

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingenieria

24. 11. 6



**CONSERVACION DE LA CARRETERA
MEXICO - QUERETARO TRAMO
TOREO - TEPOTZOTLAN**

T E S I S P R O F E S I O N A L

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

JOSE ANTONIO NAVA RODRIGUEZ

MEXICO, D. F.

1981



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

	Pág.
CAPITULO I	
ANTECEDENTES	1
CAPITULO II	
ZONAS LATERALES DEL DERECHO DE VIA	5
CAPITULO III	
OBRAS DE DRENAJE	11
CAPITULO IV	
PAVIMENTO	27
CAPITULO V	
OBRAS DIVERSAS	50
CONCLUSIONES	51

Capítulo I

Antecedentes: ^{durante el siglo XIII,} los caminos construidos con anterioridad, de peatones y caballerías, fueron mejorados y convertidos

La construcción de caminos en México, data desde los tiempos prehispánicos. Los Mayas y los Aztecas desarrollaron un magnífico sistema de calzadas, caminos, veredas y senderos, cuyos vestigios aún perduran en algunas zonas del país; tal es el caso del camino empedrado que se encuentra en Ixamal, llamado por los Mayas "Sacabé" y el de la calzada México-Tacuba construida por los Aztecas.

Entre el Golfo de México y la Capital del Imperio Azteca, existía una ruta bien definida, que era utilizada por las caravanas de mercaderes, mensajeros y guerreros. La Nobleza Azteca se aprovisionaba de pescado, utilizando relevos que hacían el recorrido de los 500 kilómetros que mediaban entre la Costa y la Capital Azteca, en el curso de un día y una noche. Estos caminos se conservaban en buen estado, pues al finalizar la temporada de lluvias se reparaban utilizando a los prisioneros, y en caso de necesidad a los habitantes de las zonas aledañas.

En el período de la dominación española, el aumento del comercio interior y la recepción y envío de bienes de y hacia España, trajo como consecuencia la necesidad de ampliar y mejorar las rutas existentes, siendo la primera en recibir este impulso, la que unía a México con Veracruz. En 1522 Hernán Cortés ordenó a Alonso López, la construcción del camino que uniera los dos puntos mencionados.

Antes de que aparecieran las carreteras, se utilizaban indígenas para el transporte de granos y mercancías, pero fray Sebastián de Aparicio, liberó de tan pesada labor a los nativos en 1533, ya que a él se debe la transformación del camino México-Veracruz en "Carretero"; Esto es, se introdujo el empleo de la carreta.

Este siglo XX tiene como nota característica el factor velocidad. Es el siglo de los transportes, cuyo inusitado desarrollo ha marcado en los campos técnicos, económicos y políticos de las naciones, nuevos e inquietantes horizontes en materia de carreteras.

Debido a que nuestras carreteras fueron construidas con técnica de hace 40 años, y que comunicaban a zonas de importancia comercial o turística, en la actualidad son inadecuadas desde el punto de vista de la composición del tránsito y de las velocidades desarrolladas.

El volumen de tránsito actual justifica la necesidad de planear y evaluar los proyectos de construcción de carreteras, con objeto de lograr un desarrollo armónico en donde la racionalización de las inversiones sea recomendable, ya que en nuestro país contamos con recursos económicos escasos para la inversión.

No debemos olvidar que México es un país cuya configuración topográfica impide el fácil tendido de vías de comunicación, lo que — aunado a la escasez de recursos, no ha permitido la integración de una red de carreteras adecuada.

Por consiguiente, la construcción de rutas directas y acortamientos entre zonas que se encuentran comunicadas entre sí, obedece a la necesidad de superar el problema del congestionamiento de las carreteras existentes y a reducir los costos de transporte, por lo que, el 22 de setiembre de 1949 fué creada la empresa de participación estatal determinada "Constructora del Sur, S.A.," la cual celebró un contrato-Concesión para la construcción y explotación del camino Amacuzac-Iguala. Más tarde, el 27 de agosto de 1956 dicha empresa cambió su denominación a "Caminos Federales de Ingresos, S.A. de C.V.," y finalmente el 29 de junio de 1963 por Decreto Presidencial se creó el organismo descentralizado "Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos", cuyo finalidad es la de administrar y conservar los caminos y puentes federales de cuota, así como plantas elaboradoras de productos de emulsiones asfálticas, aditivos y pinturas.

Por lo que toca a la autopista México-Querétaro tramo Tono-Tepotzotlán, ésta fué inaugurada el 30 de septiembre de 1958 y comprende del kilómetro 11 + 735 al kilómetro 157 y corresponde al tramo Tono-Tepotzotlán del kilómetro 11 + 735 al kilómetro 43 y el ramal Ceylán-Vallejo que va del kilómetro 18 al kilómetro 24 + 500.

El tramo comprendido entre los kilómetros 11+735 y el kilómetro 23, consta de 12 carriles de circulación, 6 en el sentido México-Querétaro y 6 en el sentido Querétaro-México los que a su vez se dividen en 3 carriles laterales y 3 carriles centrales. Del kilómetro 23 al kilómetro 32 únicamente cuenta con 6 carriles, 3 en cada sentido. Del kilómetro 32 al kilómetro 38 vuelve a tener 3 carriles laterales pero el cuerpo central se conserva con 4 carriles hasta el kilómetro 157.

La conservación a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, es exclusivamente en los carriles centrales e incluye los puentes, pavimento, derecho de vía y señalamiento vertical y horizontal.

40.- Para hacer cualquier clase de construcción referentes al derecho de vía en las siguientes propiedades, lindantes al mismo.

ZONAS LATERALES DEL DERECHO DE VÍA.

Derecho de vía es la faja de terreno cuyo ancho determinará la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, y es el terreno que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección, y, en general para el uso adecuado de vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares. Es por lo tanto, un bien de dominio público sujeto al régimen local correspondiente.

Zonas laterales del derecho de vía. Son las porciones del terreno mencionado, no ocupadas por la estructura del camino.

Anchos. En general el ancho es de 20 metros a cada lado del eje de las carreteras, aunque, por condiciones especiales se fijan anchos mayores o menores según convenga. En nuestro caso tramo Temo-Tepetzotlán es de 30 metros a cada lado del eje.

Bases legales. Las principales bases legales que norman al derecho de vía de las carreteras consecuentemente, las zonas laterales del mismo, son las siguientes:

- 1o.- El derecho de vía es propiedad de la Nación, inalienable, imprescriptible y no debe ser usado para fines distintos de su naturaleza.
- 2o.- El uso del derecho de vía será exclusivamente al derivado de la operación del camino. Está por ello prohibido, que los colindantes a la carretera u otras personas o entidades lo ocupen para cualquier otro fin. Asimismo se prohíbe ejecutar dentro del derecho de vía cualquier tipo de construcción ajena al camino.
- 3o.- Sin la autorización expresa de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, está prohibido extraer materiales del derecho de vía, a entidades o personas ajenas a dicha dependencia federal.

- 30.- La hierba no deberá sobrepasar en un metro de altura en el resto del derecho de vía.
- 40.- Cuando el proyecto incluye pasto, plantas de ornato o seto vivo en camellones, glorietas o isletas; éstas deben conservarse adecuadamente sin que tengan para estos casos validez las normas anteriores.
- 50.- Deberán quitarse los árboles y arbustos bajo las siguientes condiciones.
- a) Que estén ubicados a una distancia menor de 5 metros del extremo del talud, tanto en casos de corte como de terraplén.
 - b) Que disminuya la visibilidad del usuario, sobre todo en el caso de árboles situados en la parte interior de curvas horizontales.
 - c) Que la proyección vertical de sus ramas quede sobre la corona del camino.
 - d) Que presenten el peligro dentro de una posibilidad lógica razonable de caer sobre la corona del camino.
 - e) Si se efectúan nuevas plantaciones de árboles o arbustos en las zonas laterales del derecho de vía, éstas deberán ser de preferencia en los extremos exteriores, buscando que formen una barrera natural que marque el límite del derecho de vía.

