

78
20j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA CONSERVACION DE CARRETERAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

JAVIER LAMBARRI BELENDEZ

DIRECTOR DE TESIS,

Ing. Ernesto Mendoza Sánchez

México, D. F.

1991

IS CON
FALLA DE ORIGEN





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	Página
1	Introducción..... 11
2	Conservación de carreteras 19
2.1	Superficie del pavimento 22
2.1.1	Limpieza 23
2.1.2	Cepillado 26
2.1.3	Fresado 26
2.1.4	Grietas 27
2.1.4.1	Grietas en forma de piel de cocodrilo o mapa 28
2.1.4.2	Grietas longitudinales 30
2.1.4.3	Grietas por corrimiento de la carpeta 31
2.1.4.4	Grietas en la junta de la orilla 31
2.1.4.5	Grietas en la junta de los carriles de pavimentación 32
2.1.4.6	Grietas reflejadas 32
2.1.4.7	Grietas por contracción 33
2.1.4.8	Grietas por deslizamiento 33
2.1.5	Rodadas 34
2.1.6	Ondulaciones 35
2.1.7	Levantamientos 38
2.1.8	Asentamientos 38
2.1.9	Depresiones por zanjas mal rellenas 41

2.1.10	Deformaciones de la carpeta cerca de las cunetas	41
2.1.11	Destrucción de las orillas de la carpeta	42
2.1.12	Descostrado de la superficie del pavimento	42
2.1.13	Desprendimiento del material pétreo	44
2.1.14	Desprendimiento de asfalto	44
2.1.15	Corrección del exceso de asfalto	44
2.1.16	Exudación de agua	46
2.1.17	Exudación de lechada	46
2.1.18	Rayado longitudinal	47
2.1.19	Rayado transversal	47
2.1.20	Superficie del pavimento lisa	47
2.1.21	Bacheo	50
2.1.21.1	Calaveras	50
2.1.21.2	Baches	52
2.1.22	Aplicación de lechada bituminosa	57
2.1.23	Termorreperfilado	57
2.1.24	Termorregeneración	58
2.1.25	Remezclado	58
2.1.26	Riego de sello	59
2.1.27	Renivelaciones	65
2.1.28	Tratamiento Superficial	67
2.1.29	Motivos de las fallas en los pavimentos	67
2.1.29.1	Tránsito vehicular	68
2.1.29.2	Condiciones climáticas y el ambiente	68
2.1.29.3	Diseño del pavimento	69
2.1.29.4	Calidad de los materiales pétreos y su colocación	75

2.1.30	Reparación de tramos cortos fallados	76
2.2	Acotamientos	77
2.2.1	Limpieza	80
2.2.2	Reposición	82
2.2.3	Recargo	82
2.2.4	Revestimiento asfáltico	83
2.2.5	Bacheo	83
2.2.6	Riego asfáltico de protección	83
2.2.7	Perfilado de la carpeta	84
2.2.8	Remoción de derrumbes	84
2.3	Drenaje	87
2.3.1	Limpieza de cunetas	88
2.3.2	Limpieza de contracunetas	89
2.3.3	Reposición de cunetas	90
2.3.4	Construcción de contracunetas	91
2.3.5	Revestimiento de cunetas	91
2.3.6	Revestimiento de contracunetas	91
2.3.7	Construcción de guarniciones	92
2.3.8	Construcción de lavaderos	92
2.3.9	Reparación de lavaderos	93
2.3.10	Construcción de canales	93
2.3.11	Limpieza y reparación de canales	94
2.3.12	Construcción de bordos	94
2.3.13	Limpieza de alcantarillas	95
2.3.14	Reparación de alcantarillas	97
2.3.15	Limpieza de canales de entrada y de salida	99

2.3.16	Construcción de zampeados	101
2.3.17	Reparación de zampeados	101
2.3.18	Drenaje profundo	102
2.3.18.1	Limpieza de conductos y de pozos de registro	102
2.3.18.2	Limpieza de drenes subterráneos	102
2.3.18.3	Limpieza de la red de alcantarillado	105
2.3.18.4	Reparación de la red de alcantarillado	106
2.4	Taludes	107
2.4.1	Limpieza	107
2.4.2	Cortes	108
2.4.3	Afinamiento	109
2.4.4	Recargo de taludes de terraplén	109
2.4.5	Estabilización	110
2.4.6	Bermas	113
2.4.7	Muros de retención	113
2.4.8	Relleno de badenes	115
2.4.9	Plantaciones	116
2.4.10	Hidrosembras	117
2.5	Zonas laterales de la carretera	118
2.5.1	Desmonte	118
2.5.1.1	Tala	120
2.5.1.2	Roza	120
2.5.2	Rastrillado	121
2.5.3	Tratamiento con limitadores de crecimiento	123
2.5.4	Tratamientos herbicidas	125
2.5.5	Supresión de residuos y basuras	126

