIZACION: TRAMO SAN JUAN DEL RIO ENTRE DOS GROSOS		FECHA DE RECIBO: _____	
SUBTRAMO: KM 43+000 AL 50+000		FECHA DE INFORME: _____	

IDENTIFICACION	NUM DE ENSAYE	3	4	5
	ESTACION km	44+500		
	CADO	PLA No. 3 TADY DREFCHO		
CAPA	TERRAPLEN NATURAL	CUBRTO DE TERRAPLEN	SUBRASANTE	
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO mm	75	75	75
	% RETENIDO EN MALLA DE 3	2	2	2
	% QUE PASA MALLA NUM 4	78	77	78
	% QUE PASA MALLA NUM 10	80	80	80
	% QUE PASA MALLA NUM 20	76	77	74
	EQUIVALENTE DE HUMED. CAMPO	...	...	...
	INDICE DE HUMED.	42	42	38
	INDICE PLASTICO	25	19	16AP
	CONTRACCION LINEAL	7.5%	7.4%	11%
	PLS SUPLO CUMPL	121	122	123
	PLS MADA CUMPL	130	130	130
	REGRESION LINEAL	22.2	21	19.8
	COMPACTACION DEL TAP	...	...	...
V.R.S. ESTANDAR SATURADO	87.5	87	88.2	
EXPANSION	2.21	1.99	1.15	
CLASIFICACION USCS	SC	CL	SM	
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	...	...	...

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES		
EL CUERPO DEL TERRAPLEN NO CUMPLE CON EL V.R.S. ESTANDAR		
EL LABORATORISTA	EL JEFE DE LABORATORIO	Vg. Bo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA VI.10 FORMATO PARA CALIDAD DE SUBBASE Y BASE HCA.

		ENSAYES DE MATERIALES PARA SUB-BASES Y BASES	
ORBA		ESTUDIO DE RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA SAN JUAN DEL RIO XILITLA	
SUBTRAMO		KM 43-000 50-000	
PRECEDENCIA	PCA No. 11 (BASE HIDRAULICA)		MUESTRA NUM
			01
LOCALIZACION	KM 48+500, CARRIL DERECHO		FECHA DE RECIBO
COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA NUM	% RETENIDO	GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA
	2"		
	1 1/2"		
		% PASA	
	2"	100	
	1 1/2"	100	
	1"	94	
	3/4"	86	
	3/8"	60	
	Num 4	43	
	Num 10	29	
	Num 20	20	
	Num 40	13	
Num 60	10		
Num 100	7		
Num 200	4		
E. SECC. SELETO kg/m ³	1563	VRS (ESTANDAR) %	94.1
E. SECC. MAXIMO kg/m ³	2060	EXPANSION %	0.10
MIDAS OPTIMA	10	VALOR CEMENTANTE kg/cm ²	
UBICACION DEL LUGAR %		EQUIVALENTE DE ARENA %	31.9
METAD DEL LUGAR %		PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL; TAMIZADO POR LA MALLA NUM 40	
EN LA ARENA		LMITE LIQUIDO %	28
		LMITE PLASTICO %	18
	GM/SM	CONTRACCION LINEAL %	3.9
OBSERVACIONES		NO CUMPLE CON EL VRS MINIMO REQUERIDO PARA BASE HIDRAULICA	
Especificaciones SCT:			
Tamano Máximo = 50 R MM (2")		VRS min = 100 %	Contracción Lineal = 2 a 4.5 %
Límite Líquido máx = 30 %		E. Arena min = 30 a 50 %	
Expansión máx = 2 %		Absorción máx = 5 %	
ALUMBRADO	FECHA DE LABORATORIO	VRS	FECHA

En la tabla VI.11 se presenta el reporte de compactación, de donde se observa que el terreno natural y el cpo. de terraplen no cumplen con la requerida de proyecto.

TABLA VI.11 REPORTE DE COMPACTACION

CARRETERA: SAN JUAN DEL RIO - XILITLA
SUBTRAMO: KM 43+000 - 50+000

FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE REPORTE:

ENSAYE No.	UBICACION			ESPESOR Capa cm	Peso Volumetrico Kg/m ³		HUMEDAD %		COMPACTACION	
	Calle o zona	Estación	Lado		Del Lugar	Máximo	Del Lugar	Optima	%	
	PCA No. 3	44+500								
	CARPETA ASFALTICA		DER	3.5	(NO SE TOMO MUESTRA)					
5	SUBRASANTE		DER	22.0	1,536	1,500	10.6	14.8	102.4	
4	CPO DE TERRAPLEN		DER	30.0	1,601	1,600	15.2	21	100.1	
3	TERRENO NATURAL		DER	28.5	1,031	1,260	17.2	27.2	81.8**	
	PCA No. 4	45+020								
	CARPETA ASFALTICA		IZQ	7.0	(NO SE TOMO MUESTRA)					
7	SUBRASANTE		IZQ	26.0	1,560	1,550	14.9	18.5	100.6	
6	CPO DE TERRAPLEN		IZQ	92.0	1,407	1,630	20.1	17.6	86.3**	

OBSERVACIONES

EN EL PCA No. 3 EL TERRENO NATURAL Y EN EL PCA No. 4
EL CPO DE TERRAPLEN NO CUMPLEN CON LA DE PROYECTO.

LABORATORISTA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA VI.12 RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

	BASE		SUBRASANTE		CPO. DE TERRAPLEN		TERRENO NATURAL	
	(G,S,F) y CLASIF. SUCS	VRS (%)	(G,S,F)	VRS (%)	(G,S,F) y CLASIF. SUCS	VRS (%)	(G,S,F) y CLASIF. SUCS	VRS (%)
PCA 1			(23,49,28) SM	118.0	(17,34,49) SC	5.0		
PCA 2			(24,50,26) SM	62.5	(19,26,55) CL	9.0		
PCA 3			(22,54,24) SM	88.2	(8,29,63) CL	5.7	(44,37,19) SC	80.8
PCA 4			(18,55,27) SM	96.3	(9,33,58) CL	7.0		
PCA 5			(26,49,25) SM	75.0	(17,42,41) SC	9.2		
PCA 6			(17,59,24) SM	84.4	(9,50,31) SM	38.9		
PCA 7			(23,55,22) SM	86.4	(10,53,37) SC	23.8		
PCA 8			(30,53,17) SM	72.0	(7,66,27) SM	40.0		
PCA 9			(27,56,17) SM	80.8	(27,33,40) SC	36.3		
PCA 10	(56,31,10) GC-SC	100.0	(32,49,19) SC	99.2	(42,7,51) CL	11.1		
PCA 11	(57,31,10) GM-SM	94.1	(29,52,19) SC	87.5	(26,17,57) CL	12.3		
PCA 12	(60,29,9) GW-GC	54.4	(40,47,13) SM	102.9	(26,20,54) CL	8.2		
PCA 13	(68,23,9) GP-GC	50.0	(39,45,16) SM	68.3	(22,39,39) SC	13.9		
PCA 14	(64,26,10) GW-GC	53.3	(38,48,14) SC	94.7	(26,29,45) SC	30.8		

De lo obtenido de los sondeos y las pruebas de laboratorios se observa lo siguiente:

De acuerdo a los daños que manifiesta la superficie de rodamiento (rodaduras, exudación de asfalto y agrietamientos) concluimos que el pavimento ha cumplido su

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

vida útil y que existe una insuficiencia estructural en el camino que se ve agravada en los primeros cinco kilómetros por la falta de una capa con calidad de base y en los demás kilómetros por un espesor insuficiente.

La carpeta y sobrecarpeta en conjunto, tienen un espesor variable que va de 4.0 cm a 13.0 cm y; además, en la mayor parte del tramo se tienen renovaciones de 3.0 cm a 5.0 cm, lo que realma la falta de espesores en la estructura del camino.

Del Km 48+000 al 50+000 se tiene una capa de base hidráulica con un VSR que va de 50 a 100% y con un espesor variable 6.0 cm y 14.0 cm.

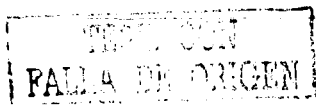
Subyaciendo se tiene una capa subrasante constituida por una arena-limosa compacta (96% ó más), resistente (VRS mayor al 62%) y con un espesor variable entre diez punto cero centímetros (10.0 cm) y treinta y tres punto cero centímetros (33.0 cm).

El cuerpo del terraplén lo forma una arena arcillosa (la relación entre estos materiales es prácticamente 1:1), la arcilla es de muy baja plasticidad, y el espesor explorado varía entre veintiséis punto cero centímetros (26.0 cm) y noventa y tres punto cero centímetros (93.0 cm). El VRS saturado va desde 5.0% hasta 24.3%.

El pavimento está constituido por un material del tipo tepetate, muy compacto y muy fuerte (resistencia (VRS mayor a 97.00%).

ZONIFICACION

De lo anteriormente expuesto y por el recorrido a pie en el que se observó un tramo con zona urbana se zonifica de la siguiente manera **zona homogénea 1** del tramo comprendido entre los Km 43+000 al 47+000, **zona 2** del Km 47+000 al 49+000 (zona urbana con banquetas y guarderías a los lados) y **zona 3** del Km 49+000 al 50+000 por tener este último tramo problemas con estancamiento de agua a ambos lados de la carretera por lo que la estructura de diseño será para la zona 1 y se adecuara para las otras dos.



VI.1.8 DETERMINACION DE LAS CAUSAS DE LOS DETERIOROS

Para poder determinar las causas de los deterioros del pavimento es de gran importancia además de los detalles observados en el recorrido a pie, los resultados de las demás evaluaciones, así con todo lo anterior se puede definir lo siguiente:

Los deterioros que más se reflejan en la superficie de rodamiento son: roderas con una gravedad de moderada a severa, originadas por una deficiencia estructural de la carretera, lo cual se corroboró con las calas y sondeos de campo, donde se comprobó que se tiene como cuerpo de terraplén arcilla de baja plasticidad y baja resistencia; y exudación de asfalto de severo a muy severo provocado por exceso de asfalto en las carpetas, sobrecarpetas y riegos de sello aplicados en los últimos años, y también se presenta en menor grado el agrietamiento tipo piel de cocodrilo y mapeo ocasionados muy probablemente por la fatiga de los materiales.

En algunos tramos se presentaron hombros caídos, provocados por lo reducido del ancho de corona, y en algunos otros casos por el acceso a los entronques.

MEDIDAS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS.

Para resolver los problemas que ocasionan estos daños, se concluye que los deterioros indican una insuficiencia de la estructura del pavimento, y se incrementarán lo que implica un refuerzo del mismo, pues de otra manera los costos de conservación y operación serán muy altos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.1.9 ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES

Para el estudio de bancos se tuvieron que analizar las cartas geológica, topográfica y de uso del suelo de la zona en estudio, así mismo se investigaron y visitaron aquellas fuentes de materiales que por su calidad, ubicación y susceptibilidad de explotación se pudieran aprovechar en la reconstrucción de la carretera, tomándose muestra de los mismos para su análisis en el laboratorio.

En las figs. VI.9 y VI.10 se pueden apreciar imágenes de los dos bancos seleccionados, banco "Sin Nombre" para terracerías y banco "La Mora" para pavimento

En cuanto al levantamiento de los bancos se anexa también el formato del levantamiento realizado al banco "La Mora" en el que se indican características generales de los bancos, así como un croquis de ubicación, en este formato es importante el definir si el volumen aprovechable es suficiente para los requerimiento de la obra.

Para seleccionar los bancos es necesario haber analizado los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras integrales, el banco S/N cumplió con la calidad requerida para terracerías y en cuanto a banco para el pavimento se puede afirmar que el único que cumple con valor relativo de soporte estándar y granulometría, que por especificaciones se establecen para dichas capas, es el de "La Mora" en el cual los materiales son obtenidos de la trituración total del basalto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

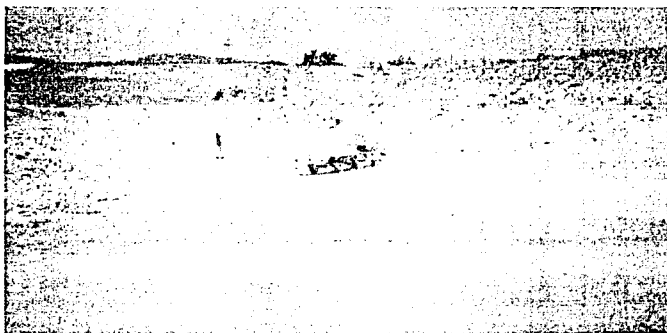


FIG. 160. BANCO SIN NOMBRE. PROPUESTO PARA SUBRASANTE Y TERRAPLEN.