Procedimientos de conservación.

- a) **Roza.** Consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de la siembra.

10.- Si se encuentra hierba en los acotamientos deberá arrancarse de raíz.

- 20.- El corte de la maleza, hierba, zacate, así como árboles o arbustos que inicien su crecimiento, deberá efectuarse tan a raz como la conformación del terreno lo permita.
- 30.- Para poder cumplir con la norma correspondiente, se recomienda alternar desyerbe de todo el ancho de las zonas laterales, con desyerbes de los 5 metros adyacentes a la corona.
- 40.- El producto del desyerbe deberá removerse y depositarse dentro de las zonas laterales del derecho de vía, en donde no pueda ser acarreada por las aguas a las obras de drenaje.
- 50.- Queda estrictamente prohibido el quemar directamente la hierba o la maleza para evitar su corte por los peligros que presentan de que se propague el fuego y el humo obstruya la visibilidad de los usuarios.
- 60.- Cuando se requiera sembrar zacates u otras especies vegetales para ayudar a estabilizar un talud, deberá buscarse de preferencia una variedad que no crezca más de 50 cms.

OBRAS MARGINALES AL DERECHO DE VÍA

Son aquellas obras situadas en las zonas laterales del derecho de vía que contribuyen a una mejor utilización del camino por los usuarios.

Las obras marginales más frecuentes son:

- a) Accesos. Los accesos pueden corresponder a obras de tipo particular como gasolineras, restaurantes, hoteles u otras, o bien, a obras de uso general como son accesos a poblados o entronques a otros caminos.

Capítulo III

b) Paraderos. Son estructuras diseñadas para permitir a las personas que esperen un autobús, quearse del sol o la lluvia mientras llega el vehículo correspondiente.

c) Miradores. Son zonas de estacionamientos anexas a los caminos, que se localizan en lugares desde los cuales se puede admirar bellezas naturales.

En virtud de que el tramo Toluca-Tepotztlán se encuentra localizado en una zona urbana que comprende desde el kilómetro 11+735 al kilómetro 24 y de una zona sub-urbana que comprende del kilómetro 24 al kilómetro 43, únicamente se tienen 170,000 metros cuadrados de zona verde dentro de los cuales se encuentran camellones, glorietas y zonas laterales de terreno natural.

La conservación de estas zonas verdes se efectúa de acuerdo con los lineamientos mencionados anteriormente y para ello se emplea una cuadrilla compuesta por un cabo, 15 peones, un chofer y un conión. Normalmente el desyerbe se efectúa dos veces al año, una antes de la temporada de lluvias y otra después de ésta.

que poner en peligro la estabilidad del camino.

También deberá evitarse que el agua de arroyos, quebradas y talambas sea retenida por los trasplantes, ya que puede deslavarse o desmenuzarse. También es importante tener en cuenta el agua subterránea ya que puede volverse la subparque y al pavimento.

Como se ve el drenaje es una de las partes más importantes de una carretera.

Existen 2 tipos de drenaje: a) drenaje superficial y b) drenaje subterráneo o sub-drenaje.

El drenaje superficial se divide en a) drenaje superficial longitudinal y b) drenaje superficial transversal.

DRENAJE SUPERFICIAL LONGITUDINAL:

El fin de que el agua escorra hacia las cunetas y cuyo sentido de circulación es paralela a la carretera, debe ser captada y desalojada mediante obras artificiales o en forma natural.

Las obras artificiales comprenden a las cunetas que se construyen en las orillas de los cortes, o sea en la intersección del talud con la cara del camino; las contra-cunetas que son canales auxiliares que se construyen generalmente a lo largo de la carretera, pero especialmente en los cortes. Existen además obras de defensa como son: bombos de la carretera, cajones de entrada, desarenadores, vertedores, lavaderos y quarrnaciones.

CUNETAS.

Son zanjas que se hacen a ambos lados de la carretera y tienen por objeto recibir el agua pluvial de la carretera, el agua que escurre por los cortes de la carretera y también la que escurre en pequeñas áreas adyacentes.

Es práctica común en nuestro país hacer las cunetas en forma de "V" con un tirante de 30cms. y talud de 1:3 y en algunos casos se recubren con un zampeado de mortero de cemento y en otras de concreto hidráulico.

CONTRA-CUNETAS.

Son pequeños canales que se construyen a un lado del camino y únicamente en la parte superior de éste, para evitar que llegue a las cunetas más agua para la cual han sido proyectadas.

Las contra-cunetas se colocan en la parte superior de los taludes de los cortes y se construyen más o menos normales a la pendiente del terreno para evitar que llegue al camino el agua que corre por los taludes de los cortes.

BOMBOS DEL CAMINO.

Es la pendiente que se da en la superficie del camino con el fin de que el agua escorra hacia ambos lados y hacia un solo lado en la zona de curva; generalmente se acostumbra dar el 2% de pendiente con -

Los lavaderos pueden ser de mampostería, concreto y metálicos. En general tienen 30cms. de ancho y 50cms. de altura y son en forma de "U" y en caso de ser metálicos se usan medios tubos.

Generalmente se construyen de 100 a 150 m. unos de otros.

DRENAJE SUPERFICIAL TRANSVERSAL.

Tiene por objeto desalojar el agua que inevitablemente cruza de un lado a otro la carretera. Se llaman obras de arte a las estructuras — que se utilizan para tal objeto, siendo éstas alcantarillas y puentes.

PUENTES.

Son estructuras que se usan para salvar un obstáculo natural o artificial, con más de 10m. de claro.

ALCANTARILLAS.

Son estructuras pequeñas de menos de 10 m. de claro, que se usan para dar paso al agua de lluvia que pasa a través del camino.

Las alcantarillas constan de 2 partes fundamentales: el cañón y los muros de cabeza. El cañón forma el canal de la alcantarilla y es la parte esencial de la estructura. Los muros de cabeza sirven para evitar la erosión alrededor de la alcantarilla, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal, no obstante el algunos casos los muros de cabeza se pueden omitir alargando el cañón de la alcantarilla.

De acuerdo a la forma del cañón, las alcantarillas se pueden dividir en:

- a) Alcantarillas de tubo.
- b) Alcantarillas de cañón.
- c) Alcantarillas de bóveda.

ALCANTARILLAS DE TUBO

Las alcantarillas de tubo tienen el cañón hecho con algunos de los siguientes materiales: barro, concreto reforzado, metal corrugado ó — hierro colado. Todos los tipos mencionados son adecuados para cimentaciones firmes.

Tubos de barro.

Se usan tubos de barro, ya sea colados a tope o bien machi-hembrados.

Tubos de concreto reforzado.

Son los más durables y se hacen de concreto reforzado y se colocan ya sea a tope o machi-hembrados.

Tubos de lámina corrugada.

Aunque su precio es muy alto, su uso es aconsejable en muchos casos. Tienen como grandes cualidades su facilidad de instalación y el que se pueden usar inmediatamente, lo que hace que su empleo sea lógico y económico en ciertos casos.

Tubos de hierro colado.

Son los más costosos, pero en cambio son los más adecuados para cargas muy fuertes.

ALCANTARILLAS DE CAJON.

Existen dos tipos de alcantarillas de cajón: el tipo con fondo y lados de mampostería y cubierta de concreto reforzado y el tipo de cajón de concreto reforzado en sus 4 lados.

Las alcantarillas de cajón, se usan cada vez más a causa de su larga vida y gran adaptabilidad.

ALCANTARILLAS DE BOVEDA.

Se usan cuando el terraplén es alto y la cimentación firme. Son semejantes a las alcantarillas de cajón, salvo que las cubiertas van en arco. Los arcos pueden ser de mampostería, de concreto simple o de concreto reforzado.

CONSERVACION DE OBRAS DE DRENAJE.

Como se ha mencionado el drenaje es una parte vital de las carreteras y para darle una conservación adecuada es necesario contar con un sistema de inspección que permita la programación de los trabajos de conservación.