2.5.6	Escombreras	126
2.5.7	Canalizaciones	127
2.5.8	Obras marginales	128
2.5.9	Retiro de obstáculos	132
2.5.10	Retiro de anuncios	132
2.5.11	Retiro de cercas	133
2.5.12	Desviaciones	133
2.6	Señalización	135
2.6.1	Señales	135
2.6.1.1	Despejo de la vegetación	136
2.6.1.2	Limpieza	138
2.6.1.3	Reabrilantado	138
2.6.1.4	Reparación de señales <i>in situ</i>	139
2.6.1.5	Reposición	139
2.6.1.6	Colocación	141
2.6.1.7	Recolocación	141
2.6.2	Marcas viales	141
2.6.2.1	Limpieza	142
2.6.2.2	Repintado	144
2.6.2.3	Borrado	144
2.6.3	Abalazamiento	147
2.6.3.1	Limpieza	149
2.6.3.2	Reposición	149
2.7	Elementos auxiliares de seguridad	150
2.7.1	Limpieza de barreras centrales	150
2.7.2	Reparación de barreras centrales	152

2.7.3	Limpieza de barreras de seguridad	152
2.7.4	Reposición de barreras de seguridad	153
2.7.5	Reparación y reposición de vallas de protección	153
2.7.6	Reparación y modificación de isletas y de aceras laterales	155
2.7.7	Reparación de amortiguadores de impactos	157
2.7.8	Reparación de áreas para frenados de emergencia	157
2.8	Circulación y alumbrado	160
2.8.1	Conservación de señales luminosas y de mensaje variable	161
2.8.2	Conservación de equipos de ayuda y control de la circulación	162
2.8.3	Conservación de los sistemas de iluminación	162
2.8.4	Conservación del sistema eléctrico	164
2.8.5	Conservación de elementos estáticos y de sistemas mecánicos	165
2.8.6	Limpieza y revisión de cables y conexiones	165
2.9	Puentes	167
2.9.1	Superficie de rodamiento	167
2.9.2	Accesos	167
2.9.3	Sistema de drenaje	168
2.9.4	Guarniciones, banquetas y parapetos	169
2.9.5	Juntas	169
2.9.6	Superestructura	170
2.9.7	Subestructura	170
2.9.8	Lecho y márgenes del río	172

2.9.9	Pintura	173
2.10	Túneles	177
2.11	Control de la nieve y del hielo.....	179
2.12	Obras de mejoramiento de la carretera	182
3	Conclusiones	185
4	Bibliografía	187

1

INTRODUCCION

Conservar significa mantener una cosa o cuidar su permanencia. En el caso de las carreteras, el concepto de conservación se amplía porque se trata no sólo de cuidar su permanencia; además, se requiere mantenerlas en servicio, explotarlas. Adicionalmente, debido a la naturaleza del servicio que prestan las carreteras, éste debe ser continuo porque cualquier interrupción provoca grandes e inmediatas dificultades.

La importancia de las carreteras está en directa relación con la necesidad de transportar mercancías, de trasladar personas y de intercambiar ideas; dicho de otro modo, está íntimamente relacionada con la demanda de comunicación, tan antigua como el hombre mismo.

La influencia de las carreteras se percibe en todos los aspectos de la vida de las naciones: en lo político, porque favorecen la integración nacional; en lo económico, porque sustentan el desarrollo de la agricultura, de la industria y del comercio; en lo social, porque promueven la comunicación entre poblaciones e individuos, fomentan el turismo nacional e internacional, y estimulan el desarrollo cultural de los pueblos.

En relación con la antigüedad de la transportación caminera, puede afirmarse que sus principios se remontan a la etapa nómada del hombre, y que respecto de otros medios de transportación, las carreteras son más antiguas que las vías marítimas, que las ferroviarias y que las aéreas.

En cuanto a la velocidad y al costo de operación se refiere, las vías aéreas son las más rápidas, aunque las más caras; seguidamente están las carreteras, menos rápidas, aunque más baratas; después siguen las vías ferroviarias y, finalmente, las marítimas, que son más baratas, aunque más lentas.

Por lo que se refiere a la transportación terrestre de mercancías, es razonable dedicar el ferrocarril a transportar las cargas voluminosas y las no perecederas, y portear por carretera las mercancías menos voluminosas y las perecederas.