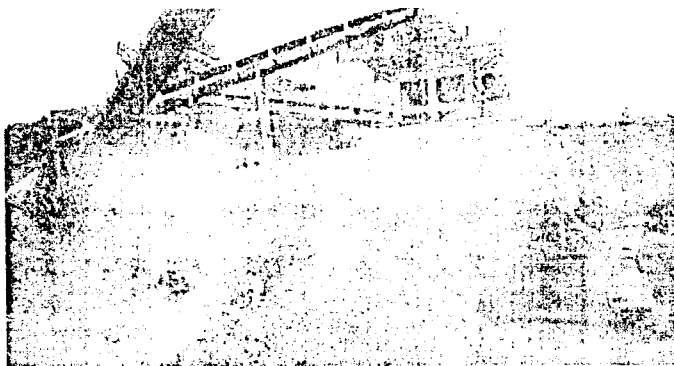


FIG. 161. EDIFICIO EN LA CERRAJERIA. PROPUESTO PARA SUBBASE, EN LA CERRAJERIA. FIG. 162.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA VI.14 INFORME DE TERRACERIAS

OBRA: CARRETERA SAN JUAN DEL RIO - XITTLA	ENSAYES No	65
LOCALIZACION TRAMO: SAN JUAN DEL RIO LIM EDOS. CRO/SLO/LECHA DE RECIBO	FECHA DE RECIBO	
SUBTRAMO: KM 43+000 AL 50+000	FECHA DE INFORME	

IDENTIFICACION	NUM. DE ENSAYE	
	BANCO	BANCO SIN NOMBRE TURCADO EN EL KM 51+800 DE LA CARRETERA
		SAN JUAN DEL RIO - XITTLA

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO mm	37.5			
	% RETENIDO EN MALLA DE 3	0.0			
	% QUE PASA MALLA NUM. 4	27			
	% QUE PASA MALLA NUM. 40	7			
	% QUE PASA MALLA NUM. 200	3			
	EQUIVALENTE DE TIPO DE CAMPO				
	LIMITE LIQUIDO	29			
	INDICE PLASTICO	15.41			
	CONTRACCION LINEAL	0.29			
	P.L.S. SUELTO kg/m ³	1.104			
	P.F.S. MARCHO kg/m ³	1.469			
	HUMEDAD OPTIMA	27.7			
	HUMEDAD NATURAL				
	COMPACTACION DE LUGAR				
V.R.S. ESTANDAR SATURADO	99.2				
EXPANSION	0.44				
CLASIFICACION SUELO	SM				
EQUIVALENTE DE ARENA	80.2				

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

CUMPLE PARA CALIDAD DE SUBRASANTE Y CPO. DE TERRAPLEN

EL LABORATORISTA	EL JEFE DE LABORATORIO	Vo. Bo
------------------	------------------------	--------

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA VI.15 RESUMEN DE BANCOS DE MATERIALES

DENOMINACION	LOCALIZACION	TIPO DE MATERIAL	TRATA- MIENTO PROBABLE	CAPA DONDE SE PUEDE UTILIZAR	VOLUMEN APROVE- CHABLE (m ³)	CLASIFICACION PRESUPUESTO			OBSERVACIONE S
						A	B	C	
SIN NOMBRE	CARRETERA San Juan de Rio Arriba Km 51-RIO D D ORIGEN: San Juan de Rio Arriba	Arroyo limoso (Tepeate 10/70)	Origen natural	Cierzo de terrapán. Subrasante	500.000	0	100	0	Cumple con la cantidad requerida.
"SO CONSTRUCCIO NES"	CARRETERA Mexico Querétaro Km 154-1700 D/I 600 m TRAMO Palmillas-San Juan de Rio ORIGEN Cd. de Mexico	Basalto	Trituracion total y cribado	Sub-base Base Carpeta	3.000.000	0	0	100	Contiene finos plásticos por lo que no se recomienda.
"ABRAHAM GONZALEZ"	CARRETERA Querétaro-Tehuacan Km 2+300 D D 100 m ORIGEN Querétaro	Grava triturada de basalto	Trituracion parcial y cribado	Sub-base Base Carpeta	400.000	0	0	100	Los acarrees son mayores que los del banco "La Mora"
"LA MORA"	CARRETERA Mexico-Querétaro Km 156-000 D/I 500 m TRAMO Palmillas-San Juan del Rio ORIGEN Cd. de Mexico	Basalto	Trituracion total y cribado	Sub base Base Carpeta	1.800.000	0	0	100	No pasa solo, se debe mezclar con 3% de cal

TESIS CON
 FALTA DE ORIGIN

Para el banco de "La Mora" se recomienda tener cuidado en explotar el frente adecuado, ya que dicho banco cuenta con varios frentes de ataque y puede reducirse el VRS estándar por estar contaminado con finos, esto debido a que el origen de la roca es de tipo basáltico la cual sufrió un enfriamiento muy rápido y esto originó su fisuramiento y posteriormente su relleno con material fino, así pues se debe tomar en cuenta esto para que no se omita el proceso de despolve al momento de su explotación.

Dado que en la zona en estudio no se encontraron materiales totalmente adecuados para la construcción de la carpeta, fue necesario recurrir a recomendar estabilizar el banco "La Mora" para bajar su plasticidad con un 3% de cal en peso, el cual cumple ampliamente con las características de Calidad y Resistencia para emplearse en la construcción de la carpeta.

Por lo tanto los bancos elegidos para la construcción de las diferentes capas del pavimento son:

TABLA VI.16 BANCOS DE MATERIALES ELEGIDOS PARA LA CONSTRUCCION.

BANCOS	MATERIAL PARA
"La Mora"	Sub-base, base y carpeta
"Sin Nombre"	Subrasante y cuerpo de terrapien (recargues)

VI.1.10 ESTUDIO DE TRÁNSITO

Para conocer el tránsito que circula por este tramo, se realizó un aforo durante 1 semana en el Km 45+000 de la carretera San Juan del Rio – Xilitla y cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla junto con los del registro de datos viales del año 1998 actualizados a 1999.

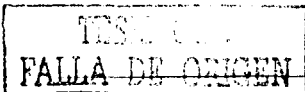


TABLA VI 17 COMPOSICION VEHICULAR DE AFORO Y DATOS VIALES

DATOS DEL AFORO	DATOS DEL REGISTRO DE DATOS VIALES 1998 ACTUALIZADOS A 1999
TDPA= 3.708 vehiculos (En Ambos Sentidos)	TDPA= 3.316 vehiculos (En Ambos Sentidos)
COMPOSICION VEHICULAR	COMPOSICION VEHICULAR
A 88.9 %	A 79.7 %
B 4.9 %	B 1.2 %
C2 5.6 %	C2 7.8 %
C3 0.3 %	C3 4.0 %
T3S2 0.3 %	T3S2 2.6 %
	T3S3 1.9 %
	OTROS 2.8 %

De la comparativa de los datos se observa que en TDPA el más desfavorable y el que se debe utilizar para el diseño es el obtenido en los aforos, pero en cuanto composición la más desfavorable es la investigada en los registros de Datos Viales de SCT, por lo que para el diseño se tomaran los datos más desfavorables, quedando de la siguiente manera. TDPA = 3.708 vehiculos

Composicion:

A = 79.70%, B = 1.20%, C2 = 7.8%, C3 = 4.0%, T3 - S2 = 2.6%,

T3 - S3 = 1.9%

T3S2R3= 2.80%

Para determinar la tasa de crecimiento se hizo el análisis del comportamiento vehicular, resultando lo siguiente:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA VI.18 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO VEHICULAR

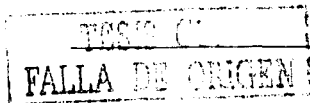
AÑO	TDPA
1990	2,859
1991	2,901
1992	2,958
1993	2,989
1994	3,080
1995	3,130
1996	3,230
1997	3,269
1998	3,251

Con estos datos, se calcula la recta de ajuste mediante el método de mínimos cuadrados, para obtener la tasa promedio de crecimiento anual. Así se obtiene:

TABLA VI.19 CÁLCULO DE LA TASA DE CRECIMIENTO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÍNIMOS CUADRADOS

AÑO	A	TDPA (V)	A ²	A * V
1990	1	2,859	1	2,859
1991	2	2,901	4	5,802
1992	3	2,958	9	8,874
1993	4	2,989	16	11,956
1994	5	3,080	25	15,400
1995	6	3,130	36	18,780
1996	7	3,230	49	22,610
1997	8	3,269	64	26,152
1998	9	3,251	81	29,259
SUMA	45	27,667	285	141,692

Aplicando las siguientes fórmulas:


 FALTA DE ORIGEN

EJEMPLO ILUSTRATIVO.

$$a_1 = \frac{N(\sum A^2) - (\sum A)(\sum A)}{N(\sum A^2) - (\sum A)^2} = \frac{(9)(141,692) - (45)(27,667)}{9(285) - (45)^2} = \frac{30,213}{540} = 55.95$$

$$i = \frac{N(a_1)}{\sum A - (a_1)(\sum A)} = \frac{(9)(55.95)}{27,667 - (55.95)(45)} = 2.0\%$$

De donde resulta que la tasa de crecimiento anual es :

$$i = 2.0\%$$

Por lo tanto, la proyección del tránsito durante la vida útil del pavimento para el año "n" se calculará con la siguiente expresión:

$$TDPA(1 + i)^n = 3708(1 + 0.02)^n$$

TABLA VI.20 PROYECCION DEL TRANSITO PARA
LOS 15 AÑOS DE DISEÑO.

AÑO	TRANSITO ESPERADO
1	3,782
2	3,858
3	3,935
4	4,014
5	4,094
6	4,176
7	4,259
8	4,345
9	4,431
10	4,520
11	4,610
12	4,703
13	4,797
14	4,893
15	4,990

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEDIDAS REALES DE VELOCIDAD

La velocidad real del tramo será la de proyecto. Aunque nos encontramos en un camino tipo "D", de acuerdo con la clasificación que proporciona el Diario Oficial de la Federación de Enero de 1994, por ser una zona de desarrollo industrial y turístico, el tipo de carretera en este tramo ha pasado del tipo "D" al tipo "B", y la velocidad alcanzada es del orden de 70 Km/ hr

Para efectos de estudio económico el tránsito se debe agrupar en cuatro categorías, las cuales son: Vehículo ligero (tipos "A"), Autobús Foráneo (tipos "B"), Camión Liviano (tipo "C2") y Camión Articulado (todos los restantes), de esta forma queda la Composición vehicular de la siguiente manera

TDPA (1999)	=	3.708 vehículos
Vehículo ligero	79.70 %	2,955
Autobus Foráneo	1.20 %	45
Camión Liviano	7.80 %	289
Camion Articulado	11.30 %	419
	TOTAL	3,708

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

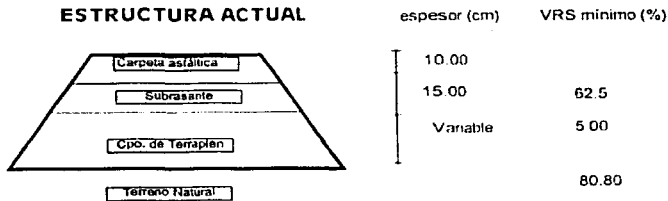
VI.1.11 ESTUDIO DE PAVIMENTOS.

En relación con el estudio del pavimento por deflexión, la deflexión característica obtenida fue de 79.5×10^{-2} , la cual se considera alta lo que nos indica que el problema de la estructura del pavimento no solo es de la carpeta asfáltica sino que el problema viene desde las capas inferiores a la carpeta, por lo que se aplicaran los métodos de diseño por resistencia, se utilizará en primera instancia el Catálogo AASHTO y el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM y en la etapa de Proyecto se hará con el método AASHTO

VI.1.11.1 REVISIÓN POR RESISTENCIA.

La estructura actual del pavimento obtenida de acuerdo a los sondeos y su calidad de resistencia obtenida de las pruebas en el laboratorio es la siguiente:

Fig. VI.12 ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO



Como se puede observar se toman los espesores más desfavorables, al igual que los VRS mínimos, además considerando que la capa de base hidráulica no se tiene en la estructura del pavimento por no ser constante a lo largo del tramo. En este caso el que regirá el diseño es la capa del Cpo. del Terraplén con su VRS que es de 5%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Catálogo AASHTO. En este método se requiere conocer el número de ejes equivalentes de 8.2 Ton (1), que circularán por el camino durante 15 años y el VRS de la zona en estudio (S).

El cálculo de los ejes equivalentes se desarrolla en la tabla VI.16 considerando los datos de TDPA, composición vehicular y tasa de crecimiento obtenidos en el Estudio de Tránsito, además se diseñará para una vida útil de 15 años.

Con una tasa de crecimiento de 2.0 % para este año y con la ayuda de la tabla de cálculo de ejes equivalentes de 8.2 Ton anexa, donde se tienen los coeficientes de daño a diferentes profundidades, se obtuvo para el tramo 11'240,679 de ejes equivalentes, por lo que de acuerdo a la tabla IV.7, la clasificación de tránsito AASHTO corresponde a un T7 (de 10 a 17 x 10).

Ahora bien, considerando para el tramo como el terreno de apoyo el terraplén o el terreno natural con un VRS = 5.0 %, esto de acuerdo a la elevación de los materiales que conforman actualmente la estructura del pavimento, le corresponde de acuerdo a la tabla VI.16 la asignación S3, con estos datos (T7 y S3), dicho catálogo recomienda las alternativas descritas en la tabla VI.17. En la fig. VI.12 se presenta el diagrama de cálculo para una de las alternativas.

TABLA VI.16 ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE ACUERDO AL CATALOGO AASHTO

	Esposor Real	Factor de Grava Equivalente	Esposor on Grava Equivalente
Alternativa 1			
Subrasante	15.0 cm	1.0	15.0
Base Estabilizada con Cemento	12.5 cm	1.2	15.0
Base Estabilizada con Cemento Portland	12.5 cm	1.2	15.0
Base bituminosa	15.0 cm	1.0	15.0
Carpeta de Concreto asfáltica	5.0 cm	2.0	10.0
			70.0 cm

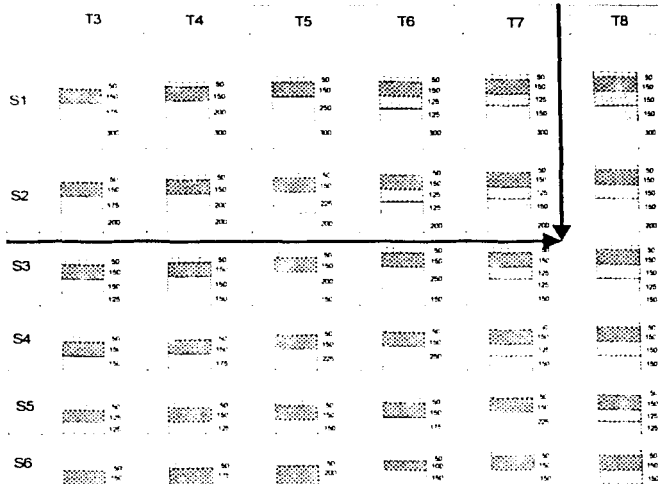
TRABAJOS CON
FALLA DE CEMENTO

EJEMPLO ILUSTRATIVO.