Estas inspecciones y su correspondiente programación deberán sujetarse a los siguientes lineamientos:

a) Deberán efectuarse como mínimo dos inspecciones al año a todas las obras de drenaje del camino o de la carretera correspondiente, de manera que una de ellas se lleva a cabo con la anticipación suficiente a la temporada de lluvias, para programar las labores de limpieza y/o reparaciones urgentes y terminadas antes de la temporada de lluvias.

Al término de dicha temporada debe efectuarse la otra inspección a fin de observar los desperfectos que las obras puedan haber sufrido y programar su reparación durante la temporada de secas.

b) Independientemente de las anteriores, deben efectuarse inspecciones durante las lluvias fuertes o tormentas y después de ellas, ya que ésta será la manera efectiva de juzgar si las obras y su funcionamiento son adecuadas.

c) Durante la temporada de lluvias, debe darse atención a las labores de limpieza, efectuándola con la periodicidad necesaria para que dichas obras estén en condiciones óptimas de servicio.

d) Es necesario poner énfasis que en el caso de las obras de drenaje, las labores de conservación no deben limitarse en mantener en buenas condiciones dichas obras, sino que debe estudiarse constantemente su funcionamiento para lograr corregir mediante obras adicionales los defectos u omisiones de proyecto y/o construcción que la experiencia en la conservación de la carretera indique como necesarias.

CONSERVACION DE CUNETAS Y CONTRA-CUNETAS.

CUNETAS.

1.- Deberá removerse perfectamente toda la materia extraña, tal como tierra, yerbas, troncos u otras que hubiera en la sección de la cuneta.

- 2.- El material removido deberá retirarse y depositarse dentro del - derecho de vía, donde no pueda ser arrastrado por el agua hacia la corona del canino, cunetas o alcantarillas. En caso de que sea de buena calidad puede usarse en recargos de taludes de terraplén, cuidando que su colocación sea la adecuada a fin de que no afecte la estabilidad del mismo.
Queda prohibido usarlo en recargos de acotamiento o depositarlo en los taludes del corte o arriba de los mismos.
- 3.- Si la cuneta está revestida con zampeado, al hacer su limpieza - debe cuidarse de no deteriorar el zampeado, y éste debe revisarse cuidadosamente, a efecto de corregir cualquier desperfecto - que permita la filtración del agua.
- 4.- Si la cuneta no está zampeada, deben extremarse los cuidados al efectuar su limpieza, a fin de que al término de ésta se conserve la misma sección transversal y pendiente longitudinal que garantice el libre escurrimiento del agua.

CONTRA-CUNETAS.

- 1.- Deberá removerse el azolve y depositarse de tal manera que forme un bordo de sección sensiblemente uniforme, paralelo a la contra cuneta y del lado de aguas abajo de la ladera.
- 2.- No deben permitirse obstáculos grandes, como piedras, troncos u otros que impidan el libre escurrimiento del agua. En caso de - haberlos deben removerse a la mayor brevedad posible.
- 3.- Debido a las fuertes pendientes, es frecuente que el escurrimien to del agua provoque erosiones. En estos casos deben hacerse es calones zampeados y, si esto no es suficiente zampear o recubrir con concreto hidráulico ó mezcla asfáltica las zonas afectadas.
- 4.- Ver que no haya socavación, hoquedad o grieta en el piso o pare des de una contra-cuneta, que permitan la filtración del agua, - lo cual es en extremo peligroso ya que puede afectar la estabili dad del talud del corte.

En caso de haberlas, deben corregirse de inmediato para lo cual pueden rellenarse con concreto hidráulico, mezcla asfáltica o mampostería y recubrir o zampear la zona adyacente.

- 5.- Cuando un corte no tenga contra-cunetas y se proyecte construir las, será en extremo importante efectuar sondeos y estudios previos, ya que en muchos casos el terreno tiene grietas, fisuras o una estratificación inadecuada y al hacer la contra-cuneta originará filtraciones de agua que pueden provocar la inestabilidad del talud. En tales casos, de acuerdo con los resultados de los estudios y sondeos, deberá definirse la solución más conveniente.

CONSERVACION DE CANALES DE ENTRADA Y SALIDA.

- 1.- Debe removerse toda la materia extraña que esté en el canal, como tierra, piedras, yerbas y otra.
- 2.- El material removido debe depositarse de preferencia dentro del derecho de vía, donde no pueda ser arrastrada nuevamente por el agua hacia la corona del camino, cunetas, contra-cunetas y alcantarillas.
- 3.- Debe cuidarse que, al término de la limpieza, la sección transversal y la pendiente longitudinal del canal, sean tales, que garanticen el libre escurrimiento del agua.
- 4.- Es conveniente construir desarenadores en los canales de entrada, especialmente en los acueductos o sifones y deben mantenerse limpios a fin de que trabajen eficientemente.
- 5.- En virtud de que generalmente los canales de entrada y salida se prolongan más allá del derecho de vía, deberá trabajarse en común acuerdo con los dueños de los terrenos adyacentes, a fin de que esos canales se mantengan limpios, así como evitar construcciones o modificaciones en ellos que puedan provocar desperfectos en la carretera.

- 6.- En caso de que los propietarios de los terrenos adyacentes al — derecho de vía necesiten construir bordos de construcción o encau— sar aguas que crucen el camino, deberán solicitar el permiso co— rrespondiente.

CONSERVACION DE ALICANTARILLAS.

- 1.- Deberá removerse toda la materia extraña, como tierra, yerbas, — piedras u otra que hubiera en la alcantarilla, no sólo en sus ex— tremos sino a todo lo largo de la misma.
- 2.- El material extraído debe ser depositado en la salida de la alcan— tarilla, cuidando siempre de colocarlo y extenderlo en tal forma que no sea obstáculo al libre escurrimiento del agua.
- 3.- No debe permitirse el crecimiento de yerbas o arustos en la eni— trada y salida de las alcantarillas. En caso de haberlas deben — ser arrancadas de raíz.
- 4.- Cuando una alcantarilla se azolve con frecuencia, debe estudiarse y corregirse la causa, ya que puede ser necesario efectuar modifi— caciones a la existente o construir una nueva.

B) DRENAJE SUBTERRANEO O SUBDRENAJE.

De acuerdo con el ciclo hidrológico que sigue la precipitación plu— vial, una parte del agua permanece en las capas superficiales de — la tierra, la cual se evapora o es drenada natural o artificialmen— te pasando a formar parte de alguna corriente o lago, la otra par— te se infiltra a través del suelo pasando a formar parte del agua subterránea.

El agua subterránea puede ocasionar en las carreteras la formación de baches, lavazales, grietas, ondulaciones en el pavimento, destla— ves, desprendimientos de tierra, etc., ya que es conocido que los suelos disminuyen su resistencia debido a un exceso de humedad.

El drenaje subterráneo es de tal importancia que puede considerarse independiente del tipo de carretera u obra vial, pues lo mismo se requiere en una gran autopista que en un modesto camino. Por esta razón, el drenaje subterráneo forma parte del tipo de trabajos que significan el que la obra vial subsista o no y por ello no debe escatimarse en su estudio y construcción, pues en caso contrario, la falta de un buen drenaje subterráneo conduce a la destrucción de la estructura en un corto plazo.

Para el diseño de un sistema de drenaje subterráneo en las carreteras, se acostumbra realizar una correcta exploración geológica y aún de suelos, en donde se sospeche que existen problemas de flujo de agua interna. Se debe contar con expertos en geotécnica que efectúen minuciosos recorridos de la futura obra vial, durante la etapa de proyecto y trazo, lo mismo en las de construcción y funcionamiento, a fin de que puedan detectar las zonas que requieren subdrenaje.

Se hace uso de la fotogeología y de la fotointerpretación.