La inversión en la red carretera nacional es la siguiente:

Construcción	\$ 346,334	millones
Modernización y reconstrucción	\$ 477,496	"
Conservación	\$ 373,938	"
TOTAL	\$ 1.197,768	millones

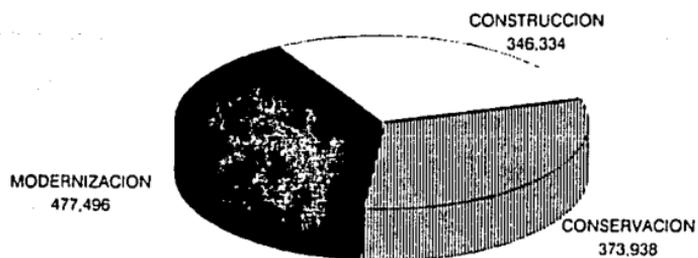


Fig. 1. Inversión en la red carretera nacional
(millones de pesos)

La red carretera nacional se distribuye como sigue:

Federal	45,340	Km.
Cuota	939	"
Estatat	59,718	"
Rural	95,530	"
Brechas	32,480	"
TOTAL	234,007	Km.

Los vehículos de motor de servicio público federal que circulan por las carreteras nacionales son los siguientes:

Para pasajeros	35,000	vehículos
Para carga	158,000	"
TOTAL	193,000	vehículos

El movimiento de pasajeros y de carga que se realiza por las carreteras nacionales es el siguiente:

Pasajeros trasladados	1,850	millones
Carga transportada (Ton).	331	"

La red carretera nacional moviliza 98% de los pasajeros y casi 70% de las mercancías movilizadas en el país, o bien, 84% de la carga terrestre.

NOTA: Estos datos son estimaciones para 1989, y fueron proporcionados por la Dirección General de Planeación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

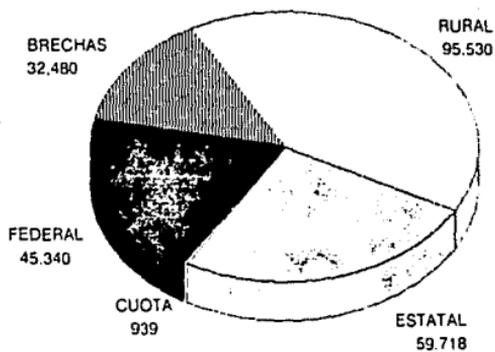


Fig. 2. Red carretera nacional
(kilómetros)

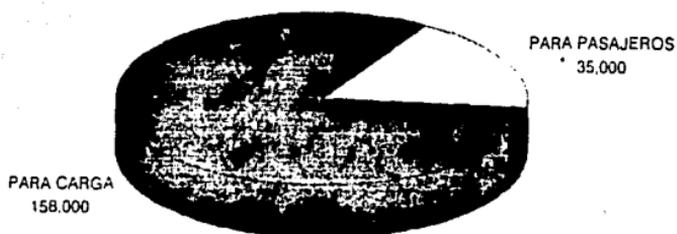


Fig. 3. Circulación por la red carretera nacional
(vehículos de motor del servicio público federal)

En México, la red carretera nacional resulta insuficiente para satisfacer la demanda correspondiente al crecimiento demográfico y al desarrollo económico del país. Debido a que la situación económica impide dedicar los recursos necesarios para suprimir la señalada insuficiencia, el gobierno mexicano concesiona actualmente a la iniciativa privada la construcción de carreteras de cuota. De esta forma, se espera que nuestro sistema carretero crezca considerablemente durante el presente sexenio.

Para satisfacer la demanda siempre creciente de servicios, la red de carreteras aumenta sin cesar. Esta circunstancia se advierte internacionalmente, y a ella se debe que, sobre todo en Alemania, Bélgica, Canadá, E.U.A., Francia e Inglaterra, se realicen congresos, y se hayan creado asociaciones y comités especializados para realizar estudios acerca de la construcción y de la conservación de carreteras. Simultáneamente, las técnicas y los procedimientos aplicables a las obras camineras han logrado desarrollos y progresos notables; el empleo de nuevos materiales en la construcción y en la reparación de carreteras está en auge continuo.

Como consecuencia de las nuevas obras, de las mejoras y de los servicios de conservación de las carreteras, el valor de este patrimonio crece permanentemente.

En términos generales, este es el patrimonio cuya permanencia se trata de cuidar, de mantener en servicio, de conservar: esta es la tarea a la que deben consagrarse los esfuerzos de los servicios de conservación de carreteras.

Cuando de conservación de carreteras se trata, la atención se centra generalmente en los pavimentos, y es a este elemento de las vías al que se dedica la mayor parte de las inversiones y del esfuerzo humano. Sin embargo, además de los pavimentos, hay otros elementos de las carreteras cuya importancia es tal, que las fallas localizadas en cualquiera de estos elementos forzosamente acaban reflejándose en el pavimento de la vía. Convencidos de que, para obtener los máximos resultados de la explotación de las carreteras se requiere que éstas funcionen adecuadamente como un todo, este trabajo trata acerca de las partes importantes, de los elementos básicos de las carreteras, especialmente de las carreteras con pavimento flexible. Para ello, se describen las operaciones que más frecuentemente se realizan en esas partes de la obra. Se considera que, con estas operaciones, se puede resolver lo esencial de la problemática relacionada con la conservación de las carreteras con pavimento flexible.