Alternativa 2			
Subrasante	12.5	1.0	12.5
Base estabilizada con Cemento Portland	20.0	1.2	24.0
Base Hidráulica	15.0	1.0	15.0
Base Negra	12.5	1.5	19.0
			70.5 cm

El método del Catálogo arroja 70.0 y 70.5 cm de espesor en grava equivalente en cada una de sus alternativas, a continuación se comparará con la obtenida a través del Método del Instituto de Ingeniería.

FIG. VI.12
DIAGRAMA DE
CALCULO PARA
EL CATALOGO
AASHTO



SIMBOLOGIA

- Carpeta Asfáltica
- Base Hidráulica
- Base Estabilizada con Materiales Asfálticos
- Base Estabilizada con Cemento
- Subrasante

NOTA: ESPESORES EN MM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.- En base a estas alternativas y aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM con VRS= 5.0 % para cuerpo de terraplén, VRS = 15 % para capa subrasante, VRS= 50 % para sub-base y VRS= 100 % para base (mínimos permitidos por las Normas de la SCT) y ejes equivalentes de 11.2×10^6 para revisión a partir de cpo. de terraplén y subrasante actual y 9×10^6 para la revisión a partir de la capa de subrasante nueva y subbase, todos con un nivel de confianza $Q=0.9$

Con los datos para revisión a partir de la capa de cpo. de terraplén se obtiene una estructura de 71 cm en grava equivalente de acuerdo al diagrama de cálculo de la fig. VI.13 y con el siguiente procedimiento:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EJEMPLO ILUSTRATIVO.

TABLA VI.17 CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.											
CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 TON.											
San Juan del Rio - Xilitla		TrAM = Km. 43+000 - 50+000	TDA(98) = 3.70R vehiculos								
COMPOSICION											
	T3S2	2.60%	años de servicio = 15 tasa de crecimiento anual = 2.00% coef. de acumulacion de transito = 6,312 0972								
A1	T3S3	1.90%									
A2	T3A2	0.00%									
A3	T3A3	0.00%									
A4	T3R3	0.00%									
A5	T2S1R2	0.00%									
A6	T2S2R2	0.00%									
A7	T3S1R2	0.00%									
A8	T3S2R2	0.00%									
A9	T3S2R3	2.80%									
A10	T3S2R4	0.00%									
1000%											
Vehiculo	# val	# v.e.p		Coeficiente de peso por transito				# de ejes equivalentes de 8.2 Ton			
			Z= 0 cm	Z= 15 cm	Z= 30 cm	Z= 60 cm	Z= 0 cm	Z= 15 cm	Z= 30 cm	Z= 60 cm	
A1	2,955	1,378	0.000	0.000	0.000	0.000	6	0	0	0	0
A2	0	0	0.000	0.000	0.000	0.015	0	0	0	0	0
A3	44	22	2.000	1.800	2.457	2.939	44	42	55	65	65
A4	0	0	1.999	1.369	0.977	0.852	0	0	0	0	0
A5	0	0	2.666	1.719	0.750	0.753	0	0	0	0	0
A6	289	145	2.000	1.890	2.457	2.939	289	273	355	425	425
A7	148	74	3.000	2.817	2.457	2.940	222	209	182	218	218
A8	0	0	4.000	2.771	2.456	2.937	0	0	0	0	0
A9	0	0	3.000	3.431	4.747	5.759	0	0	0	0	0
A10	0	0	4.000	4.213	4.747	5.760	0	0	0	0	0
T3S2	96	48	5.000	5.285	4.747	5.761	241	255	229	278	278
T3S3	0	35	6.000	5.239	4.746	5.758	211	185	167	203	203
T3R2	0	0	4.000	4.972	7.037	8.579	0	0	0	0	0
T3R3	0	0	5.000	5.899	7.037	8.580	0	0	0	0	0
T3R4	0	0	6.000	6.816	7.037	8.581	0	0	0	0	0
T2S1R2	0	0	5.000	6.513	9.327	11.397	0	0	0	0	0
T2S2R2	0	0	6.000	7.440	9.327	11.400	0	0	0	0	0
T3S1R2	0	0	6.000	7.440	9.327	11.400	0	0	0	0	0
T3S2R2	0	0	7.000	8.367	9.327	11.401	0	0	0	0	0
T3S2R3	104	50	8.000	9.294	9.327	11.401	415	482	484	592	592
T3S2R4	0	0	9.000	10.221	9.327	11.403	0	0	0	0	0
TOTAL		1,854			T1 T2 T3 T4		1,430	1,446	1,472	1,781	
# de ejes		Coef. de distrib.									
3		50									
4		40.50									
5		30.40									
# de distribucion por carril =				50.0%							
				TRANSITO ACUMULADO ln1 = CT1 : 9,024,926 ln2 = CT2 : 9,127,617 ln3 = CT3 : 9,293,783 ln4 = CT4 : 11,240,679							

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

FIG. VI.13 Diagrama de Cálculo de Espesor en Grava Equivalente

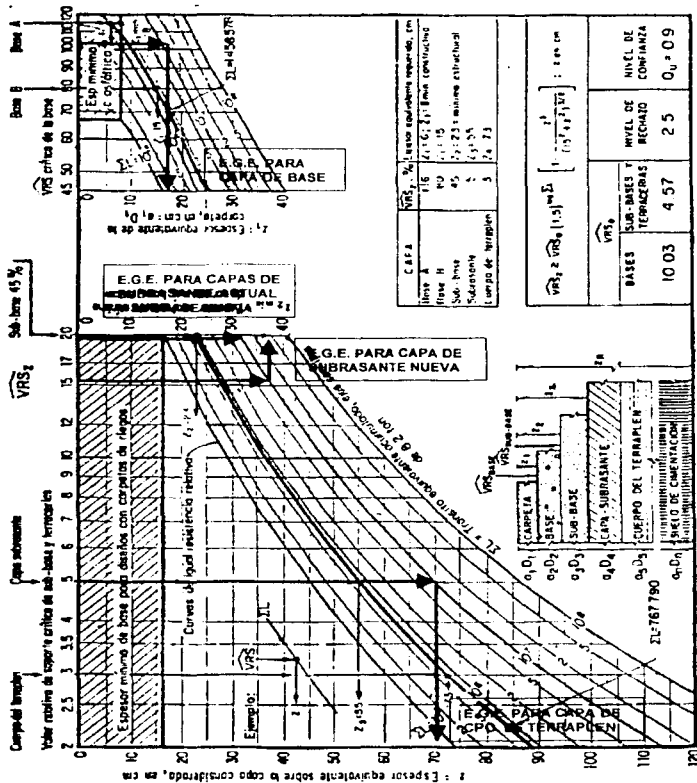
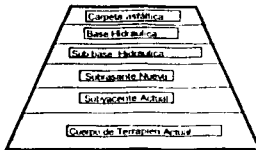


Figura 13. Cálculo para el diseño estructural de pavimentos con movimiento flexible.

FAJALTA DE ORIGEN

ESTRUCTURA PROPUESTA

T.D.P.A = 3,708 VEHICULOS
AÑOS DE SERVICIO 15 AÑOS



espesor (cm)	VRS (%)
10 00	
12 00	100 0
12 00	50 0
15 00	15 0
15 0	62 5
variable	5 0

REVISIÓN A PARTIR DE LA CAPA DEL CPO. DE TERRAPLEN ACTUAL

VRS MÍNIMO DE CUERPO DE TERRAPLEN= 5 0
SUMA DE EJES EQUIVALENTES= 11.24×10^6

Método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M

CON UN NIVEL DE CONFIANZA QU= 0 9

E G E DE NOMOGRAMA= 71 cm

E G E DE ESTRUCTURA= 74 cm 74.0 > 71.0 cm, si pasa

REVISIÓN A PARTIR DE LA CAPA DE SUBRASANTE ACTUAL

VRS MÍNIMO DE SUBRASANTE ACTUAL= 62 5 %

SUMA DE EJES EQUIVALENTES= 11.24×10^6

CON UN NIVEL DE CONFIANZA QU = 0 9

E G E DE NOMOGRAMA= 32 cm

E G E DE ESTRUCTURA= $15 \times 1 + 12 \times 1 + 12 \times 1 + 10 \times 2 = 59.0 \text{ cm}$ > 32 0 cm, si pasa

REVISIÓN A PARTIR DE LA CAPA DE SUBRASANTE NUEVA

VRS MÍNIMO DE SUBRASANTE NUEVA= 15 0 %

SUMA DE EJES EQUIVALENTES= 9.0×10^6

CON UN NIVEL DE CONFIANZA QU = 0 9

E G E DE NOMOGRAMA= 38 cm

E G E DE ESTRUCTURA= $12 \times 1 + 12 \times 1 + 10 \times 2 = 44.0 \text{ cm}$ > 38 0 cm, si pasa

REVISIÓN A PARTIR DE LA CAPA DE SUBBASE HCA. NUEVA
--

VRS MINIMO DE SUBBASE HCA NUEVA= 50.0 %.

SUMA DE EJES EQUIVALENTES= 9.0×10^4

CON UN NIVEL DE CONFIANZA QU = 0.9

E G E DE NOMOGRAMA= $\frac{\quad}{32 \text{ cm}}$

E G E DE ESTRUCTURA= $12 \times 1 + 10 \times 2 = \frac{320 \text{ cm}}{\quad} = 32.0 \text{ cm}$, **si pasa**

REVISIÓN A PARTIR DE LA CAPA DE BASE HCA. NUEVA

VRS MINIMO DE BASE HCA. NUEVA= 100.0 %.

SUMA DE EJES EQUIVALENTES= 9.0×10^4

CON UN NIVEL DE CONFIANZA QU = 0.9

E G E DE NOMOGRAMA= $\frac{\quad}{18 \text{ cm}}$

E G E DE ESTRUCTURA= $10 \times 2 = \frac{200 \text{ cm}}{\quad} = 18.0 \text{ cm}$, **si pasa**

Como se puede observar el diseño lo rigió el VRS de la subbase hidráulica nueva, ya que cumplió en el límite con el espesor de grava equivalente requerido.

Por lo que la solución propuesta es: cortar los 10 cm superiores de la carpeta actual y colocar la siguiente estructura.

Subrasante actual	15.0 cm	1.0	15.0
Subrasante	15.0 cm	1.0	15.0
Sub-base	12.0 cm	1.0	12.0
Base	12.0 cm	1.0	12.0
Carpeta	10.0 cm	2.0	20.0
			74.0 cm

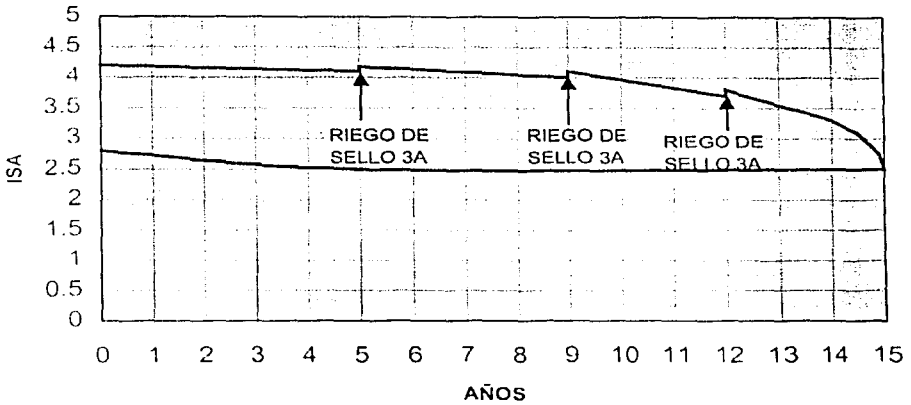
<p>TESIS CON FALLA DE ORIGEN</p>

ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Para las tres alternativas, se propone la misma estrategia de conservación que consiste en aplicar un riego de sello con material 3A a los años 5, 9 y 12 de su vida útil.

La curva de degradación para la reconstrucción esta representada en la siguiente figura.

FIG. VI.14 ESTRATEGIAS DE CONSERVACION Y CURVAS DE DEGRADACION



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

VI.1.12 ESTUDIO ECONOMICO.