Se considera a la geología superficial y su extra polación a cuencas subterráneas, al estudio del escurrimiento regional y a la naturaleza del terreno, a su capacidad de infiltración, como factores que deben tomarse en cuenta en todo momento, sin descontar las evidencias obvias de la existencia de agua subterránea, tales como afloraciones, manantiales, manchas de humedad y otros signos.

Hasta ahora, se han usado para controlar las condiciones de flujo del agua en terracerías y para mejorar las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos, los siguientes sistemas:

- a) Subdrenes de zanja
- b) Capas permeables
- c) Drenes transversales de penetración
- d) Trincheras estabilizadoras
- e) Galerías filtrantes
- f) Drenes ciegos

a) SUBDRENE DE ZANJA.

Es uno de los métodos de subdrenaje más empleado, generalmente se construyen paralelos al eje longitudinal del camino, bajo las cunetas, en la zona de cortes. Son zanjas de profundidad adecuada - previstas de un tubo perforado en su fondo y rellenas de material filtrante, el agua colectada se desaloja por gravedad a través del tubo hacia algún bajo o cañada en que su descarga sea inofensiva. Interceptan el flujo que aparece en los cortes y tiende a saturar los taludes y la cama de los mismos. Hay casos en que el nivel freático está muy próximo a la superficie, por lo que se acostumbra construir subdrenes con el fin de abatirlo y dejar el pavimento por encima de dicho nivel, que de otra manera lo anegaría. Además de los subdrenes longitudinales, se construyen otros transversales.

Los tubos se colocan con el criterio adecuado para la fácil y rápida conducción del agua, la cual se capta a través de las perforaciones.

Las perforaciones en el tubo son de diámetros del orden de 5 a 10 mm. lo cual depende del tamaño de las partículas sólidas del material filtrante, y el diámetro de los tubos generalmente es del orden de los 20 cm. y son de concreto. En lugar del tubo se puede colocar piedra grande acomodada para que deje los mayores huecos.

El material del filtro debe de cumplir con las normas establecidas al respecto, con el criterio de que sea un material lo suficientemente permeable para permitir el paso del agua con facilidad, pero al mismo tiempo lo suficientemente impermeable para no dar paso a las partículas sólidas. Los materiales del filtro se acomodan por capas, siendo común en México seguir la siguiente especificación:

<u>MALLA</u>	<u>ABERTURA EN MM.</u>	<u>% QUE PASA EN PESO</u>
1 1/2"	38.1	100
1"	25.4	80 a 100
3/4"	19.1	65 a 100
3/8"	9.52	40 a 80
No. 4	4.76	20 a 55
No. 10	2.00	0 a 35
No. 20	0.840	0 a 20
No. 40	0.420	0 a 12
No. 100	0.149	0 a 7
No. 200	0.74	0 a 5

Se acostumbra colocar el material de filtro en las zanjas, dándole un grado de compactación relativamente bajo, del orden de un 85% a un 90% del peso volumétrico seco máximo del material determinado en el laboratorio.

6) CAPAS PERMEABLES

Se emplean cuando la eficiencia de los subdrenes longitudinales ya nos la requiera. Generalmente se hace una combinación de los últimos con las capas permeables. Se acepta que las capas permeables resulten más adecuadas a medida que el flujo fundamental que hay que captar es el que afecta al pavimento con dirección de filtración prácticamente vertical, mientras que los subdrenes longitudinales son la obra de subdrenaje más conveniente de los taludes de los cortes.

Cuando no hay flujo ascendente, muchas veces se puede utilizar a la sub-base como capa drenante.

Un aspecto importante para decidir el empleo de las capas permeables, lo constituye su costo que, en general, ha resultado alto, - por lo que se tiende a darles poco espesor; sin embargo, se ha encontrado que capas demasiado delgadas se complican constructivamente hasta el grado de perder su ventaja económica.

Normalmente se utiliza como espesor mínimo 15cms. y como máximo 25cms.

c) DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACION.

Este sistema de subdrenaje es empleado generalmente para estabilizar taludes y consiste en tubos perforados en toda su periferia que penetran en el terreno natural, en dirección transversal al eje de la vía, para captar las aguas internas y abatir sus presiones neutrales. Se construyen primeramente efectuando una perforación de 7.5 a 10cms. de diámetro, dentro de la cual se coloca el tubo perforado, generalmente de un diámetro de 5cms. dicho tubo normalmente es galvanizado o se le protege contra la erosión, recubriéndolo de asfalto. La inclinación que se le da a los tubos es del orden de un 10% hacia el camino. Se ha encontrado que este sistema de subdrenaje es relativamente caro, en el sentido de que para obtener una buena eficiencia en su funcionamiento, se ha requerido un gran número de ellos, ya que su zona de influencia es relativamente pequeña, de manera que se necesitan espaciamientos cortos; siendo frecuente verlos hasta 5m. - separados uno del otro y en dos o más hileras separadas por una distancia vertical similar.

Se ha adoptado como criterio, el que su empleo exige un estudio previo que garantice su eficiencia, consistiendo dicho estudio - en efectuar sondeos, estudios geológicos, inspecciones visuales en la zona, etc.

Finalmente se considera que los drenes transversales de penetración trabajan eficientemente aún cuando por ellos no salga agua pues al construir el drén, se introduce aire que se pone en contacto con el agua del suelo ocasionando con ello que aparezcan meniscos que hacen que el agua trabaje a tensión, lo que induce esfuerzos de compresión entre las partículas sólidas del suelo, aumentando la resistencia del conjunto y por lo tanto mejorando su estabilidad.

d) TRINCHERAS ESTABILIZADORAS.

Consisten en una excavación dotada de un talud aguas arriba de una capa drenante, con espesor comprendido entre 0.50 m. y 1.00 m. de material de filtro y un sistema de recolección y eliminación de — agua en su fondo, la capa de filtro sirve para alojar dentro de — ella tubería perforada de unos 20 cm. de diámetro para conducir rápidamente el agua captada hacia un sitio a donde sea inofensiva.

En ocasiones se han empleado para casos en que se tienen laderas — naturales sujetas a flujo de agua interna que hace su equilibrio — crítico y más aún cuando sobre ellas se construyen terraplenes.

El ancho del fondo de la trinchera se ha escogido con el criterio de que permita la operación eficiente del equipo de construcción; normalmente unos 4 m. bastan.

Se ha llegado a la conclusión de que una trinchera estabilizadora funciona de dos maneras:

- 1a. Mejora las características mecánicas del suelo ladera abajo, al cortar físicamente el flujo, un efecto similar produce — aguas arriba.
- 2a. Logra el mejoramiento del suelo de apoyo al sustituirlo por — un relleno que normalmente es hecho con material de mejor calidad.

e) GALERIAS FILTRANTES.

La galería filtrante es un túnel cuya sección tiene dimensiones — adecuadas para permitir su propia excavación.

En general, esta técnica, ampliamente usada en el campo de la construcción de presas de tierra, tiene un uso más restringido en las — vías terrestres y más que como un sistema preventivo, se ha empleado como uno correctivo, cuando se trata de estabilizar zonas de — grandes dimensiones.

Se utilizan fundamentalmente cuando el agua fluye a una profundidad tal, que es imposible llegar a ella por métodos de excavación a cielo abierto o con el empleo de drenes transversales de penetración.

En México se han llegado a construir bajo superficies de falla previamente formadas, ligándolas con ésta mediante tubos perforados - colocados en abanico radial, de manera que lleguen a la zona fallada por donde fluye la mayor cantidad de agua.

f) DREYES CIEGOS.

Los drenes ciegos son zanjas rellenas de piedra quebrada o grava, y cuando se construyen en forma correcta, pueden desempeñar con eficiencia su función.

Los drenes pueden construirse paralelos al camino o transversales a él, según la función que tengan que desempeñar.

Cuando los drenes ciegos se construyen paralelos al camino, generalmente se les coloca precisamente bajo las cunetas. La profundidad de estos drenes es de 60 cm. a 90 cm. con paredes verticales. Para que estos drenes trabajen en forma eficiente deben construirse con pendiente uniforme e ir a desfogar a un lugar adecuado con salida adecuada, ya que de no ser así pueden ser más bien perjudiciales que beneficiosos debido a que se estanca el agua dentro del dren y no puede salir.