En este estudio se describen algunas operaciones de conservación aplicadas en varios países, y que en México todavía no se practican; sin embargo, se incluyen con carácter informativo porque, en un lapso presumiblemente corto, deben formar parte de los procedimientos aplicados regularmente por nuestros servicios de conservación de carreteras.

2

CONSERVACION DE CARRETERAS

El concepto de conservación de carreteras engloba las operaciones que se ejecutan para mantener la calidad original de las carreteras; las acciones que la práctica diaria señala como necesario o conveniente efectuar, y las que, en ocasiones, se realizan con el propósito de mejorar la calidad original de las obras cuando se detectan fallas atribuibles al proyecto o a la construcción inicial de las carreteras.

Mediante los trabajos de conservación de carreteras, no sólo se reparan las fallas, sino que, además, se eliminan las causas que las producen; así, las obras se mantienen permanentemente en disposición de proporcionar el servicio para el que fueron concebidas y construidas.

En consecuencia, resulta evidente que el servicio de conservación de carreteras es tan importante como la misma construcción, y nunca se ponderará lo suficiente el adecuado funcionamiento del servicio de conservación desde el momento mismo en que se pone en servicio toda obra caminera.

Las operaciones de conservación de carreteras se consideran regulares, periódicas o de emergencia.

Las metas de todo servicio de conservación de carreteras son las siguientes:

- * Evitar las interrupciones del tránsito vehicular y lograr que las

carreteras operen eficientemente.

- * Reducir los gastos de reparación de fallas mediante la oportuna realización de los trabajos necesarios.
- * Efectuar las mejoras que, durante su operación, vayan requiriendo las carreteras en sus elementos constitutivos, como drenaje, superficie del pavimento, entronques, señales, alineación y otros.
- * Prevenir daños a las carreteras mediante obras de protección, como muros, bordos, canales, encauzamientos y otras similares.
- * Corregir los errores que se detecten durante la operación de las carreteras, y que pudieran atribuirse a la construcción de las mismas.
- * Brindar seguridad y comodidad a los usuarios de las carreteras.

Para establecer un programa de conservación de carreteras, y consecuentemente antes de la ejecución de los trabajos, deben estudiarse el proyecto y los detalles de construcción inicial de las obras, y los de las reconstrucciones posteriores. Así mismo, periódicamente deben inspeccionarse las obras para detectar todo lo que en lo futuro pudiera ocasionar fallas y desperfectos en las partes constitutivas de las carreteras.

A propósito de las inspecciones periódicas, para que éstas sean provechosas, deben realizarse en los momentos más oportunos respecto del fin para el que fueron programadas; por ejemplo, las relacionadas con el agua, en temporada de lluvias; las conectadas con el hielo, durante el invierno; las asociadas con los movimientos de tierra, después de un terremoto, y así sucesivamente.

Todo servicio de conservación de carreteras debe ser eficaz y oportuno; para lograrlo, y como acciones previas, deben realizarse las siguientes:

- * Estudiar detalladamente las particularidades de construcción de las

carreteras, así como las reconstrucciones que se hayan llevado a cabo, para compenetrarse con todos los elementos de las obras.

- Reconocer cuidadosamente las carreteras para detectar las fallas, incluso las menores. Estas fallas, al principio de apariencia insignificante, si no se suprimen ocasionan con el tiempo la destrucción de las carreteras. En consecuencia, esta inspección deben realizarla cuadrillas de conservación integradas por personas experimentadas que desempeñen su trabajo minuciosamente, en ocasiones a pie.

Los trabajos de conservación se aplican a los siguientes elementos constitutivos de las carreteras:

2.1 SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

Como toda otra parte básica de la carretera, la superficie del pavimento es, indudablemente, importante. Sin embargo, su importancia se acentúa porque, siendo ésta la capa superior, la parte cimera del pavimento, es el elemento más notable de la carretera, el que está continua y directamente en contacto con los usuarios y con los vehículos que transitan por el camino.

En consecuencia, para fines prácticos, de la superficie del pavimento depende en buena medida la seguridad y la comodidad proporcionadas por la carretera.

Adicionalmente, el estado de la superficie del pavimento indica la condición en que se encuentran otras partes del pavimento en particular y de la carretera en general, porque toda falla de la obra repercute al paso del tiempo en la superficie del pavimento.

La superficie del pavimento está formada por la mezcla de asfalto y materiales pétreos, y su estabilidad se deriva de fuerzas internas de fricción y de cohesión. En efecto, dicha estabilidad depende de los siguientes factores:

- * La resistencia de la estructura del pavimento, que debe transmitir las cargas vehiculares a la base sin deformarse.
- * La dureza de la carpeta, que debe ser la necesaria para resistir el desgaste continuo ocasionado por el tránsito vehicular.
- * La compactación de la superficie del pavimento, que debe ser la indispensable para evitar la penetración del agua, y para retardar la oxidación y el secado del material asfáltico de la mezcla por la acción del aire.