Como se mencionó anteriormente en el análisis económica se involucran tres costos:

Costo de reconstrucción, costo de conservación y los costos de operación vehicular, a continuación se presenta la comparativa de las tres alternativas:

CALCULO DE COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS

Los costos base se muestran en la tabla IV.6 (capítulo IV), así con la siguiente fórmula se obtienen los Costos de Operación Anuales.

$$\text{Costo de Operación Anual / Km} = \text{COA (en 365 días)}$$

$$\text{COA} = \text{Fb} \times \text{CB} \times \text{TDPA veh} \times 365$$

TABLA VI.18 CALCULO COSTOS DE OPERACION ANUALES

TIPO DE VEHICULOS	TDPA veh	Fb para ISA de			CB \$/Km	AÑO EN DIAS	COA para ISA de		
		2.8	3	4			2.8	3	4
VEHICULO LIGERO 79.70%	2,985	1.15	1.13	1.05	2.5	365	3,100,503	3,045,974	2,831,259
AUTOBUS FORANEO 1.20%	45	1.13	1.11	1.07	5.4	365	1,878,666	1,555,683	112,478
CAMION LIVIANO 7.80%	289	1.22	1.2	1.1	3.1	365	398,944	367,404	359,704
CAMION ARTICULADO 11.30%	419	1.31	1.3	1.18	5.9	365	1,311,637	1,371,827	1,245,197
				TOTAL			5,032,570	4,927,889	4,548,638

Los Costos de Operación Anuales se calcularon para el ISA actual 2.8 sin reconstrucción y para ISA reconstruido de 4.0, así como para un intermedio, de la tabla se obtiene:

$$\text{Beneficios/año/km} = \text{COA(ISA=2.8)} - \text{COA(ISA=4.0)} = \$484,031.61$$

$$\text{Beneficios/año} = \$484,031.61 \times 7.0 \text{ Km} = \$3,388,221.27$$

$$\text{Beneficios Totales} = \$3,388,221.27 \times 15 \text{ años} = \$50,823,319.10$$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

La alternativa de conservación periódica es la misma para las tres alternativas, por lo que el costo es de: \$343,350.0, este costo se debe considerar para cada uno de los periodos que se llevará a cabo, haciendo el traslado del costo a pesos actuales, así mismo se debe de sumarle el costo de la conservación rutinaria que va del orden de \$16,000/año/km, por lo que se debe de calcular para los quince años de vida útil del pavimento actualizando los costos a pesos actuales.

Los costos de Operación Anuales se deben calcular para los quince años y trasladar los costos al año cero para actualizarlos a pesos actuales.

CONCEPTO	ALTERNATIVAS \$ x 10 ³		
	1	2	3
Costos de construcción	8,265.69	7,601.49	6,357.89
Costos de conservación	1,432.09	1,432.09	1,432.09
Costos de operación	29,159.30	29,159.30	29,159.30
Costos de rescate	NO SE CONSIDERA POR SER OBRA PUBLICA		
COSTO TOTAL	38,857.08	38,192.88	36,949.28

Así pues, de todo lo anterior resulta lo siguiente:

TABLA VI. 19 COMPARATIVA ECONOMICA DE LAS TRES ALTERNATIVAS

Como se puede observar de la tabla VI. 19 los costos de conservación y de operación son los mismos para las tres alternativas, por lo que estrictamente define cual es económicamente más viable es a fin de cuentas el costo de reconstrucción. Además como los Beneficios son mayores que el Costo Total de las Alternativas se justifica la obra de Reconstrucción.

Del análisis económico se deduce que la alternativa óptima es la Tercera, ya que no solamente es la más económica, si no que además técnicamente cumple satisfactoriamente por no involucrar procedimientos de construcción complicados.

VI.1.13 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

En este punto se resumirá lo más trascendente, en la zona en estudio no se tienen especies de flora o fauna en peligro de extinción y así mismo dicha zona no se encuentra en una región natural protegida del país.

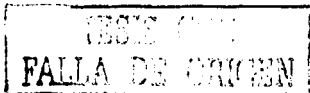
En cuanto a requerimientos de energía no se tendrá la necesidad, ya que las plantas de los bancos ya cuentan con este servicio y en la obra no se realizarán trabajos nocturnos, referente a la necesidad de agua y consumible, el suministro está cubierto ya que la carretera pasa por el poblado denominado Cadereyta y ahí se cuenta con esos servicios.

Los residuos peligrosos generados serán aceites y grasas de la maquinaria y equipo, los cuales se almacenarán en recipientes cerrados para su posterior entrega a las empresas recicladoras y los residuos no peligrosos tales como papel, cartón, vidrio, etc., se entregarán a la recolección municipal. Las aguas residuales se enviarán al drenaje municipal.

En general se puede decir que los recursos de la naturaleza que serán afectados por el proyecto de refuerzo de pavimento y por la explotación de los bancos de materiales son los siguientes:

Proyecto de Refuerzo del Pavimento:

- Cambio físico-químico de la composición del suelo por el despalme, para las desviaciones, en un área de 7,000 metros de longitud con un ancho de 6.5 metros, para dar una superficie de 45,500 m².
- Eliminación de la vegetación secundaria o arvense en un área de 9,100.0 m² (se considera un 20% de zonas erosionadas).
- Alteración de los escurrimientos e infiltraciones de las precipitaciones de temporal.



Explotación de los Bancos de Materiales.

- Cambio físico-químico de la composición del suelo por el despalme de bancos de material y patios de operación.
- Eliminación de la composición de la vegetación secundaria.
- Alteración de los escurrimientos.

Por encontrarse operando los bancos de materiales se estima el área a alterar en 4 Ha

En la evaluación de la identificación de los efectos ambientales se deben determinar la magnitud y las características de impactos ambientales tanto negativos como positivos, partiendo de esta base se formularon dos matrices en las que se cuantifican los efectos ambientales por las acciones de la obra siguiente:

- ** CONSTRUCCION DEL REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA CARRETERA SAN JUAN DEL RIO-XILITLA del Km 43+000 al Km 50+000
- ** EXTRACCION DE AGREGADOS EN LOS BANCOS DE MATERIALES

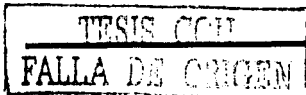
A continuación se encuentran las matrices de evaluación de impactos ambientales y las medidas de mitigación, que deberán seguirse durante las etapas de construcción de la reconstrucción de la carretera y la extracción de bancos de materiales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como se puede observar de las tablas anteriores la mayoría de los impactos negativos son temporales ya que como el trabajo es una reconstrucción de algo ya existente los impactos permanentes importantes se generaron en la construcción del camino. Asimismo ya sean impactos temporales o permanentes se establecen sus medidas de mitigación.

Los impactos positivos o benéficos radican en su totalidad en los aspectos socioeconómicos, por la generación de empleos, servicios requeridos y principalmente por el mejoramiento de la infraestructura carretera del país.

En toda etapa y actividad de la Reconstrucción se debe seguir el lineamiento en cuanto a Normas Ambientales establecidas para este tipo de obras esto con el fin de proteger el ambiente; los entornos naturales y medidas de seguridad para evitar accidentes.



VI.2 PROYECTO EJECUTIVO.

En esta etapa del proyecto ya con la alternativa de reconstrucción del pavimento se realizará su última revisión estructural utilizando el Método de la AASHTO, así como de igual forma se tratará lo referente a los Trabajos por Ejecutar y el Presupuesto Base.

VI.2.1 DISEÑO DE PAVIMENTO (METODO AASHTO)

Revisando ahora por el método AASHTO 1993, se consideran los siguientes espesores:

Tabla VI.24 Primera propuesta de sección estructural del pavimento.

CAPA	ESPESOR	FACTOR DE EQUIV	ESPESOR EN GRAVA EQUIVALENTES
Subrasante actual	15	1	15
Subrasante a construir Mínima	15	1	15
Sub-base	12	1	12
Base	12	1	12
Carpeta	10	2	20
		TOTAL	74

Ahora revisando a partir de la capa de cuerpo de terraplén el Número Estructural Requerido, se tiene

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DATOS:

$$SL = 1 \times 10^4$$

$$\text{VRS Cpo. de Terraplen} = 5.0 \%$$

$$R = 90\%$$

$$S_o = 0.35$$

$$\Delta ISA = 4.2 - 2.5 = 1.7$$

$$MR = 1,500 \times 5 = 7,500 \text{ psi}$$

Del Nomograma de la figura VI.15 se obtiene:

$$\text{Número Estructural Requerido} = 4.7$$

Cálculo del Número Estructural de la Sección del Pavimento propuesta

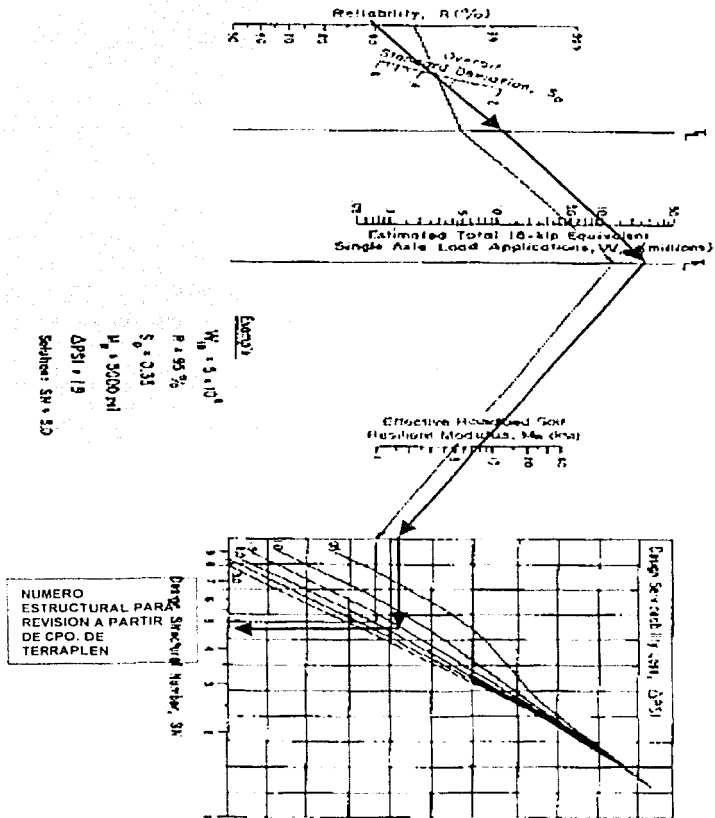
Ahora se obtienen los coeficientes estructurales de cada una de las capas de la estructura del pavimento, utilizando las correlaciones de VRS con MR y coeficientes estructurales (Fig. IV.5)

Tabla VI.25 Obtención de coeficientes estructurales para las diferentes capas del pavimento.

Subrasante Actual:	
VRS = 62.50%	Coficiente Estructural = $a_s = 0.127$
Subrasante:	
VRS = 15%	$a_s = 0.086$
Sub-base:	
VRS = 50%	$a_s = 0.125$
Base:	
VRS = 100%	$a_s = 0.140$
Carpeta:	
$e = 0.10 \text{ cm}$	$a_s = 0.440$

FALLA DE ORIGEN

FIG. VI.15 DIAGRAMA DE CALCULO EN EL NOMOGRAMA DE LA AASHTO.



Utilizando la fórmula: $SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + \dots + a_i D_i m_i$

(desarrollada en el capítulo IV de este trabajo).

Además tomando en cuenta los coeficientes estructurales obtenidos y los espesores propuestos y considerando para el drenaje un factor de 1, se tiene:

$$SN = \frac{10}{2.54} \times 0.44 + \frac{12}{2.54} \times 0.14 + \frac{12}{2.54} \times 0.125 + \frac{15}{2.54} \times 0.086 + \frac{15}{2.54} \times 0.127$$

$$SN = 1.73 + 0.66 + 0.59 + 0.51 + 0.75 = 4.24 < 4.7$$

La estructura propuesta es insuficiente, por lo que se propone la siguiente estructura:

Tabla VI.26 Segunda propuesta de sección estructural del pavimento.

C a p a	Estructura Propuesta
*Subrasante mín. a construir	15 cm
Sub-base	15 cm
Base	15 cm
Carpeta	12 cm

Esta estructura se colocará sobre la subrasante actual, previa recuperación de las diferentes capas asfálticas y niveladoras

Utilizando de nueva cuenta la fórmula para cálculo de SN, tomando en cuenta los coeficientes estructurales obtenidos y los espesores propuestos se tiene:

$$SN = \frac{12}{2.54} \times 0.44 + \frac{15}{2.54} \times 0.14 + \frac{15}{2.54} \times 0.125 + \frac{15}{2.54} \times 0.086 + \frac{15}{2.54} \times 0.127$$

$$SN = 2.08 + 0.83 + 0.74 + 0.51 + 0.75 = 4.91 > 4.7$$

Por lo tanto la estructura propuesta es suficiente

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Revisión a partir de la capa subrasante actual.

Datos:

$$\Sigma L = 1.1 \times 10^7$$

VRS de Subrasante actual = 62.50 %

R = 90%

So = 0.35

$$\Delta ISA = 4.2 - 2.5 = 1.7$$

MR = 17,800psi. (De gráfica de correlación MR con VRS)

Del Nomograma de la figura IV.4 se obtiene:

Número Estructural Requerido = 3.8

Cálculo del Número Estructural de la Sección del Pavimento propuesta.

Siguiendo un procedimiento similar al utilizado en la revisión a partir de la capa de Cpo. de Terraplén, se tiene:

$$SN = \frac{12}{2.54} \times 0.44 + \frac{15}{2.54} \times 0.14 + \frac{15}{2.54} \times 0.125 + \frac{15}{2.54} \times 0.086$$

$$SN = 2.08 + 0.83 + 0.74 + 0.51 = \mathbf{4.16 > 3.80}$$

Por lo tanto la estructura propuesta cumple estructuralmente.

Revisión a partir de la capa subrasante nueva.

Datos:

$$\Sigma L = 9 \times 10^6$$

VRS de Subrasante nueva = 15.0 %

R = 90%

So = 0.35

$$\Delta ISA = 4.2 - 2.5 = 1.7$$

MR = 12,000psi. (De gráfica de correlación MR con VRS)

Del Nomograma de la figura IV.4 se obtiene:

Número Estructural Requerido = 3.7

Cálculo del Número Estructural de la Sección del Pavimento propuesta.