CONSERVACION DE DREYES.

En donde existen drenes, deberá tenerse cuidado especial en la zona de descarga en la época de lluvias, principalmente después de una fuerte precipitación, para comprobar si su funcionamiento es correcto.

En caso de que el dren no tenga tubo y su funcionamiento sea deficiente, será necesario reconstruirlo totalmente, con las modificaciones que procedan. En los que tengan tubo, se procurará primero limpiarlo con varillas y si esto no es suficiente, será necesario destruirlo y reconstruirlo.

A continuación daremos algunos lineamientos que deben de seguirse en la conservación de drenes.

- 1o. No deberá hacerse ninguna reparación definitiva en los acotamientos y/o en la superficie de rodamiento, si la causa de los daños que aún se presentan es la inexistencia o ineficacia del subdrenaje, mientras ésto no haya sido corregido. En este caso la construcción o reparación del subdrenaje deberá tener prioridad sobre los otros trabajos, en el tramo en que se localice la falla.
- 2o. No deberá iniciarse ninguna obra de este tipo, sino que antes se coloca el señalamiento necesario, de acuerdo con lo que se indica en el manual de Dispositivos para el control de Tránsito de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
- 3o. Se recomienda en la construcción de drenes nuevos, como en reconstrucción de existentes, colocar siempre un tubo, o piedra grande acomodada.
- 4o. Deberá verificarse que la pendiente del tubo ayude a su limpieza. Para lograrlo, la pendiente no deberá ser menor de 1/2% (0,5%). Para pendientes mayores de 2% deberá anclarse el tubo mediante una plantilla de montero de cemento.
- 5o. Cuando se reparen drenes y se encuentren azolvados los tubos, deberá colocarse un tubo con mayor diámetro para evitar nuevos azolves, o piedra grande acomodada.
- 6o. La profundidad de la plantilla en los drenes será como mínimo de 1.5m. a partir del fondo de la cuneta.
- 7o. Se colocará una rejilla en el extremo de descarga del tubo, para evitar la entrada de animales que puedan introducir materias extrañas y obstruirlo.
- 8o. Se harán, en la iniciación del drén y estratégicamente distribuidos a lo largo del mismo, pozos de visita que permitan efectuar la inspección y limpieza del tubo.

Capítulo IV

PAVIMENTOS

Los pavimentos con el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas o deterioros que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y expedito al usuario.

Estas fallas son producidas por la repetición continua de cargas, debidas a condiciones propias de la estructura del pavimento y de la acción de los agentes de intemperismo.

Considerando que, de todos los elementos que constituyen un camino, - la superficie de rodamiento es lo que más determina la posibilidad de un tránsito rápido, cómodo y seguro, por lo que al corregir oportunamente sus deterioros para evitar que éstos progresen y obliguen a una reconstrucción, es lógico que una gran parte del esfuerzo en la conservación de carreteras se dedique a estas labores.

Dentro del programa de conservación de pavimento del tramo Ioreo - Tepotzotlán se tienen contempladas las siguientes labores a fin de proporcionar al usuario un tránsito seguro y expedito:

- 1o. Relleno de grietas
- 2o. Renivelaciones
- 3o. Bacheo
- 4o. Riego de sello
- 5o. Reconstrucción

1o. RELLENO DE GRIETAS

Las grietas son una manifestación frecuente de falla y su causa puede tener origen en la base, sub-base, subrazante y/o terracería.

No es posible, en el caso de las grietas, dar un valor numérico que indique cuándo son susceptibles de corrección mediante labores de conservación normal y cuándo debe procederse a efectuar una reconstrucción; sin embargo, como norma puede establecerse — que siempre que se presentan agrietamientos en un pavimento, deberá procederse de inmediato a su relleno o corrección, de la manera que se describe a continuación, para evitar que la falla — progrese y puedan presentarse deterioros mayores en el pavimento, independientemente de que se realicen los estudios necesarios para suprimir la causa de la falla.

Aunque es pertinente aclarar que en la actualidad este procedimiento ya no se efectúa en las carreteras de cuota, ya que se emplean sistemas modernos para corregir estas fallas, pero aquí se presentará el procedimiento para la corrección de grietas en virtud de que en otras carreteras de la red nacional se sigue realizando esta labor de conservación.

Los lineamientos generales que se tomarán en cuenta para efectuar la corrección de grietas, según el tipo de las mismas, son los siguientes:

A) Grietas aisladas cuya profundidad no sobrepase el espesor de la capa de base.

- 1.- Cuando el ancho de la grieta sea de 3mm. o menor, se rellenará con un producto asfáltico cuya fluidez a la temperatura de aplicación especificada garantice la penetración. De preferencia deberán usarse asfaltos rebajados de fraguado rápido.
- 2.- Cuando el ancho de la grieta sea mayor de 3mm. se rellenará ya sea con una mezcla de producto asfáltico y arena cuya fluidez garantice una adecuada penetración, o bien con capas alternadas de arena y producto asfáltico, cuidando que la última capa sea siempre de este último material.

- 3.- Al terminar el relleno de la grieta, deberá extenderse el producto o mezcla asfáltica sobrante que queda sobre el nivel de la carpeta.
- 4.- En ningún caso deberá ampliarse una grieta para obtener mejor penetración del material de relleno.

B) Grietas aisladas cuya profundidad llegue a las capas de sub-base, subzante o terracerías.

En este caso es muy importante estudiar la causa de la falla para poder definir la solución y procedimientos de reparación más adecuados. En términos generales, este procedimiento podrá consistir en abrir una caja en el ancho mínimo necesario para trabajar, preferentemente hasta el fondo de la grieta y proceder a su relleno conforme a lo que se estipula en el inciso referente a bacheos.

C) Grietas abundantes en carpeta firme.

Cuando el número de grietas es muy alto, no puede rellenarse individualmente, debiendo repararse la carpeta con un tratamiento general de todas las superficies de rodamiento de acuerdo a los siguientes lineamientos:

- 1.- Si las grietas son de un ancho hasta de 3mm. y la base se encuentra en buen estado, podrá efectuarse un tratamiento superficial como riego de sello con mortero asfáltico.
- 2.- En caso de que las grietas tengan un ancho promedio superior a 3mm. y la base se encuentre en buen estado, deberá programarse una reconstrucción, que en general podrá ser una carpeta nueva o una sobre-carpeta.

- a) El asfáltico deberá cubrir uniformemente y en su totalidad el área por reparar.
 - b) La dosificación debe ser tal que logre la perfecta adhesión de la mezcla asfáltica, sin producir exceso de asfalto en la superficie.
 - c) Se dará el tiempo necesario de fraguado a fin de evitar solvente atrapado y deslizamiento.
- 6.- La mezcla asfáltica deberá cumplir con las especificaciones de materiales de carpeta o bases asfálticas, pero variando el tamaño máximo del material pétreo, de acuerdo con el espesor de la capa por construir, en forma tal que nunca exceda del 40% de ella, cuando la profundidad del asentamiento excede de 7cms., deberá rellenarse en dos o más capas de tal modo que la capa superficial tenga 6cms. de espesor suelto y las inferiores un máximo de 10cms. de espesor suelto.
- 7.- Las capas deberán compactarse con rodillo o aplanadora, — desde las orillas hasta el centro. En ningún caso deberá dejarse la zona nivelada a la acción del tránsito, sin antes proporcionarle la debida compactación.
- 8.- Deberá sellarse la zona nivelada en un lapso no mayor de un mes, siguiendo los lineamientos dados en el capítulo — respectivo a riegos de sello.

30. BACHEO

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

tico deberá cubrir uniformemente y en su totalidad por reparar.

La aplicación debe ser tal que logre la perfecta adhesión de la mezcla asfáltica, sin producir exceso de material en la superficie.