Los factores básicos que determinan la densidad de la superficie del pavimento son la proporción entre el asfalto y el material pétreo de la mezcla, y la relación entre los diversos tamaños del material pétreo utilizado.

Al respecto, debe tenerse en cuenta que:

- * La densidad apropiada de la mezcla debe conseguirse usando proporciones adecuadas de los diversos tamaños de material pétreo, y de ninguna manera usando asfalto para suplir las fallas de la proporcionalidad de dicho material.
- * La cantidad de asfalto en la mezcla debe ser la suficiente para ligar las partículas del material pétreo; de este modo, la mezcla adquiere la cohesión y la impermeabilidad necesarias.

La superficie del pavimento debidamente conservada debe carecer de grietas, así como de prominencias y depresiones (baches, ondulaciones, asentamientos, etc.).

Para conservar la superficie del pavimento, se realizan las siguientes operaciones:

2.1.1 LIMPIEZA

Se entiende por limpieza la operación que se ejecuta regularmente para eliminar de la superficie del pavimento los objetos ajenos a la misma.

La naturaleza de los objetos que deben eliminarse es muy diversa, y para fines prácticos podemos dividirlos en sólidos y líquidos. Como ejemplos de los primeros, citaremos los siguientes: piedras desprendidas de los taludes de los cortes o abandonadas por los usuarios de la carretera; materiales de construcción correspondientes a obras de conservación del

camino; hojas y ramas de árboles; vehículos abandonados; polvo, tierra y barro; papeles, latas vacías, envases de vidrio y desperdicios diversos; cadáveres de animales, etc. Entre los materiales líquidos vertidos sobre la superficie del pavimento, cabe mencionar principalmente los derivados del petróleo: aceites y combustibles para los motores de los vehículos.

Todos estos objetos, tanto los sólidos como los líquidos, representan peligros potenciales para el tránsito vehicular; además, contaminan el ambiente y afean la carretera. En consecuencia, resulta evidente la necesidad de su rápida eliminación y, por lo tanto, la utilidad del servicio eficaz de limpieza.

En el caso de los objetos sólidos, la limpieza de la superficie del pavimento comienza con la eliminación de dichos objetos por diversos medios y según la naturaleza de los mismos. En el caso de los materiales líquidos, la operación se inicia extendiendo arena sobre la zona afectada; cuando el líquido ha quedado embebido por la arena, ésta se elimina. En ambos casos, la limpieza culmina con un riego de agua para evitar el polvo, seguido del barrido, que generalmente es mecánico, y se ejecuta con barredoras autopulsadas o remolcadas.

En el caso de los materiales líquidos, y después de realizado el barrido, conviene extender nuevamente una delgada capa de arena para que el líquido quede absorbido por completo. En tales circunstancias, la zona debe ser adecuadamente señalizada para prevenir a los conductores de vehículos.

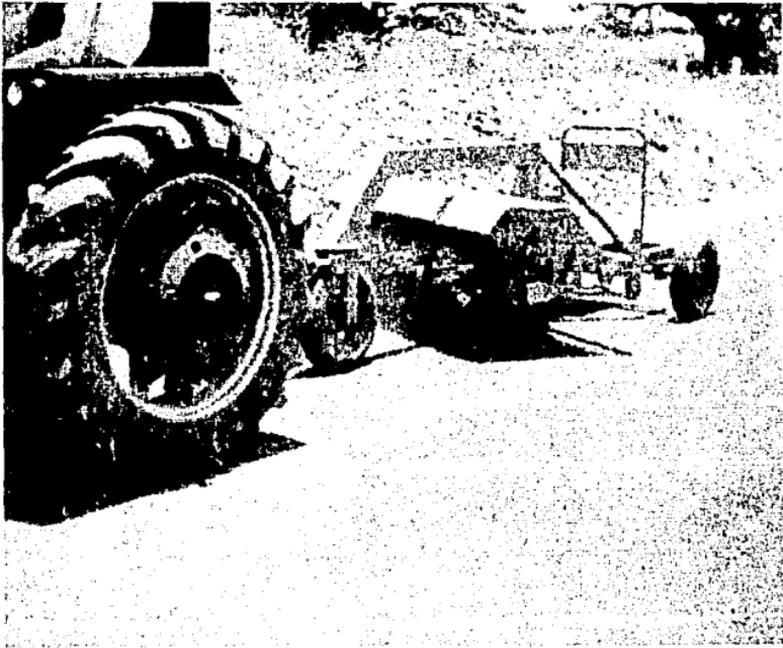


Fig. 4. Barrido mecánico

2.1.2 CEPILLADO

El cepillado consiste en raspar la superficie del pavimento para igualar su perfil y, a la vez, aumentar su tosquedad.

El cepillado debe realizarse en frío, utilizando una máquina que raspa la superficie del pavimento mediante elementos de corte montados sobre un eje horizontal.