Siguiendo un procedimiento similar al utilizado en la revisión a partir de la capa de Cpo. de Terraplén, se tiene:

$$SN = \frac{12}{2.54} \times 0.44 + \frac{15}{2.54} \times 0.14 + \frac{15}{2.54} \times 0.125$$

$$SN = 2.08 + 0.83 + 0.74 = \mathbf{3.65} \approx \mathbf{3.7}$$

Por lo tanto la estructura propuesta cumple estructuralmente.

Revisión a partir de la capa de subbase hidráulica.

Datos:

$$\Sigma L = 9 \times 10'$$

VRS de Subbase hidráulica = 50.0 %

$$R = 90\%$$

$$S_o = 0.35$$

$$AISA = 4.2 - 2.5 = 1.7$$

MR = 17,500psi. (De gráfica de correlación MR con VRS)

Del Nomograma de la figura IV 4 se obtiene:

Número Estructural Requerido = 3.0

Cálculo del Número Estructural de la Sección del Pavimento propuesta.

Siguiendo un procedimiento similar al utilizado en la revisión a partir de la capa de Cpo. de Terraplén, se tiene:

$$SN = \frac{12}{2.54} \times 0.44 + \frac{15}{2.54} \times 0.14$$

$$SN = 2.08 + 0.83 = \mathbf{2.91} \approx \mathbf{3.0}$$

Por lo tanto la estructura propuesta cumple estructuralmente.

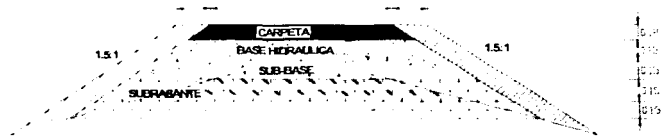
Así pues la segunda estructura propuesta se acepta como solución definitiva, aunque debido a la zonificación que se presenta, en el paso por la zona urbana (Del Km 47+000 al 49+000), una vez que se haya cortado el espesor de la carpeta asfáltica, se colocara una base asfáltica de 0.15 metros de espesor y sobre esta la carpeta asfáltica de 0.10 m de espesor.

Para la zona del pavimento del Km 49+000 al 50+000, debido a que se tienen problemas de infiltración de agua, se propone colocar sobre la subrasante nueva un geotextil permeable y sobre de este se colocara una capa retempadora de capilaridad de

0.15 m de espesor, posteriormente la capa de base hidráulica de 0.15 m de espesor y finalmente la carpeta asfáltica de 0.12 m de espesor.

Las secciones estructurales tipo de las alternativas de reconstrucción seleccionadas para las diferentes zonas homogéneas se representan en la fig. VI.16.

a) Sección para la zona homogénea 1 (del Km 43+000 al Km 47+000)



SIMBOLOGIA

	RECARREGUE A VOLTEO		BASE HIDRAULICA	
	RECARREGUE A VOLTEO		CARPETA ASFALTICA	Acot. en m a/Escala
	SUB-BASE		RECARREGUE A VOLTEO	
	SUBRASANTE			
	RECARREGUE A VOLTEO			
	RECARREGUE A VOLTEO			

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

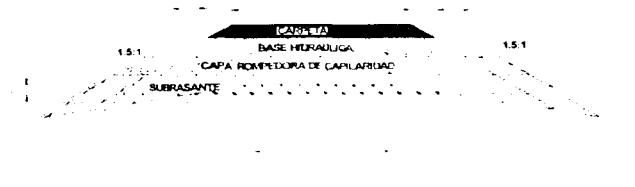
b) Sección para la zona homogénea 2 (del Km 47+000 al Km 49+000)



SIMBOLOGÍA



c) Sección para la zona homogénea 3 (del Km 49+000 al Km 50+000)



SIMBOLOGÍA

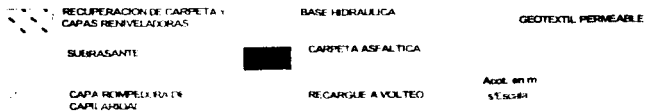
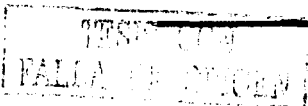


FIG. VI.16 SECCIONES ESTRUCTURALES DE RECONSTRUCCION.



VI.2.2 TRABAJOS POR EJECUTAR.

Como se explicó en el capítulo V de este trabajo, constituyen la parte culminante y principal de entrega al Contratante, ya que con este y con el presupuesto se licita la obra. El documento se divide en las siguientes partes:

A.- INTRODUCCION.

Las obras objeto del concurso comprenden la reconstrucción del pavimento, y la construcción de obras de drenaje, modificando el ancho promedio de corona de la sección original que en el tramo es de seis punto noventa y dos (6.92) metros. Estas obras deben realizarse de acuerdo con lo que fije el proyecto y/o lo que ordene esta Dependencia, siguiendo los lineamientos que en términos generales se describen más adelante.

El proponente en sus precios unitarios, deberá considerar lo necesario para la construcción, colocación, movimientos y mantenimiento del señalamiento de obra y no se efectuará ningún pago adicional por dichos conceptos.

B.- CONSIDERACIONES DEL CONTRATISTA PARA LA FORMULACIÓN DE SU PROPOSICIÓN:

- 1 - Deberá preverse en la ejecución de los trabajos, utilizar de manera intensiva la mano de obra de la localidad y de la región.
- 2 - El concepto de acarreo debe estar incluido dentro del análisis del precio unitario del concepto para el cual se requiera el acarreo.
- 3 - Como se establece en el inciso 03.071-H.01 del Libro Tres Parte 01, Título 03, Pavimentos, de las Normas de esta Secretaría, "los conceptos que no sean objeto de medición no estarán sujetos a pago por separado.

C.- TERRACERIAS.

1.- Desviación

Los subtramos I (Km 43+000 a 47+000), III (Km 49+000 a 50+000) y parte del II entre las estaciones (47+000 a 47+920 y 48+840 a 49+000) requerirán de una desviación de 6.5 (seis punto cinco) metros de ancho, sobre el lado izquierdo del camino con el siguiente procedimiento:

- a) Despalmar el terreno natural en un ancho de siete punto cuarenta (7.40) metros y en un espesor de veinte (20) centímetros, compactar la superficie descubierta en veinte (20) centímetros de espesor hasta alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo en prueba AASHTO estándar (PVSM AS).
- b) Construir la capa subrasante hidráulica con espesor de veinte (20) centímetros compactos, empleando material procedente del Banco "Sin Nombre", compactándola al noventa y cinco (95) por ciento de su PVSM AS.
- c) Construir la capa de subrasante asfáltica como se indica en el inciso E de estos Trabajos por Ejecutar.

En la parte del subtramo II comprendido entre los kms 47+920 y 48+940 los vehículos circularan sobre la calle lateral del lado izquierdo.

2.- Secciones en terraplen y a pelo de tierra.

SUBTRAMO I y II. Km 43+000 al 47+000 y III Km 49+000 al 50+000.

Los recargues en caso necesario a ambos lados de la sección actual en terraplén serán los necesarios para tener el nivel de corte indicado en el inciso E con un ancho de corona máximo de once punto treinta y uno (11.31) metros y un talud de 1.5:1.

Los trabajos se harán en todo el ancho de corona.

Posteriormente a la recuperación mediante fresado en frío indicada en el inciso E se hará lo siguiente

a.- En las secciones en terraplén despallar en cero punto veinte (0.20) metros el talud del terraplén y en caso necesario el del terreno natural, en el ancho necesario para alojar el recargue de los taludes de acuerdo a lo indicado en el inciso 4, depositando el material del lado derecho o donde lo indique la Dependencia dentro del derecho de vía donde no obstruya el funcionamiento de las obras de drenaje, para su posterior uso en el arroje de taludes.

b.- Cortar a partir de donde termina la carpeta los 15 cm superiores y recompactar la superficie descubierta al 90% de su PVSM AS

c.- Construir la capa subrasante en la ampliación y en un espesor de cero punto quince (0.15) metros compactos, a continuación construir en todo el ancho de la sección que se reconstruye la subrasante adicional la cual, tendrá un espesor variable de cero punto quince (0.15) metros a cero punto treinta y cinco (0.35) metros en el ancho de corona de donde se corta el pavimento según se indica en el capítulo E, pues esta capa se empleara para corregir la línea subrasante. En todos los casos son espesores compactos al noventa y cinco por ciento (95%) de su PVSM AS, contruidos con material procedente del banco "Sin Nombre" o de aquellos que cumplan con las características de calidad y de resistencia especificados para tal fin en estos Trabajos por Ejecutar. Estos recargues tendrán un talud mínimo de 1.5:1.

En las secciones a pelo de tierra se cortará en un ancho máximo de once punto treinta y uno (11.31) metros y cero punto diez (0.10) metros de espesor. Se compactara la superficie descubierta por la operación anterior y se procederá a construir la capa subrasante de cero punto quince (0.15) metros de espesor compacto, de tal forma que, la línea subrasante de la sección en terraplén se continúe con la línea subrasante a pelo de tierra.

SUBTRAMO II: Km 47+000 al 49+000

Los trabajos se harán en un ancho de 9.75 que es el necesario para alojar la sección estructural.

Posteriormente a la recuperación del pavimento mediante fresado en frío indicada en el inciso E, se hará lo siguiente:

- 1.- Compactar la superficie descubierta por las operaciones anteriores al noventa (90) por ciento de su PVSM AS, hasta encontrarse compactos los cero punto veinte (0.20) metros superficiales.
- 2.- En las secciones en terraplén y a pelo de tierra cortar a partir de donde termina la carpeta los 15 cm superiores y recompactar la superficie descubierta al 90% de su PVSM AS
- 3.- En las secciones en terraplén y a pelo de tierra construir la capa subrasante en la ampliación y en un espesor de cero punto quince (0.15) metros compactos.
- 4.- Una vez construido el pavimento como se indica en el inciso E, afinar los empedrados para regenerar la sección.

RECARGUE A VOLTEO PARA LOS TALUDES

Después de ejecutada la construcción del refuerzo del pavimento indicada en el capítulo E en el tramo I, se efectuará el recargue a volteo y bandeado de los taludes para evitar que se erosionen, de tal forma que el ancho de la corona terminada sea de once punto cero (11.0) metros, de los cuales, uno punto cero (1.0) metros a cada lado son de recargue a volteo, para su formación se deberá utilizar el material producto de la recuperación del pavimento actual y del material que se utilice para la construcción de las desviaciones. Si fuese necesario se completará con material procedente del Banco "Sin Nombre" o de aquellos que cumplan con las características de calidad y resistencia especificadas para el cuerpo del terraplén, en estos trabajos particular

En el tramo III este recárgue se hará cuando se llegue a la capa subrasante.

ARROPE DE TALUDES

Después de ejecutada la construcción del recárgue a volteo, se efectuará el arrope de taludes para evitar que se erosionen, utilizando el material producto de los despalmes o el apropiado para este fin.

ENTRONQUES (Km 45+590, 45+980, 46+500 y 48+520).

En los accesos a los entronques a nivel con la carretera se hará el recárgue necesario para que en una longitud de veinte punto cero (20.0) metros dicho entronque pase del ancho de corona actual a un ancho de corona de diez punto cero (10.0) metros en contacto con la carretera a reforzar.

Estos presentan como superficie de rodamiento terracerías, para dichos entronques se procederá a despalmar en 20 cm la corona actual, posteriormente se compactará la superficie descubierta al 90% de su PVSMA S, a continuación se procederá a construir lo indicado en el inciso B en los puntos 1,2,3,4 y 5 de éste inciso.

D- OBRAS DE DRENAJE.

Anticipadamente a la ejecución de las obras para el refuerzo de la superficie de rodamiento, tomando en consideración lo señalado en el inciso 01 005-F 15 del Título 01, Parte 01, Libro 3 de las Normas para Construcción e Instalaciones de esta Secretaría, se deberá:

1- Limpiar (desazolver) a la entrada y salida y ampliar las siguientes obras menores:

Tabla VI.27.

OBRA	SECCION ALTO X ANCHO	UBICACIÓN
Losa	15X1 0	Km 47+239
Losa	10X0 7	Km 48+210

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2 - Sustituir y desazolvar las siguientes obras menores.

Tabla VI.28

Km.	OBRA EXISTENTE	OBRA REEMPLAZANTE
43+220	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro Construir canalizacion de salida
43+320	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro
43+800	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida
43+932	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida
44+138	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida Reubicar tubo de agua
44+953	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida Construir plantilla a la salida
45+466	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida Construir plantilla de salida
46+028	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida Construir plantilla de salida
46+445	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida
46+627	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida
46+905	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar salida
47+524	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida
49+121	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida
49+482	Tubo de lamina de 0.76 m de diámetro	Cambiar a tubo de concreto de 1.20 m de diámetro y desazolvar entrada y salida

3 - En la obra de desviacion colocar en cada uno de los sitios donde hay obras menores, un tubo de concreto de cero punto setenta y seis (0.76) metros de diámetro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

E. PAVIMENTO.

En la reconstrucción del pavimento.-

1). Subtramo I: De Km 43+000 al 47+000.

En la desviación sobre la capa subrasante estabilizada hidráulicamente, una vez seca y barrida, se construirá la subrasante con material de tamaño máximo de cinco punto uno (5.1) centímetros y estabilizada con emulsión de rompimiento lento o superestable a razón de 100 (l/m³) de material pétreo seco y suelto aproximadamente, con el contenido de agua necesario, previamente se realizaran tramos de prueba para determinar la dosificación adecuada, compactándola al noventa y cinco por ciento (95) de su PVSM definido mediante la prueba de compresión simple; el espesor ya compacto de la subrasante asfáltica debe ser de cero punto uno (0.1) metros. La capa de subrasante asfáltica cuando mucho irá quinientos (500) metros atrás de la subrasante estabilizada hidráulicamente

Los siguientes trabajos se harán en todo el ancho de la corona actual.

a.- Recuperación del pavimento existente.