El tiempo necesario de fraguado a fin de evitar el resquebrajamiento y deslizamiento.

La mezcla asfáltica deberá cumplir con las especificaciones de las bases de carpeta o bases asfálticas, pero variando el espesor máximo del material pétreo, de acuerdo con el espesor de la capa por construir, en forma tal que nunca exceda el 10% de ella, cuando la profundidad del asentamiento sea de 7 cms., deberá rellenarse en dos o más capas, de las cuales la capa superficial tenga 6 cms. de espesor y las inferiores un máximo de 10 cms. de espesor.

Las capas deberán compactarse con rodillo o aplanadora, en forma de tiras hasta el centro. En ningún caso deberá dejarse la zona nivelada a la acción del tránsito, sin haberse proporcionado la debida compactación.

Después de haberse nivelado la zona nivelada en un lapso no mayor de 24 horas, marcando los lineamientos dados en el capítulo correspondiente a riegos de sello.

Las labores requeridas para reponer una porción de pavimento que ha sido destruida y removida por cualquiera de las razones antes mencionadas se dividen por su tamaño en calaveras, según sea su dimensión mayor, respectivamente, inferior a 15 cms.

La reparación de calaveras implica la aplicación de la mezcla asfáltica, deberá considerarse que la mezcla debe ser la que se describe y sólo podrá tomarse como solución del problema en el caso de que se encuentren

calaveras que se presenten en un número de 10 o más por cada 100 metros cuadrados, que se note que su número es superior a 10, por ejemplo, que se presente un número superior a 10, deberá procederse de inmediato a programar la reconstrucción de la zona afectada. Esta reparación debe hacerse con anticipación para no permitir el desarrollo del orden de una calavera que se convierta en bache y origine perjuicios al tránsito.

La reparación de calaveras deberá hacerse de la siguiente manera: se deberá limpiar la zona de materia extraña de animales u otras y nivelarse la superficie de rodamiento.

Si las condiciones de tiempo y equipo adecuado no lo permiten para efectuar el trabajo; se deberá aplicar los riegos y/o los aditivos

un riego de liga con una temperatura adecuada para

- 4.- La calavera deberá rellenarse con mezcla asfáltica caliente de tal modo que el material pétreo tenga un tamaño no mayor del 40% de la profundidad de la oquedad. Deberá ponerse la mezcla con un volumen superior aproximadamente - en un 20% al de la oquedad, con objeto de que al compactarse quede al nivel de la superficie de rodamiento.
- 5.- Deberá compactarse con pizón o rodillo ligero, pero nunca deberá dejarse sin la debida compactación a la acción del tránsito.

B) BACHES

Cuando los baches se presentan en número de 1 o 2 por cada veinte metros de camino, y esto suceda en tramos de 100 metros o mayores, deberá iniciarse de inmediato el estudio de la falla y programar la reconstrucción de manera que se efectúe oportunamente para que en ningún caso lleguen a existir 5 o más baches por cada 20 metros, o bien que en superficie representen más de un metro cuadrado.

Los baches se dividen en profundos o superficiales, siendo estos últimos los que afectan exclusivamente a la carpeta. El procedimiento para su reparación deberá ser el siguiente.

- 1.- La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña, tal como tierra, yerbas, desechos de animales u otros.
- 2.- Deberá definirse y marcarse el área por reparar, cuidando que tenga forma rectangular y que dos de sus lados sean - perpendiculares al eje del camino.
- 3.- De acuerdo con el área delimitada, se efectuará la excavación, llegando hasta la profundidad necesaria para remover todo el material alterado, ya sea por exceso de agua o de arcilla.

llenarse con mezcla asfáltica caliente. El material pétreo tenga un tamaño no mayor de 7 cms. la profundidad de la oquedad. Deberá poseer un volumen superior aproximadamente a la oquedad, con objeto de que al compactarse de la superficie de rodamiento.

con pizón o rodillo ligero, pero nunca a la debida compactación a la acción del

entran en número de 1 o 2 por cada vein- to suceda en tramos de 100 metros o de inmediato el estudio de la falla acción de manera que se efectúe oportunamente en caso lleguen a existir 5 o más baches o bien que en superficie representen

profundos o superficiales, siendo estas exclusivamente a la carpeta. El reparacion deberá ser el siguiente.

deberá limpiarse de materia extraña, ramas, desechos de animales u otros.

marcarse el área por reparar, cuidando que sea rectangular y que dos de sus lados sean paralelos al eje del camino.

área delimitada, se efectuará la excavación a la profundidad necesaria para remover el material alterado, ya sea por exceso de agua o de

ción se ve la necesidad de ampliarla, para poder remover todo el material. La ampliación respectiva deberá a su vez ser en los lados paralelos y perpendicular

ión hasta la profundidad prevista en las paredes verticales en los extremos del material suelto.

profundos, la excavación deberá ser en forma de carpeta, para que al repararse no exista junta entre capas inferiores

profundos, para obtener condiciones que garanticen la debida compactación del material con el que se repara. Se considerarse los siguientes

de 40cms. o mayor, el ancho de la excavación será de 60cms.

ser cuando menos el doble del ancho de la oquedad y media veces el ancho del

mezcla asfáltica, que cumpla con las condiciones para carpeta y/o para la oquedad tenga una profundidad de 4 a 6 cms. de espesor.

usarse material pétreo hasta la profundidad de las capas inferiores deberán tener un tamaño mayor de 10cms. y en ellos no se permitirá un tamaño máximo de

- 9.- La capa superficial deberá dejarse ligeramente excedida en volumen, aproximadamente en un 20% para que al compactarse quede al mismo nivel de la superficie de rodamiento existente.
- 10.- En caso de baches profundos, y cuando se considere económico el procedimiento, podrán construirse las capas inferiores con materiales de los usados en la construcción de sub-bases, cuidando de que se cumplan los siguientes requisitos:
- a) Para el relleno correspondiente a las capas de terracería o sub-base, podrá usarse material de sub-base o base.
 - b) Para el relleno correspondiente a la capa de base, deberá utilizarse exclusivamente material que cumpla con las especificaciones relativas a esta capa.
 - c) En ambos casos, los materiales deberán compactarse de acuerdo con las especificaciones.
- 11.- Independientemente del espesor y tipo de la carpeta existente, incluyendo el caso de baches aislados en bases impragnados, la capa superficial del bache consistirá en mezcla asfáltica con un espesor no menor de 4cms. compactados.
- 12.- Antes de iniciar el relleno con mezcla asfáltica, deberá darse en las paredes y piso un riego de liga con el tipo de producto asfáltico y a la temperatura que indiquen las especificaciones.
- 13.- Las capas deberán compactarse con pisón de mano o rodillo ligero, pero nunca dejarse a la acción del tránsito sin la debida compactación.

TABLA 1

- 2.- Tratar de corregir deformaciones o agrietamientos ocasionados por defectos de las capas inferiores a la carpeta y/o del drenaje o sub-drenaje.
- 3.- Tratar de corregir desplazamientos del material, debidos a la inestabilidad de las mezclas asfálticas o riegos de liga deficientes.

entes

ON DEL
ETREO

3-1

3 - E

GENERALIDADES

Material pétreo

A) Cuando se ejecute un riego de sello con asfaltos rebajados, - el material pétreo deberá estar, de preferencia, seco. Cuando contenga agua libre, producto de lluvias o del banco, pero sin sobrepasar el porcentaje de absorción de las partículas y no sea práctico o económico eliminarla, podrá efectuarse el riego de sello añadiendo un aditivo al asfalto rebajado, o bien empleando emulsión. El porcentaje máximo admisible de humedad en el material pétreo, así como el tipo y porcentaje de aditivo a usar, serán los indicados por el laboratorio.

9.5 mm (3/8")

Núm. 4

9 a 11

0.8 a 1.0

B) Tomando en cuenta lo anterior, deberán programarse los trabajos de riego de sello, para efectuarlos de preferencia en la temporada de secas. Además, en las zonas de clima muy extremo so se evitará sellar en temporada de helos y/o vientos intensos, porque éstos impiden que el riego sea uniforme.