Es necesario que, durante la reparación, se mantenga el perfil original de la superficie del pavimento.

2.1.3 FRESADO

El fresado de la superficie del pavimento consiste en la eliminación por medios mecánicos de delgadas capas de la superficie del mismo.

Esta operación sirve para descrestar rodadas, eliminar marcas viales, modificar la textura superficial del pavimento, y para retirar exudaciones del material ligante y capas contaminadas.

El fresado se lleva a cabo con máquinas especiales dotadas de un tambor giratorio de eje horizontal sobre el que están montados los elementos de corte, o fresas. Algunas de estas máquinas trabajan en frío; otras calientan previamente la superficie del pavimento con propano o con gasolina.

Estas máquinas proporcionan buena textura a la superficie del pavimento, por lo que, realizado el fresado, la carretera queda apta para la circulación vehicular. No obstante, cuando así se considera conveniente, la superficie del pavimento suele impermeabilizarse después del fresado por medio de riegos de sello, con lo que la operación se da por terminada.

2.1.4 GRIETAS

En términos generales, las grietas son quiebras o aberturas longitudinales que se forman naturalmente en la tierra o en cualquier cuerpo sólido. En la carretera, las grietas de la superficie del pavimento frecuentemente señalan fallas en las capas inferiores del mismo.

Las grietas del pavimento se originan por las siguientes causas:

- Desaceleraciones bruscas de los vehículos.
- Falta de compactación en las orillas de la superficie del pavimento.
- Falta de adherencia entre la carpeta y la capa de base.
- Contracción de la capa de base.
- Disgregación de las capas inferiores.
- Asentamiento de las capas inferiores.

Consecuentemente, como las grietas en la superficie del pavimento obedecen a causas muy diversas, los procedimientos para suprimirlas también son distintos. No obstante, el procedimiento general que se aplica para corregir las grietas en la superficie del pavimento es el calafateo.

El calafateo consiste en rellenar las grietas, según la naturaleza de las mismas, con diversas mezclas selladoras. El calafateo de grietas se ejecuta con mortero asfáltico, con la mezcla de asfalto rebajado y arena, o con cemento asfáltico. Además, para el calafateo de grietas se dispone de diversos productos especiales, cuyo componente principal también es el asfalto.

El calafateo se lleva a cabo manualmente. La fluidez del material empleado debe permitir que éste penetre fácilmente en las grietas. Cuando así se considera necesario, sobre la superficie calafateada se extiende arena seca para que los vehículos no levanten el material sellante

recientemente aplicado.

El calafateo evita temporalmente el deterioro superficial del pavimento. En consecuencia, cuando las grietas aparecen en la superficie del pavimento, debe investigarse la causa de las mismas y el lugar donde se originaron. Solamente así se puede atacar la falla en su origen y se evitará que las grietas reaparezcan.

Los procedimientos que se aplican para subsanar las grietas de la superficie del pavimento, según la naturaleza de las mismas, son los siguientes:

2.1.4.1 GRIETAS EN FORMA DE PIEL DE COCODRILO O MAPA

Las grietas en forma de piel de cocodrilo o mapa son aberturas que, intercomunicadas, forman series de pequeños bloques en la superficie del pavimento.

Estas grietas se originan por inestabilidad de las capas de subrasante, de sub-base o de base por alto contenido de agua; también se producen debido al insuficiente espesor de la superficie del pavimento.

Para corregir esta falla, y si las grietas no han causado deformaciones en la superficie del pavimento, se barre a mano la zona afectada, y de ser posible, las aberturas se limpian con aire comprimido; después, se inyecta en éstas algún sellante de mortero asfáltico o de mezcla de asfalto rebajado y arena. Es conveniente cubrir con arena seca la superficie del sellante recién aplicado para evitar que los vehículos lo levanten. Generalmente, esta reparación es temporal. Para que resulte duradera, es necesario remover la carpeta agrietada y los materiales de mala calidad o excesivamente húmedos de las capas inferiores; reponer los materiales