Realizados los trabajos necesarios para habilitar las zonas por donde se desviará el tránsito, se procederá a cortar en todo el ancho de la corona el pavimento actual en un espesor de cero punto diez (0.10) metros mediante fresado en frío empleando el equipo adecuado de recuperación de pavimento o similar con el fin de descubrir la capa subrasante, acamellonando el material producto del corte, en el derecho de vía, de tal manera que, no se obstruya el tránsito de los vehículos, ni se contamine, para su posterior utilización en la construcción de los recargues o colocándolo donde lo indique la Dependencia

b.- Sub-base Hidráulica

Después de realizar lo señalado en el punto C Terracerías, se construirá sobre la subrasante en todo su ancho, la capa de sub-base hidráulica de cero punto quince

(0.15) metros de espesor compacto al noventa y cinco (95) por ciento de su PVSM, definido en la prueba AASHTO modificada y empleando el material apropiado, como lo puede ser el del Banco "La Mora", o cualquier otro que se ajuste a las características de calidad y resistencia especificadas para tal fin, en estos Trabajos por Ejecutar.

c.- Base Hidráulica

Sobre la sub-base, se construirá en todo su ancho la base hidráulica de cero punto quince (0.15) metros de espesor compactos al cien (100) por ciento de su PVSM, definido en la prueba AASHTO modificada y empleando el material apropiado que puede ser el del Banco "La Mora", o cualquier otro que cumpla con las características de calidad y resistencia especificadas para tal fin en estos Trabajos por Ejecutar.

Seca, barrida y libre de impurezas o material suelto la base hidráulica, se procederá a impregnarla en todo su ancho empleando emulsión de rompimiento lento o superestable diluida con agua al 50% como aditivo, a razón de uno punto cinco (1.5) litros por metro cuadrado (l/m^2), previamente se realizarán tramos de prueba para determinar la dosificación adecuada.

Aplicar un riego de liga en todo el ancho de la corona para alojar la carpeta, con emulsión de rompimiento rápido en una proporción de cero punto setenta y cinco (0.75) litros por metro cuadrado (l/m^2) sobre la base hidráulica y cero punto setenta y cinco (0.75) litros por metro cuadrado (l/m^2) entre cada capa de concreto asfáltico.

d.- Carpeta de concreto asfáltico.

En el ancho de la corona de nueve punto cero (9.0) metros se colocará la carpeta de concreto asfáltico de doce punto cero (12.0) centímetros de espesor compacto, formada por dos capas de seis punto cero (6.0) centímetros cada una, compactadas al noventa y cinco (95) por ciento de su peso volumétrico determinado en el laboratorio mediante la prueba Marshall.

El concreto asfáltico se elaborará con cemento asfáltico AC-20 y material pétreo del tamaño máximo de diecinueve punto uno (19.1) milímetros, procedente del Banco "La Mora", o de cualquier otro banco con las características de calidad y resistencia especificadas para tal fin en estos Trabajos por Ejecutar. La dosificación del cemento asfáltico será de cien (100) kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) de material pétreo seco suelto aproximadamente, pero deberá verificarse con la prueba Marshall.

2) Subtramo II: del Km. 47+000 al 49+000.

La reconstrucción del subtramo II, que corresponde al paso por la zona urbana de Cadereyta, entre los kilómetros 47+000 al 49+000, se realizará de la siguiente manera:

La reconstrucción se hará en 9.75 m de ancho, se pasara el tránsito por la calle lateral después del camellón del lado izquierdo o por la desviación.

a.- Recuperación del pavimento existente.

Se realizará siguiendo el mismo procedimiento que se indico para el subtramo I.

Sobre la superficie descubierta y compactada según lo indicado en el inciso C Terracerías para este tramo proceder de la siguiente manera:

Seca y barrida la superficie descubierta se aplicará el riego de liga con emulsión de rompimiento rápido en una proporción de cero punto setenta y cinco (0.75) litros por metro cuadrado (lt/m^2), previamente se realizarán tramos de prueba para determinar la dosificación adecuada.

b.- Base Asfáltica.

A continuación en todo el ancho que se reconstruye, se colocara la base asfáltica estabilizada con cemento asfáltico AC-20 y compactándola al noventa y cinco por ciento (95 %) de su peso volumétrico máximo definido mediante la prueba Marshall. El espesor ya compactado de la base asfáltica debe ser de quince (15) centímetros.

Aplicar un riego de liga siguiendo el mismo procedimiento que el indicado para el subtramo I.

c.- Carpeta de Concreto Asfáltico

Construir la carpeta de concreto asfáltico en el ancho de corona de nueve punto cero (9.0) metros, de diez (10) centímetros de espesor compactos, en dos capas de cinco punto cero (5.0) centímetros cada una, compactadas al noventa y cinco (95) por ciento de su peso volumétrico determinado mediante la prueba Mashall

El concreto asfáltico se elaborará con el mismo material indicado para el subtramo I.

3). Subtramo III : Del Km. 49+000 al 50+000

Los trabajos se harán en todo el ancho de la corona

a.- Recuperación del pavimento existente.

Se realizará siguiendo el mismo procedimiento que se indico para el subtramo I.

b.- Geotextil.

Realizada la compactación de la superficie descubierta, la ampliación de la capa subrasante, los recargues y el arrope del talud exterior de las secciones en terraplén, según se indica en el inciso C Terracerias para este tramo, se colocará una tela geotextil permeable sobre la superficie ya compactada en todo el ancho de la corona incluyendo los arropes

c.- Capa Rompedora de Capilaridad.

Después de colocado el geotextil, se construirá a todo el ancho del terraplén incluyendo los arropes una capa rompedora de capilaridad con material pétreo cuyo tamaño maximo sea de treinta y ocho punto un milímetros (38.1 mm) y el mínimo sea retenido en la malla numero cuarenta (40) hasta formar una capa de quince punto cero

centímetros (15.0) cm compactos al noventa y cinco por ciento (95 %) de su PVSM, de la prueba AASHTO modificada.

Sobre la capa rompedora de capilaridad, se procederá construir la capa de base hidráulica, aplicar los riegos de impregnación y liga y finalmente la construcción de la carpeta asfáltica, todo esto siguiendo el mismo procedimiento que se indicó para el subtramo I

ENTRONQUES

En los entronques con superficie de terracería, indicados en el inciso C Terracerías, después de colocada la capa subrasante se procederá de la siguiente manera:

Sobre la capa subrasante se construirá en todo el ancho de la corona del entronque la base hidráulica siguiendo el mismo procedimiento que el indicado para el subtramo I.

Con el fin de evitar polvos, una vez seca, barrida y libre de impurezas o material suelto la base hidráulica, se procederá a aplicar un riego de sello con material 3A en una proporción de 10 lt/mt² y emulsión de rompimiento rápido en una proporción de 1.5 lt/m².

TRANSICIONES

Para ligar la rasante actual que tienen los subtramos antes y después del refuerzo y con el fin de evitar brincos bruscos en los límites de la reconstrucción se realizarán transiciones en una longitud de veinte punto cero (20.0) metros entre los cadenamientos 43+000 y 43+020, así como entre las estaciones 49+980 y 50+000.

F. SEÑALAMIENTO.

A continuación se proporciona la relación de los señalamientos que se requieren colocar.

TABLA VI.29 SEÑALAMIENTO VERTICAL QUE SE REQUIERE COLOCAR "

SENTIDO: SAN JUAN DEL RIO - XILITLA		
Ubicación	Leyenda	Tipo de Señal
44+000	Banderola del km 50	SII-15
46+000	Banderola del km 49	SII-15
48+000	Banderola del km 47	SII-15
SENTIDO: XILITLA - SAN JUAN DEL RIO		
Ubicación	Leyenda	Tipo de Señal
50+000	Banderola del km 50	SII-15
49+000	Banderola del km 49	SII-15
47+000	Banderola del km 47	SII-15
43+000	Banderola del km 43	SII-15

Al igual que se relaciona el señalamiento a colocar, también se debe relacionar el que se requiere pintar, reubicar y eliminar.

G.- ESPESORES.

Los espesores que han sido indicados, corresponden a material ya compactado, al grado que en cada caso fue señalado.

H.- DOSIFICACIONES.

Las dosificaciones de los materiales pétreos y asfálticos que se indican en estos Trabajos por Ejecutar, como fue señalado en cada caso, se deben verificar en la obra y las definitivas serán las que ordene la Dependencia, como resultado de las pruebas de laboratorio que en cada caso se lleven a cabo o de los tramos de prueba correspondientes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I.- REQUERIMIENTOS DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES MATERIALES QUE FORMAN LA SECCION ESTRUCTURAL

1).TERRACERIAS.

Los materiales que se utilicen en la construcción de la capa **subrasante** y en los **recargues** de los taludes de las secciones en terraplén, se sujetarán a las especificaciones técnicas editadas en 1985 y publicadas en 1986.

La clasificación, características y requisitos para el uso adecuado de los materiales empleados en la construcción de la capa subrasante y en los recargues de los taludes de las secciones en terraplén, deberán verificarse haciendo las pruebas necesarias correspondientes a estas capas, de acuerdo con los procedimientos indicados en el capítulo (01.01.002) del libro 6 de las mismas Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

2). PAVIMENTO

a) Los materiales que se utilicen en la construcción de la capa **sub-base** en pavimentos flexibles en carreteras, se sujetarán a las especificaciones técnicas editadas en 1985 y publicadas en 1986.

b) Los materiales que se utilicen en la construcción de la **capa rompedora de capilaridad**, deberán cumplir con las especificaciones siguientes:

De granulometría, de acuerdo con los métodos de prueba especificados en el capítulo (01.03.009) del libro 6

Diámetro máximo de treinta y ocho punto un milímetros (38.1 mm) y diámetro mínimo de cero punto cuarenta y dos milímetros (0.42 mm).

La curva granulométrica deberá alojarse dentro de la zona punteada en la figura anexa a la Especificación Particular respectiva.

Límite líquido menor o igual a 25%.

Índice plástico inapreciable

c) Los materiales que se indican en los párrafos a), b), y c) del inciso (009-B 01) del Capítulo 4.01.03 del libro 4 de las Normas de Calidad de la Secretaría editado en 1985, empleados para **bases hidráulicas** deberán cumplir con las especificaciones técnicas editadas en 1985 y publicadas en 1986

d) Los materiales clasificados en el grupo d) del inciso (009-B 01) del Capítulo 4.01.03 del libro 4 de las Normas de Calidad de la Secretaría editado en 1986, empleados para la construcción de **bases asfálticas** deberán cumplir con las especificaciones técnicas editadas en 1985 y publicadas en 1986

La mezcla elaborada con cemento asfáltico AC-20 deberá cumplir con lo indicado en el párrafo (011-D.03 a) del Libro 4 Título 03 y además con las normas siguientes:

- Tolerancia del contenido de asfalto con respecto al porcentaje de proyecto en peso + 5%
- Contenido de agua permisible, con respecto al peso de la mezcla, máximo 1%

e) Los materiales pétreos para **carpetas asfálticas**, elaboradas en planta estacionaria, deberán cumplir con las especificaciones técnicas editadas en 1985 y publicadas en 1986

Los materiales pétreos para la aplicación del **riego de sello**, deberán satisfacer lo que se indica en el inciso 4.01.03.01a-C 02 en lo que se refiere a materiales No. 3-A

NOTA: Para todas los materiales pétreos, indicados del inciso a) al e) de Pavimentos, no deberá utilizarse aquel material cuya clasificación geológica sea **tezontle, lutita, pizarra, esparto, gneiss, basalto vesicular** y peso volumétrico seco suelto sea menor a 1400 kg/m³



3) GEOSINTETICOS

El tipo de geotextil permeable que se utilice previo a la colocación de la capa rompedora de capilaridad, deberá cumplir con las siguientes especificaciones fijadas por AASHTO:

- Resistencia a la tensión 100 kg mínimo.
- Elongacion a la ruptura 70% mínimo.
- Retención de asfalto 0.2 gal/yd² mínimo.
- Peso, ASTM-D1910 mayor o igual a 275 g/m²
- Resistencia al estallamiento 350 lb/in².
- Punto de fusión 200 ó más °C

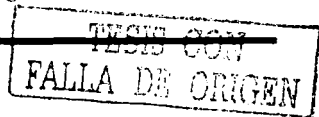
4). OBRAS DE DRENAJE.

- a) Los materiales para la construcción de las mamposterías deberán satisfacer los requisitos que se indican en el capítulo 4.01.02.003.
- b) El cemento tipo Portland que se utilice en la elaboración del concreto hidráulico deberá cumplir con lo establecido en los incisos 4.01.02.004-B.05 y 4.01.02.004-B.06.
- c) Los agregados finos y gruesos que se usen en la fabricación del concreto hidráulico, se sujetarán a lo indicado en los incisos 4.01.02.004-E.02 y 4.01.02.004-E.03
- d) El agua para el concreto hidráulico deberá de satisfacer lo que mencionan los incisos 4.01.02.004-G.02 y 4.01.02.004-G.03
- f) Los materiales que se utilicen como filtro en la construcción de la capa rompedora, deberán cumplir con las especificaciones siguientes:

De granulometría, que deberá quedar en la zona sombreada de la figura No. 1 del Capítulo 3.01.02.032 del Libro 3

- Límites Límite líquido, menor o igual al 25%, Índice Plástico, inapreciable.