1.0 a 1.3

1.0 a 1.3

0.3 a 1.7

No deberán permitirse los trabajos de sello, si la temperatura ambiente es inferior a cinco grados centígrados 5° C, si se usan asfaltos rebajados, y de diez grados centígrados 10° C, - si se usan emulsiones asfálticas.

0.4 a 1.8

en los siguientes:

MATERIALES

A) Tanto los materiales pétreos, como los asfálticos, deberán ajustarse íntegramente a lo asentado en las especificaciones. En la siguiente tabla se indican las características que deben reunir los materiales pétreos y asfálticos recomendados para el riego de sello, así como las dosificaciones adecuadas para cada tipo de material.

de material rete
siempre que no
-2"); del mate-
1 un cinco por -
número cuarenta

- b) En el material 3-E, puede aceptarse hasta un cinco por ciento (5%) de material retenido en la malla de nueve punto cinco (9,5) milímetros (3/8"), siempre que no sean partículas mayores de doce punto siete (12,7) milímetros (1/2"); del material que pase por la malla número cuatro (4) podrá aceptarse hasta un cinco por ciento (5%), siempre que éste se retenga totalmente en la malla número (8).
- B) Como puede verse en la tabla, existe cierto margen en la dosificación de los materiales. Dentro de esta variación, aceptada — por las especificaciones, deberá fijarse la dosificación precisa que se requiera, dependiendo de las condiciones existentes en la superficie por sellar y de las características del material pétreo a usar, considerando los siguientes lineamientos generales:
1. Se efectuarán una serie de tanteos con distintas dosificaciones de materiales asfálticos y pétreos, en áreas de un (1) — metro cuadrado.
 2. La dosificación más adecuada será aquella con la que se logre una carpeta totalmente cubierta con sello, que tenga un desprendimiento de material pétreo no mayor del diez por — ciento (10%) y que no presente afloramiento de asfalto.
 3. Cuando, por experiencia anterior en condiciones similares se pueda definir la dosificación probable, se podrá iniciar el trabajo en tramos cortos, de longitud no mayor de trescientos (300) metros, e ir haciendo los ajustes que procedan en los tramos subsecuentes.
 4. Deberá verificarse la cantidad de asfalto regada por metro — cuadrado, colocando en el tramo por regar un papel de un (1) metro cuadrado y pesando el papel antes y después del riego. Se efectuarán en forma sistemática tres (3) de estas verificaciones por cada mil (1000) metros lineales de avance.
- C) Cuando, para corregir alguna deficiencia en los materiales pétreos se requiera usar aditivos, deberán ser del tipo y con la dosificación recomendada por el laboratorio.

D) Aún cuando ya se ha indicado que los materiales deben cumplir íntegramente lo asentado en las especificaciones, por su importancia se considera necesario insistir en que el material pétreo, además de tener la granulometría adecuada, satisfaga los siguientes requisitos:

1. El desgaste no debe ser mayor del treinta por ciento (30%) de acuerdo con la prueba de Los Angeles.
2. Presentar afinidad con el asfalto. Esta se determina por medio de la prueba de desprendimiento por fricción y no debe ser mayor del veinticinco por ciento (25%).
3. Las partículas que se rompan en forma de laja no deben exceder del treinta y cinco por ciento (35%).

EQUIPO

A) Petrolizadora. Para el riego de producto asfáltico se empleará una petrolizadora que reúna, entre otras, las siguientes condiciones:

1. Deberá contar con equipo de calentamiento para elevar la temperatura del producto asfáltico hasta el nivel especificado.
2. Deberá tener una bomba que produzca la presión necesaria para obtener una dispersión uniforme en todas las espesas de la barra.
3. Deberá tener un tacómetro para regular la velocidad y poder obtener una dosificación controlada y uniforme en todo el tramo regado.

B) Calibración del tanque de la petrolizadora. Para medir el volumen de asfalto contenido en la petrolizadora antes y después de un riego y por diferencia determinar el volumen regado, es necesario tener bien calibrado el tanque de la petrolizadora, por lo que a continuación se indica el procedimiento para hacerlo:

indicado que los materiales deben estar asentado en las especificaciones, por lo que se considera necesario insistir en que además de tener la granulometría adecuada las siguientes requisitos:

debe ser mayor del treinta por ciento - con la prueba de Los Angeles.

adherencia con el asfalto. Esta se determina con la prueba de desprendimiento por fricción que debe ser mayor del veinticinco por ciento (25%).

que se rompan en forma de laja no deben ser mayor del treinta y cinco por ciento (35%).

Para el riego de producto asfáltico se requiere una petroliadora que reúna, entre otras, las siguientes características:

debe tener un equipo de calentamiento para elevar la temperatura del producto asfáltico hasta el nivel necesario.

Debe tener una bomba que produzca la presión necesaria para obtener una dispersión uniforme en todas las partes de la barra.

Debe tener un velocímetro para regular la velocidad y una dosificación controlada y uniforme en todo el ancho de regado.

Debe tener un tanque de la petroliadora. Para medir el contenido en la petroliadora antes y después de la aplicación y por diferencia determinar el volumen aplicado, debe tener bien calibrado el tanque de la petroliadora lo que a continuación se indica el procedimiento:

Se debe verificar que en un lugar sensiblemente elevado entre la dosificación y la barra que llega al asfalto, se abra la válvula del tanque y se llene

el tanque con agua hasta la válvula de salida.

Después de llenar el tanque, se debe medir el volumen prefijado de agua en un orden de cuarenta (40)

litros y el tiempo necesario para llenar el material y desengancharlo. Este tiempo se registra en el sub-párrafo 3.

Después de llenar el tanque, se debe elaborar una tabla o cuadro de volúmenes que corresponden a la cantidad de agua o asfalto, al borde de la barra. También se debe tener en cuenta que se elabore, debe tener en la petroliadora y de

esta se pueden construir con facilidad para obtener un tendido uniforme que se tomen las siguientes medidas para buenos resultados al

regado, piedras de tamaño estándar detenidas dejen zona

húmeda y pueda atascarse.

- B) La superficie por sellar deberá limpiarse de materia extraña y barrerse perfectamente para eliminar el polvo.
- C) Antes de iniciar el riego de asfalto, deberán protegerse con papel, o en cualquier otra forma, las estructuras pertenecientes o contiguas a la carretera, tales como banquetas, guarderías, camellones, señales, fantasma u otras, cuando se considere que pueden mancharse.
- D) Sobre la carpeta limpia se procederá a aplicar un riego de producto asfáltico del tipo y la cantidad por metro cuadrado fijados, considerando los siguientes lineamientos:
1. La petrolizadora deberá arrancar por lo menos diez (10) metros antes del punto en que deba empezar a regar, con objeto de que al pasar por ese punto, ya lleve la velocidad adecuada.
 2. Deberá tenerse especial cuidado de evitar los traslapes de riegos, cubriendo el lugar donde se inicia con una banda de hule o tiras de papel.
- E) Antes de que hayan transcurrido veinte (20) minutos, se cubrirá el riego de producto asfáltico con el material pétreo.
- F) Inmediatamente después se pasará la rastra para eliminar ondulaciones, bordes o depresiones.
- G) Se procederá al planchado, el cual se iniciará con el rodillo liso, que se pasará hasta haber cubierto toda la superficie dos veces; posteriormente y usándolo en forma alterna con la rastra se planchará con el compactador de llantas neumáticas el tiempo necesario para asegurar que el máximo de material pétreo se haya adherido al material asfáltico. Esta compactación deberá efectuarse en las tangentes de la orilla del camino hacia el centro y en las curvas del lado interior hacia el lado exterior.