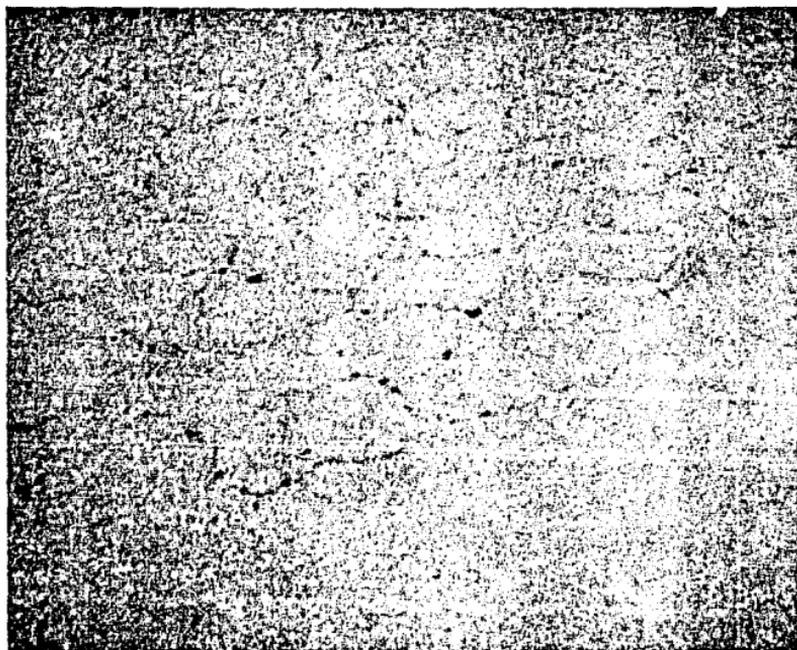


Fig. 5. Grietas en forma de piel de cocodrilo

extraídos, y tender de nuevo la superficie del pavimento cuidando de que su espesor sea el adecuado.

Cuando estas grietas ocupan áreas grandes de la carpeta, es necesario revisar el diseño de ésta y la construcción del pavimento, así como su drenaje.

2.1.4.2 GRIETAS LONGITUDINALES

Las grietas longitudinales son aberturas que se forman verticalmente a la sección de la carretera.

Las grietas longitudinales son causadas por cambios volumétricos de los materiales de las terracerías cuyo contenido de arcilla es alto, o por los efectos de humedecimientos y secados. Las grietas de esta naturaleza también se originan cuando en la carretera se realizan ampliaciones, y éstas no quedan debidamente ancladas a la sección antigua. En otras ocasiones, las grietas longitudinales se deben a movimientos o asentamientos que ocurren en los terraplenes a causa del propio peso de éstos o de sismos.

Antes de proceder a subsanar estas grietas, hay que limpiar la zona agrietada. Esta limpieza puede llevarse a cabo barriéndola a mano; sin embargo, las grietas quedan más limpias aplicándoles aire comprimido.

En términos generales, y teniendo en cuenta su anchura, entre las grietas longitudinales se dan los siguientes casos:

- * Las grietas son muy estrechas, por lo que resulta muy difícil reellenarlas. En este caso, hay que limitarse a observarlas cuidadosamente y vigilar su avance.
- * Cuando las grietas son estrechas, pero su anchura lo permite, se

sellan con emulsión asfáltica o con asfalto rebajado y arena.

- * Cuando las grietas son de 3 centímetros o más, el procedimiento adecuado de subsanarlas es el calafateo.

2.1.4.3 GRIETAS POR CORRIMIENTO DE LA CARPETA

Las grietas por corrimiento de la carpeta se deben a que la mezcla empleada en su elaboración ofrece poca resistencia a los esfuerzos laterales que los vehículos producen en zonas de desaceleración, o a que el riego de liga contenía asfalto en exceso. Las grietas por corrimiento de la carpeta se producen cuando se abre prematuramente el paso de vehículos sobre carpetas recientemente tendidas.

Cuando los desplazamientos y las deformaciones de la carpeta son leves, y si el agrietamiento se detiene, el procedimiento para subsanar esta falla consiste en calafatear las grietas. En los casos en que la zona afectada está agrietada y seriamente desplazada, o está notoriamente deformada por corrugaciones, es necesario levantar la carpeta y nuevamente tenderla.

2.1.4.4 GRIETAS EN LA JUNTA DE LA ORILLA

Las grietas en la junta de la orilla se localizan en la junta de la carpeta con el acotamiento.

Estas grietas son ocasionadas por contracciones en las capas inferiores del pavimento o porque los terrenos sobre los que se construyen los pavimentos están poco compactados. También se deben a que los vehículos circulan muy cerca de las orillas de la carpeta cuando ésta cubre toda la corona de la carretera, en cuyo caso, la carpeta carece de suficiente soporte lateral. Otra causa de las grietas en la junta de la orilla es la falta de

compactación en las ampliaciones de la carpeta, o a que estas ampliaciones carecen del debido anclaje con la parte antigua de la carpeta. Con el tiempo, a veces corto, estas grietas surgen en la superficie del pavimento y se extienden hacia el centro de la carpeta.

Si esta falla no ha causado deformaciones en la superficie del pavimento, se subsana calafateando las grietas. En los casos en que se hayan producido deformaciones, es imprescindible remover la carpeta en la zona agrietada, atacar la falla en su origen y reconstruir el pavimento.

2.1.4.5 GRIETAS EN LA JUNTA DE LOS CARRILES DE PAVIMENTACION

Las grietas en la junta de los carriles de pavimentación son separaciones longitudinales localizadas a lo largo de la hendedura de dichos carriles.

Estas grietas se deben a juntas débiles entre carriles de pavimentación contiguos.