- g) Los tubos de concreto y los materiales empleados en su fabricación, cumplirán con lo estipulado en las Cláusulas 4.01.02.004-N y 4.01.02.004-O



5.-CONCRETO ASFALTICO

Las emulsiones asfálticas para la aplicación de los riegos de impregnación se diluirán al 50% con agua como aditivo, según se indica en el inciso 3.01.03.078-F.12 y junto con los riegos de liga deberán cumplir con los requisitos establecidos en el inciso 4.01.03.011-B.04.

El cemento asfáltico AC-20 deberá cumplir con los siguientes requisitos:

TABLA VI.30 REQUISITOS DE CALIDAD DEL CEMENTO ASFALTICO AC-20.

C A R A C T E R I S T I C A S	C E M E N T O A S F A L T I C O A C - 2 0
*Penetración, 100 gr., 5 seg., 25°C, grados	60 mín-70 máx
*Viscosidad Saybolt-Furol: 135°C, s, mínimo	300 Centistokes mín
*Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	232
*Ductilidad 25°C, 5 cm por minuto mínimo	50 cm. mín
*Solubilidad en tricloroetileno de carbono, por ciento, mínimo	99.0 mín
*Penetración retenida, por ciento, mínimo	54 del original mín
*Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo	0.5

*Cementos asfálticos caracterizados por viscosidad en el producto original a 60°C

El concreto asfáltico deberá cumplir con los siguientes requisitos determinados por el método Marshall, para especímenes compactados con setenta y cinco (75) golpes por cara:

TABLA VI.31 REQUISITOS DE CALIDAD DEL CONCRETO ASFALTICO AC-20.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PRUEBA	MEZCLA ASFALTICA PARA CARPETA	MEZCLA ASFALTICA PARA BASE
Estabilidad min.	1000 kg	700 kg
Flujo	2 a 4	2 a 4
Por ciento de vacios en la mezcla respecto al volumen del espécimen	3 a 5	3 a 6
Por cientos de vacios en el agregado mineral (VAM) respecto al volumen del espécimen de mezcla, no menor	14	14
Permeabilidad en %	10	10

Para mejorar la adherencia entre el agregado pétreo y los materiales asfálticos, se pueden emplear aditivos, su uso esta condicionado al resultado obtenido en las pruebas de afinidad del agregado pétreo con los materiales asfálticos descritos en el inciso 4 01.03.011

J.- NORMAS DE EJECUCION

1.- TERRACERIAS.

- a.- La construcción de la obra de desvío, terraplenes, cortes y capa subrasante hidráulica y subrasante asfáltica se harán de acuerdo a lo estipulado en cada caso en particular, en los capitulos 3.01.01.002, 3.01.01.003, 3.01.01.004, 3.01.01.005 y 3.01.01.008. y conforme a lo estipulado en la especificación particular correspondiente
- b.- La construcción de la capa subrasante se hará conforme lo estipulado en la especificación particular respectiva.

2 - OBRAS DE DRENAJE.

La ejecución de las obras de drenaje se sujetarán a lo indicado en los capitulos 3.01.02.028-F para las estructuras de concreto reforzado y en 3.01.02.031-F para

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

las alcantarillas tubulares de concreto de las Normas para Construcción e Instalaciones de esta Secretaría

3.- PAVIMENTO.

- a.- La recuperación del pavimento existente se hará conforme lo estipulado en la especificación particular respectiva.
- b.- La capa rompedora de capilaridad y de sub-base, deberá construirse de acuerdo a los lineamientos establecidos en el capítulo 3.01.03.074.
- c.- La capa de base, deberá construirse de acuerdo a los lineamientos establecidos en el capítulo 3.01.03.074.
- d.- El riego de liga se hará conforme lo establece el capítulo 3.01.03.076-F.
- e.- El riego de impregnación se hará conforme lo establece el capítulo 3.01.03.078.
- f.- La carpeta asfáltica, deberá construirse de acuerdo a los lineamientos establecidos en el capítulo 3.01.03.081.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

K.- BANCOS DE MATERIALES.

TABLA VI.32 CUADRO DE BANCOS DE MATERIALES SUGERIDOS Y SUS CARACTERISTICAS

NOMBRE	UBICACIÓN	MATERIAL	USO	TRATAMIENTO PROBABLE	VOLUMEN (m ³)	MEZCLA APROXIMADA PARA SU EMPLEO (% EN VOLUMEN)
1- "SIN NOMBRE"	CARR. SAN JUAN DEL RIO XILITLA Km. 51-800 d/D ORIGEN: SAN JUAN DEL RIO	ARENA LIMPIA (TEPETATE ROJO)	QUERNO DE TERRAPLEN SUBRASANTE RECARIGUES	DISPREGADO	500,000	SE USARA SOLO
2- "LA MORA"	Km. 156+000 CON DERECHERA DE 500 m. DE LA AUTOPISTA MEXICO - QUERETARO CON ORIGEN EN LA D. DE MEXICO	BASALTO	SUB-BASE	DESPOOLVE TRITURACION TOTAL Y CRIBADO A TAMAÑO MAXIMO DE 2" (51.0 mm)	200,000	SE USARA SOLO
		BASO HIDRAULICA		DESPOOLVE TRITURACION TOTAL Y CRIBADO A TAMAÑO MAXIMO DE 1 1/2" (38.1 mm)		
		CARPETA		DESPOOLVE TRITURACION TOTAL Y CRIBADO A TAMAÑO MAXIMO DE 3/4" (19.1 mm)			AGREGAR 3% DE CAL

NOTAS:

- 1.- El concursante debera negociar con los propietarios o concesionarios de los bancos, los importes de las regalías e incluirías en sus analisis de precios unitarios correspondientes, ya que no se pagaran por separado.
- 2.- El laboratorio encargado del control de la obra determinara en caso necesario, el tipo y cantidad de aditivos que se utilizara para mejorar la adherencia del material petreo con el producto asfáltico.
- 3.- Dado que en todos los bancos de materiales del lugar la roca esta fracturada y empaçadas sus fracturas con finos, es indispensable llevar un control de calidad riguroso para no incluir finos plasticos que bajarian la calidad y resistencia de los agregados petreos, por lo que es muy importante el despolve de los mismos y verificar que no existen contaminacion con finos plasticos, y que cumplan con las Normas de Calidad y Resistencia del proyecto indicadas en los Trabajos por Ejecutar para las diferentes capas a emplearse.
- 4.- La contratista tendra libertad de elegir otros bancos que cumplan con las especificaciones de calidad y resistencia indicadas en los Trabajos por Ejecutar.
- 5.- La clasificacion para presupuesto de los dos bancos es 100-100-00 y 00-00-100 respectivamente.
- 6.- Al banco 2 se le debe agregar 3% de cal en caso de emplearse para carpeta y buscar un frente que no este contaminado con finos pues solo así cumple con la especificacion del equivalente de arena.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

L.- ESPECIFICACIONES PARTICULARES.

En este inciso se mencionaran solamente dos de las especificaciones particulares, las cuales se desarrollan para conceptos que no están incluidos en la Normativa de la S.C.T., o que lo que establece la Norma no coincide con lo requerido en la ejecución de la obra

E.P.12 CAPA BASE NEGRA, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.

EJECUCION:

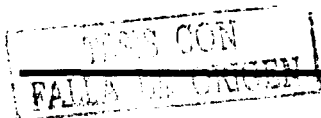
Al material, empleado para base, se le agregará producto aglutinante del tipo y en la proporción que sea ordenada, de tal forma que la mezcla cumpla con los requerimientos de calidad solicitados en estos Trabajos por Ejecutar, la mezcla así obtenida, será tendida en el ancho y en el espesor fijado de manera uniforme sobre la superficie tratada, de acuerdo con el procedimiento de mezcla en planta, procediendo a perfilar y compactar hasta alcanzar el 95% de su peso volumétrico máximo determinado en el laboratorio mediante la prueba Marshall.

MEDICION:

Se considerará como unidad el metro cúbico.

BASE DE PAGO:

El pago por unidad de obra terminada de base negra, se hará al precio unitario fijado en el contrato para el metro cúbico y que constituirá la capa que se estipule; este precio incluye lo que corresponde por: utilización del equipo para homogeneización, tendido en el espesor y ancho señalados, compactación al grado indicado, aplicación de la emulsión; en su caso, extracción, carga, acarreo, aplicación e incorporación del agua; así como permisos para la explotación de bancos de agua, suministro, acarreo, cargas y descargas.



E.P.13 APLICACIÓN DE GEOTEXTIL PERMEABLE.

EJECUCION:

Sobre la superficie descubierta de la subrasante una vez compactada y barrida, se procederá a extender la membrana del geotextil adecuado para tal fin, sin que presente arrugas y cuidando los traslapes y costuras de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

MEDICION:

Se considerará como unidad el metro cuadrado de la membrana de geotextil aplicada, con aproximación de una decimal.

BASE DE PAGO:

El pago por unidad de obra terminada de la aplicación de geotextil, se hará al precio unitario fijado en el contrato para el metro cuadrado; este precio incluye lo que corresponda por: barrido de la superficie donde se aplicará; adquisición del geotextil, traslapes longitudinales y transversales, cargas, transportes, descargas del lugar de adquisición al sitio donde será colocado, almacenamientos; mermas y desperdicios; utilización del equipo, herramienta y mano de obra para la colocación y todo lo necesario para la correcta ejecución del trabajo; así como los tiempos de los vehiculos empleados en los transportes durante las cargas y descargas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.2.3 PRESUPUESTO DE OBRA.

El punto culminante del proyecto es el presupuesto, el cual en este caso se entrega junto con los Trabajos por Ejecutar a las empresas contratistas que concursan para la ejecución de la obra. A continuación se presenta el presupuesto que se obtuvo con todo lo desarrollado anteriormente, que se sustenta con el cálculo detallado de los volúmenes, los cuales no se presentan por salir del alcance de este trabajo. Así mismo se aclara que este presupuesto se desarrolló con la Normativa en vigor en el momento de elaboración del proyecto, por lo que no incluye la Nueva Normativa de la SCT, editada en el año 2000 y 2001.

Nº	O NORMA DE OBRA PÚBLICA	B CONCEPTO DESCRIPCIÓN	R CANTIDAD DE OBRA	A		
				UNI- DAD	PRECIO UNITARIO (\$)	IMPORTE (\$)
	3 01 01 005-D	TIERRAS CORRELS				
	E P 03	Desplazamiento de la zona donde se construirán las transiciones en las entranques y ampliación del terraplén por unidad de obra terminada.	14' 52	m ²	1 84	275 12
	109 D 06	Excavación por unidad de obra terminada (3 01 01 02 E P 04)				
	a)	En rebajes de la corona de corte y/o de terraplenes existente.				
	2)	Cuando el material se desperdicia.	8 660 00	m ³	6 34	55 077 60
	E P 06	Recarga fondeada a voleo del cuerpo de los arropes por unidad de obra terminada.	13 315 20	m ³	4 67	62 181 98
	E P 05	Recarga compactada de terraplenes por unidad de obra terminada.	14 065 00	m ³	4 67	65 683 55
	009 E 09	Concreto para unidad de obra terminada.				
	a)	Del tipo que cubre el área de desplante de los terraplenes en una 30' de espesor (10 m).				
	E P 04	Recargar y compactar en sus partes descubiertas.	10 219 32	m ³	1 00	10 819 36
	E P 07	Recarga de 20' de espesor en descubiertas.	6 741 00	m ³	8 31	56 009 40

EJEMPLO ILUSTRATIVO.

		Formación y compactación de Terraplenes (inciso 01.01.005H.11)				
7	EP 08	Capa subrasante, por unidad de obra terminada	14,054 96	m ³	34 11	479,414 69
	009-I 02	Sobreacarreo de los materiales producto de la recuperación y cortes (inciso 3 01 01 008-H.02)				
8	a)	Para distancias hasta de (5) estaciones de veinte (20) m., es decir, hasta cien (100) metros	38,505 84	m ³ Est	1 13	43,511 60
	c)	Para distancias hasta de (2) kilómetros, es decir, hasta veinte (20) hectómetros				
9	1)	Para los primeros quinientos (500) metros, es decir cinco (5) hectómetros.	12,261 00	m ³	9 89	121,261 29
10	2)	Para la distancia excedente a los primeros quinientos (500) metros, es decir cinco (5) hectómetros incrementado por cada hectómetro adicional a los primeros 5 hectómetros.	12,261 00	m ³ Hm	1 48	18,146,28
11	EP 10	Obra de desvío, por unidad de obra terminada	6 51	km	245,598 48	1,598,846.10
	3 01 02	ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE				
	02 047-C	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS				
12	EP 01	Excavación para estructuras por unidad de obra terminada	611 75	m ³	20 65	12,632 64
13	C-03	Extracción de azolves a una (1) que profundidad y cuales quiera que sea su clasificación (3 01 02 022H.01)	18 68	m ³	53 12	992 28
	047-D 02	RELLENOS				
14	C)	De excavaciones para estructuras, por unidad de obra terminada	350 86	m ³	18 00	6,315 48
	0 47-E	MAMPOSTERÍA				
	E 03	Mampostería de tercera clase a cualquier altura por unidad de obra terminada (inciso 3 01 02 024 H.02)				
15	a)	De mampostería de tercera clase junteados con mortero de cemento	282 66	m ³	300 55	84,953 46
	0 47-I	Estructuras de concreto reforzado				
	0 04	Estructuras de concreto reforzado por unidad de obra terminada (inciso 3 01 02 028-H.03)				
16	a)	Concreto reforzado colocado en el lugar	7 66	m ³	2 500 00	19,150 00
	047-L	Alcantarillas tubulares de concreto				
	0 02	Tubería de concreto (inciso 3 01 02 031-H.01)				
	d)	Reforzado de f.c. de 280 kg/cm ² tipo macho y hembra fabricado en la obra				
17	1)	De 120 cm de diámetro	210 13	ml	946 18	198,820 80