... de materia extraña...
... el patrón...
... deberán protegerse con...
... estructuras pertenecientes...
... banquetas, guarniciones,
... s, cuando se considere que
... el tránsito...
... a aplicar un riego de pro-
... d por metro cuadrado fija-
... onientos:
... del material pítreo...
... por lo menos diez (10) me-
... empezar a regar, con obje-
... ya lleve la velocidad ade-
... de evitar los traslapes de
... se inician con una banda -
... te (20) minutos, se cubrirá
... el material pítreo.
... rastra para eliminar ondu-
... de iniciará con el rodillo -
... erto toda la superficie dos
... forma alterna con la rastra
... llantas neumáticas el tiempo
... no de material pítreo se ho-
... Esta compactación deberá -
... rilla del camino hacia el -
... rior hacia el lado exterior.

deberá evitarse el tránsito
... al caso de las cuales po-
... la velocidad de los vehículos no ex-
... hora, durante los cuatro -
... que ésta no...
... es conveniente no -
... o (4) primeros días, duran-
... el material pasando en forma
... llantas neumáticas y la rastra. Des-
... se al barrido y remoción -
... que no se ha adherido al
... sino la extracción de fragmentos que
... es una de las etapas cons-
... ridad por el gran número -
... ón. En general, las fa-
... atribuirse a defectos de
... e dan algunas recomendacio-
... var con más frecuencia.
... de los riegos, no sólo en
... la línea central. En el
... de evitarse mediante tiras
... casi exclusivamente de -
... se le puede ayudar mucho,
... don grueso la línea a que
... preferible dejar al cer-
... (10) centímetros sin asfal-
... el asfalto faltante con -
... liándolo con cepillos.

10. No deberán desplazarse ni desintegrarse por la acción del tránsito.
20. Deberán tener resistencia al intemperismo.
30. Deberán soportar sin agrietarse, pequeñas deformaciones.
40. Deberán efectuarse previamente los trabajos de bacheo, re-nivelaciones u obras que requiera la carpeta existente.
50. El equipo de compactación que deberá usarse para las sobre-carpetas deberá consistir en rodillos lisos tipo tándem de 7 a 11 toneladas y compactadores de llantas neumáticas de 4 a 7 toneladas.

B) SISTEMAS DE RECICLADO PARA REPARACION DE PAVIMENTOS EN AUTOPISTAS.

Este es un sistema moderno que empieza a emplearse en nuestro país y cuya característica es la de aprovechar parte del propio pavimento asfáltico por reparar, lo que da lugar a importantes ahorros en materiales, tiempo y mano de obra.

El reciclado es un procedimiento en el que básicamente se procura emplear la mayor cantidad posible de los mismos materiales que integran el pavimento asfáltico por reparar. Se aplica cuando es necesario regenerar o reforzar la estructura del pavimento, a fin de restituirle su vida útil.

El primer paso para construir una carpeta nueva, es preparar la superficie que va a recibirla; para ello se aplica el fresado en el cual se utilizan las fresadoras las que cortan la parte superior de la carpeta asfáltica descargando el material, el cual queda prácticamente con su granulometría original y un contenido de asfalto aprovechable, de tal manera que puede ser reutilizado adicionándole asfalto o algún agente rejuvenecedor del mismo, pudiendo también trasladarse el material descargado a una planta de reciclado, donde mezclado con material pétreo nuevo e

incorporándole el asfalto necesario, se puede obtener una mezcla de condiciones adecuadas o bien utilizar el material de re co br o en el lugar de trabajo.

RECICLADO EN PLANTA.

Para obtener el reciclado en planta y disponer de la mezcla que dicho proceso produce, se siguen los pasos que a continuación se citan:

- 1o. Se calienta el área de la cinta asfáltica a fresas, hasta una temperatura media de 60°C. aplicando sobre esa superficie el sistema de quemadores que forma parte de la misma unidad a base de gas licuado y 150,000 a 1.600,000 hilo-calorías-hora de potencia térmica.
- 2o. Con el tambor fresador que lleva la unidad, se efectúa el corte de la carpeta pre-calentada. Dicho tambor o cilindro cuenta con 170 a 300 dientes de acero al tungsteno los que penetran en la carpeta hasta una profundidad variable de uno (1) a (10) centímetros, efectuando el corte de material a todo lo ancho del equipo el cual es variable de 2.10m. a 3.80m.
- 3o. El material cortado pasa a una banda transportadora en camiones de volteo, los cuales lo conducen a la planta de reciclado.

Previamente a esto, se han realizado estudios en los laboratorios - de campo para determinar si el material cumple con las características adecuadas.

- 4o. Una vez que se tiene el material en la planta de reciclado, se procede a mezclar en el tambor de dicha planta, tanto el material preparado de banco como el de recobro y el cemento asfáltico necesario para tal operación.

Mediante un quemador se producen las temperaturas requeridas para el calentamiento y secado de los materiales, que además son constantemente movidos por palancas automáticas.

Cabe aclarar que el material fresado se coloca en el extremo opuesto a donde está la flama para el calentamiento y detrás de una pantalla que lo protege del calor directo, para no deteriorar el asfalto que trae el material de la carpeta antigua. En esa zona también se efectúa la incorporación del asfalto nuevo.

Como detalle sobresaliente de las características de la planta, puede señalarse que las dosificaciones, control de temperaturas y los tiempos de proceso, se controlan mediante un equipo de computación - que forma parte de las propias instalaciones de la planta.

Una vez efectuada la mezcla, se transporta a un silo desde donde es cargada a los canchales que la trasladarán al camino.

Finalmente, en el tendido y compactado del concreto asfáltico se utilizan los métodos convencionales como son una máquina extendidora y equipo de compactación.

UTILIZACION DEL MATERIAL DE RECOBRO EN EL LUGAR DE TRABAJO

Esta alternativa se emplea cuando el material de recobro no cumple con las características adecuadas para el reciclado en planta.

Precisamente en el caso de la reconstrucción de la autopista México-Querétaro se encontró que el material no reunía las condiciones requeridas para aplicar el reciclado en planta y, aunque el complemento si cumplía con las condiciones, económicamente no resultaba recomendable un doble corte, para separar cada una de esas capas.

Debido a ello, tras una sola operación de fresado, se utilizó el material de recobro para rellenar el desnivel existente entre la superficie de rodamiento y el acolamiento.

Para ello se utilizó en el lugar inmediato a donde fue fresado, eliminándose el transporte en camión; para ello se requiere utilizar una moto-conformadora, una petrolizadora y equipo de compactación, aprovechando que el material conserve temperaturas del orden de 60°C.

dos (2) veces al año, para tal fin se usa pintura de tráfico blanca y micro esfera que hace visible las rayas en la noche.

En cuanto al señalamiento vertical, se tienen señales informativas, señales restrictivas y señales preventivas, cuyo mantenimiento es en forma constante y consiste en cambiar las señales deterioradas, señalamiento viejo — los cuales son sustituidos por señalamiento nuevo.

De igual modo se le da mantenimiento a las defensas, a los postes de defensa, fantasmas, postes de cerca de derecho de vía y postes de kilometraje, — para ello, se cuenta con una cuadrilla que se dedica exclusivamente a estos menesteres y se cuenta en el campamento con los materiales necesarios para tal fin.

Otro tipo de obras a las cuales se les da conservación son la reposición de zampeado de puentes, pintura de parapeto de puentes, pintura de puentes, desyerbe de cunetas, pintura de postes de señales de bandera, pintura de postes de señalamiento, pintura de estructuras especiales para señalamiento, — con lo cual consideramos dar por terminadas las labores de conservación.

CONCLUSIONES.

Como se ha visto a través de este trabajo, en el caso de las carreteras de cuota, la conservación es fundamental ya que en el usuario paga por circular en una carretera con comodidad y seguridad para lo cual, el organismo — denominado Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, mantiene en operación diez Super Intendencias para la conservación de sus caminos, en donde se tienen programas anuales que incluyen las diferentes partes de la conservación, los cuales se van desarrollando de acuerdo con el — programa que se elabora expreso para ello.

Esperamos que este trabajo sirva como una pequeña guía para futuros Ingenieros que deseen dedicarse a la conservación de carreteras.