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EJEMPLO ILUSTRATIVO

18	2)	De 76 cm de diámetro				
19	s/c	Arenero en alcantarilla, según proyecto tipo, no incluye excavación	168 00	ml	788 48	132 464 64
	04 F X	DEMOLICIONES	2 00	pza	1 170 00	2 340 00
	0 01	Demoliciones, por unidad de obra terminada (inciso 3 01 02 043 H 01)				
20	a)	De mampostería de tercera clase	45 73	m ³	500 00	22 865 00
21	2)	De concreto reforzado	0 27	m ³	1 100 00	297 00
	02 047 Y	TRABAIOS DIVERSOS				
	047 Z 01	Sobre acarreo para los materiales sobrantes producto de azoques				
22	a)	Carga y acarreo a 20 m en carretilla	18 68	m ³	7 72	144 21
23	b)	Carga y acarreo en carretilla, estaciones subsiguientes (10 estaciones)	18 68	m ³	2 41	45 02
	3 01 03	PAVIMENTOS				
24	F P 02	Recuperación del material del pavimento asfáltico	4 940 00	m ³	27 09	133 824 60
25	E P 09	Capa compactadora de capacidad	1 805 25	m ³	75 35	136 025 59
26	E P 10	Capa sub-base, por unidad de obra terminada	6 021 00	m ³	66 76	401 961 96
27	E P 11	Capa base hidráulica, por unidad de obra terminada	7 587 51	m ³	149 93	1 137 595 37
28	E P 12	Capa base negra, por unidad de obra terminada	2 857 50	m ³	16 04	45 834 30
29	E P 13	Aplicación de geotextil permeable	12 260 00	m ³	7 20	88 272 00
	03 086 G	MATERIALES ASFALTICOS				
	G 07	Materiales asfálticos, por unidad de obra terminada (inciso 03 076 H 01)				
	c)	Emulsiones asfálticas				
30	2)	Empleadas en obras	148 110 00	lt	1 90	281 409 00
	G 08	Lechamos asfálticos empleadas en concreto asfáltico por unidad de obra terminada (inciso 03 076 H 04)				
31	a)	Cemento, Asfáltico AC 20	1 397 232 00	Kg	0 85	1 187 647 20
32	1 02	Banido de la superficie por tratar (inciso 078 H 01)	6 61	ha	613 23	4 053 45
	03 086 L	CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO				
33	E P 14	CONCRETO ASFALTICO, por unidad de obra terminada	7 386 60	m ³	490 00	3 614 434 00
	03 086 M	RIEGO DE SELLO				
34	E P 15	RIEGO DE SELLO, por unidad de obra terminada				

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EJEMPLO ILUSTRATIVO

	02 047 W	Recubrimiento con pintura	6 40	m'	260 00	1.664 00
35	03 F 4	De pavimento, raya central continua o discontinua, blanca, reflejante y de 10 cm de ancho, por unidad de obra terminada				
	E P 21	SEÑALAMIENTO	17,866 70	mt	0 85	15.186 70
36	SP-SR	Señales Preventivas y Restrictivas que se requieren pintar	12 00	pza	200 00	2 400 00
37	SII	Señales Informativas de Identificación que se requieren reubicar	1 00	pza	150 00	150 00
38	SIR	Señales Informativas de Recomendación que se requieren pintar	13 00	pza	316 61	4 115 93
39	SIG	Señales Informativas de Recomendación e Información General que se requieren pintar	2 00	pza	265 02	530 04
40	SID	Señales Informativas de Destino que se requieren pintar	11 00	pza	1 402 30	15 425 30
41	SII	Señales Informativas de identificación que se requieren pintar	8 00	pza	290 00	1 600 00
42	SII	Señales Informativas de identificación que se requieren colocar	7 00	pza	316 61	2 216 27
43	SII	Señales Informativas de identificación que se requieren cambiar	1 00	pza	316 61	316 61
44	SIST	Señales Informativas de servicios y turísticas que se requieren pintar	1 00	pza	200 00	200 00
45	M5	Violetas con reflejante amarillo en la cara al tránsito	934 00	pza	35 00	32 690 0
46	M8	Violetas con reflejante blanco en las dos caras	467 00	pza	30 00	14 010 00
		SUMA PARCIAL				\$ 5,183,048.50
		SUBTOTAL				\$ 10,118,534.70
		SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, CONSIDÉRESE 5% DEL MONTO DE LA OBRA				\$ 505,926.74
		TOTAL A COSTO DIRECTO				\$ 10,624,461.44

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

1. El sistema autotransporte actualmente presenta rezagos importantes en materia de infraestructura-carretera, específicamente en la red federal el problema se manifiesta en su precario estado físico ya que el 35.2% del total de la red se encuentra en estado malo o pésimo y solamente el 27.3% en estado bueno. Es de gran importancia el crear nuevos caminos para el desarrollo económico y social del país, pero es aún más importante el mantener en buen estado los caminos existentes, modernizar los que por su importancia lo requieran y mejorar la operación de la red carretera
 2. La inclusión de la iniciativa privada en los programas de los trabajos de conservación de carreteras que actualmente implementa la S.C.T. está contribuyendo de buena manera en mejorar el estado de la infraestructura-carretera actual y concentrando estas acciones, principalmente en conservación periódica, en los tramos más dañados se podrían obtener mejores resultados.
 3. Para poder establecer las mejores alternativas de reconstrucción de una carretera es indispensable el llevar a cabo una evaluación del pavimento de una forma integral, aunque los métodos de diseño involucran coeficientes de confiabilidad, el tener más parámetros evaluados y tomarlos en cuenta repercutirá en que la estrategia de reconstrucción seleccionada sea la óptima
 4. En la evaluación de deterioros o fallas actualmente no se cuenta con un sistema confiable que pueda sustituir la evaluación por medio de recorrido a pie, los sistemas semiautomáticos y automáticos no proporcionan resultados confiables, por lo que aquí la experiencia del ingeniero evaluador es importante para que de una manera rápida se obtenga un parámetro confiable.
-

CONCLUSIONES.

5. La evaluación de la capacidad estructural del pavimento por medio de métodos no destructivos ha quedado estancado en el uso de aparatos estáticos, la cultura o alcance de aparatos dinámicos y de impacto ha quedado limitado para las Instituciones de Investigación y alguna que otra empresa de la Iniciativa privada, por la confiabilidad de los resultados y su rendimiento es importante la actualización en este tipo de evaluación.
 6. Actualmente las exigencias en cuanto a cantidades de sondeos para la evaluación de la capacidad estructural son un sondeo a cada 250 m (un pozo a cada 500 m y una cala a cada 500 m), encontrándose en muchos casos que existe una homogeneidad en las capas de la sección estructural del pavimento por lo que se consideran demasiados y si se pretende ahorrar tiempo se podría modificar a un sondeo cada 1,000 m.
 7. En la mayoría de los casos en que un pavimento requiere reconstrucción, una de las causas principales que ha provocado su deterioro es el contar con un mal sistema de drenaje, tanto superficial como subterráneo, por lo que se debe plantear la posibilidad de que algunos tramos que todavía no alcanzan la calificación de rechazo y por lo tanto no estén programados para reconstrucción, se les pueda realizar la Reconstrucción de su sistema de drenaje o subdrenaje, con lo cual se podría alargar su vida útil.
 8. En cuanto a calidad de los materiales las Normas propuestas por el IMT son más flexibles en cuanto al índice de resistencia (VRS), que las de la Normativa de la SCT, excepto para subrasante, su uso involucra el criterio del ingeniero para determinar en que condiciones se puede aplicar la Norma Tolerable, lo cual creo que para un control de calidad no es adecuado, las Normas deben ser fijas para que no haya manipulación de las mismas.
 9. La Normativa de la SCT se debe actualizar para que tome en cuenta la calidad de materiales que se han empezado a utilizar en la última década, tales como asfaltos modificados con polímeros y el uso de Cemento Asfáltico AC-20 en lugar del No. 6,
-

así como plasmar en las mismas la prohibición del uso de materiales de alta compresibilidad en las capas de terracería y subrasante.

10. Los Impactos Ambientales negativos provocados en una reconstrucción de pavimentos son menores que los beneficios obtenidos, ya que los impactos negativos principales ya se realizaron cuando fue construido el camino y los producidos en la reconstrucción son mitigables.
11. En todo diseño de pavimentos basado en el análisis por resistencia, se debe aplicar el sistema de multicapas, es decir que no solamente se revise o diseñe para la capa con menor VRS, sino que se haga para todas y a partir de ahí determinar cual estructura rige el diseño.
12. En el diseño de pavimentos el método del AASHTO arroja espesores mayores de diseño que el del Instituto de Ingeniería, por lo que para caminos con TDPA > 1,000 vehículos se debe exigir la revisión por medio del primero.
13. Lo determinante para elegir la alternativa económicamente más viable es el costo de reconstrucción y estrategias de conservación y operación. Los costos de operación vehicular son de utilidad para demostrar que la alternativa producirá más beneficios que lo que costara la reconstrucción, es decir, que es viable económicamente.
14. La importancia de llevar a cabo una buena Evaluación y que se pueda traducir en una óptima Reconstrucción radica en lo que esperamos los usuarios de las carreteras, que es primordialmente seguridad y confort. Así mismo una carretera reconstruida trae consigo evidentemente una disminución de los costos de operación vehicular, lo cual tanto como usuario normal o prestador de servicios se ve reflejado en una disminución del costo de mantenimiento de las unidades y así los segundos lo pueden traducir en una disminución del precio final de los productos al consumidor.

BIBLIOGRAFIA

Asociación Mexicana de Ingeniería en Vías Terrestres (AMIVTAC), IV Seminario de Ingeniería Vial, "Planeación Estratégica en la Infraestructura Carretera, Octubre del 2001

Patterson O . William, "Road Deterioration and Maintenance Effects", A World Bank Publication

IMT, Publicación Técnica No. 21, "Catálogo de Deterioros en Pavimentos Flexibles de Carreteras Mexicanas", Querétaro, Qro. 1991.

OECD and World Bank, "Road Monitoring for Maintenance Management", Voumenes 1 y 2.

IMT, Publicación Técnica No. 30, "Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras", Querétaro, Qro. 1991.

Rico y Del Castillo, "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres" Volumen 2, Limusa Noriega Editores, 1996

Haas Ralph Hudson, "Modern Pavement Management" , 1994

Yang H. Huang "Pavement Analysis and Design"

Transport Research Board. "Transport Research Record", números 836, 1268, 1307, 1370, 1374 y 1392, National Research Council

Highway Research Record, números 250, 300, 327 y 471

Sargious, "Pavement and Surfacing for Highways and Airports"

Meyer "Surface Characteristics of Roadways", International Research and Technologies. Reichert editors, 1990

Salter, R.J. "Highway Design and Construction", 1988

Holt, "Pavement Management Implementation", Gramling editors

Springall G. Roland, "Drenaje en Cuencas Pequeñas", Instituto de Ingeniería, Enero 1969

IMT, Documento Técnico No. 1, "Manual de Calidad de los Materiales de Pavimentos Carreteros", Querétaro, Qro. 1991

SCT "Normas para Muestreo y Pruebas de los Materiales, Equipos y Sistemas" Parte 6.01 Carreteras y Aeropistas, Título 6.01.01 Materiales para Terracerías, México, 1986

SCT "Normas para Muestreo y Pruebas de los Materiales, Equipos y Sistemas" Parte 6.01 Carreteras y Aeropistas, Título 6.01.03 Pavimentos (II) Tomo I y II, México, 1991

SCT "Normas de Calidad de los Materiales" Carreteras y Aeropistas, Libros 4.01. Materiales par Terracerías, Estructuras y Obras de Drenaje y Pavimentos, Mexico, 1986

SCT "Normas para Construcción e Instalaciones" Carreteras y Aeropistas, Libros 3.01.01, 3.01.02 y 3.01.03, Materiales par Terracerías, Estructuras y Obras de Drenaje y Pavimentos, Mexico, 1986

IMT, Documento Técnico No. 2, "Proposición de Nuevas Normas para Materiales de la Sección Estructural de Pavimentos Flexibles", Querétaro, Qro. 1989

Facultad de Ingeniería de la UNAM, Fascículo 444 "Instructivo para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras"

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) "Guide for Design of Pavement Structures", 1994

IMT, Publicación Técnica No. 104, "Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias" Querétaro, Qro. 1998

IMCYC Y ACPA "Diseño y Construcción de Pavimentos de Concreto para Carreteras", Seminario Internacional del Concreto 1995

IMCYC Y ACPA "Pavimentos de Concreto", Seminario Internacional del Concreto 1995.

8th International Conference on Asphalt Pavements "Pre-Conference Technical Series-Pavement Analysis and Design", Seattle, Washington, 1997

IMT "Seminario Internacional de Pavimentos", Memoria, Agosto de 1991

Guía para el Diseño de Carpetas Asfálticas de Carreteras en Países Tropicales y Subtropicales

Estudio y Proyecto de Evaluación de Pavimentos de la Carretera San Juan del Río-Xilitla, tramo San Juan del Río-Lim. Edos. Oro/SLP, subtramo Km 43+000 al Km 50+000, en el Estado de Querétaro, elaborado por "Grupo Integral de Servicios de Ingeniería, S.A. de C.V." para Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Centro SCT del Estado de Querétaro, Julio de 1999.