Si esta falla no ha causado deformaciones en la superficie del pavimento, las grietas se calafatean; en caso contrario, es necesario levantar la carpeta en la zona agrietada y construir una nueva.

2.1.4.6 GRIETAS REFLEJADAS

Las grietas reflejadas son aberturas que aparecen en la superficie del pavimento como reflejo de otra grieta localizada en la estructura del pavimento subyacente.

Estas grietas se presentan frecuentemente en recubrimientos asfálticos aplicados sobre concreto hidráulico o sobre bases tratadas con cemento.

Las grietas reflejadas se deben a movimientos verticales u horizontales del pavimento que está debajo del recubrimiento. Estos movimientos se

producen por la expansión y la contracción en la estructura del pavimento, ocasionadas por los cambios de la temperatura o de la humedad. Estos movimientos también son provocados por el tránsito vehicular, por los movimientos del terreno o por la pérdida de humedad de las capas subyacentes con alto contenido de arcilla.

Si esta falla no ha causado deformaciones en la superficie del pavimento, se calafatean las grietas; en caso contrario, es necesario levantar la carpeta en la zona agrietada, localizar y suprimir la causa de la falla, y reconstruir el pavimento.

2.1.4.7 GRIETAS POR CONTRACCION

Las grietas por contracción son hendeduras interconectadas que forman series de bloques grandes, generalmente con ángulos agudos en las esquinas.

La causa que frecuentemente origina este tipo de grietas es el cambio de volumen de las mezclas asfálticas con material pétreo fino que contienen asfalto de baja penetración.

Si esta falla no ha causado deformaciones en la superficie del pavimento, se calafatean las grietas; en caso contrario, es necesario levantar la carpeta en la zona agrietada, localizar y suprimir la causa de la falla, y construir una nueva carpeta.

2.1.4.8 GRIETAS POR DESLIZAMIENTO

Las grietas por deslizamiento a menudo toman la forma de luna creciente cuyos extremos apuntan en la dirección del empuje de las ruedas sobre la superficie del pavimento.

Estas fisuras son provocadas por la falta de buenas ligas entre la carpeta y la base. La falta de liga puede deberse a la presencia de polvo, aceite, hule, agua o algún otro material no adhesivo entre las dos capas. Generalmente, esta falta de liga existe cuando, durante el tendido de la carpeta, no se ha aplicado el riego correspondiente. Las grietas por deslizamiento también se presentan cuando se emplean mezclas con alto contenido de arena. Algunas veces, el deslizamiento se debe a que la compactación no ha sido la adecuada durante la pavimentación, lo que ocasiona la rotura de la liga entre las capas del pavimento.

Si esta falla no ha causado deformaciones en la superficie del pavimento, las grietas se calafatean; en caso contrario, es necesario levantar la carpeta en la zona agrietada, localizar y suprimir la causa de la falla, y reconstruir el pavimento.

2.1.5 RODADAS

Las rodadas son señales que dejan impresas las ruedas de los vehículos en la superficie del pavimento, generalmente en la zona de mayor incidencia de dichas ruedas.

Las rodadas se deben a:

- * Insuficiente compactación de las capas del pavimento.
- * Excesiva concentración de cargas a causa del tránsito vehicular pesado y canalizado.
- * Mal diseño de las capas inferiores del pavimento.
- * Asfalto demasiado blando para la región.
- * Insuficiente estabilidad de la carpeta o de la base.
- * Proporcionalidad incorrecta del material pétreo.

- Paso de vehículos o de equipo de construcción sobre la carpeta recién tendida.
- Deformaciones de la carpeta asfáltica; en este caso, la profundidad de las rodadas es menor de 1 centímetro.
- Escaso espesor en la capa de base del pavimento o a que ésta no es de la calidad adecuada; en este caso, la profundidad de las rodadas es mayor de 1 centímetro.

Para suprimir las rodadas, se necesita remover del área afectada las materias extrañas, dar un riego de liga y allanar la carpeta con mezcla asfáltica. Si las rodadas reaparecen, es necesario eliminar la carpeta, localizar y suprimir la causa de la falla, y reconstruir el pavimento.

2.1.6 ONDULACIONES

Las ondulaciones son levantamientos de la superficie en forma de ondas acentuadas.

Las ondulaciones se producen por movimientos plásticos de la carpeta donde se presentan esfuerzos de arranque y frenado de los vehículos debido a pendientes acentuadas o a curvas cerradas, y allí donde los vehículos atraviesan superficies irregulares y avanzan rebotando; también se presentan en las zonas cercanas a los cruces de carreteras con vías de ferrocarril, y en las orillas de los pavimentos donde la compactación es insuficiente.

Las ondulaciones se presentan en carpetas de baja estabilidad debido a:

- Mezclas demasiado ricas en asfalto y que contienen material pétreo fino en proporciones excesivamente altas.
- Materiales pétreos redondeados o de textura lisa.

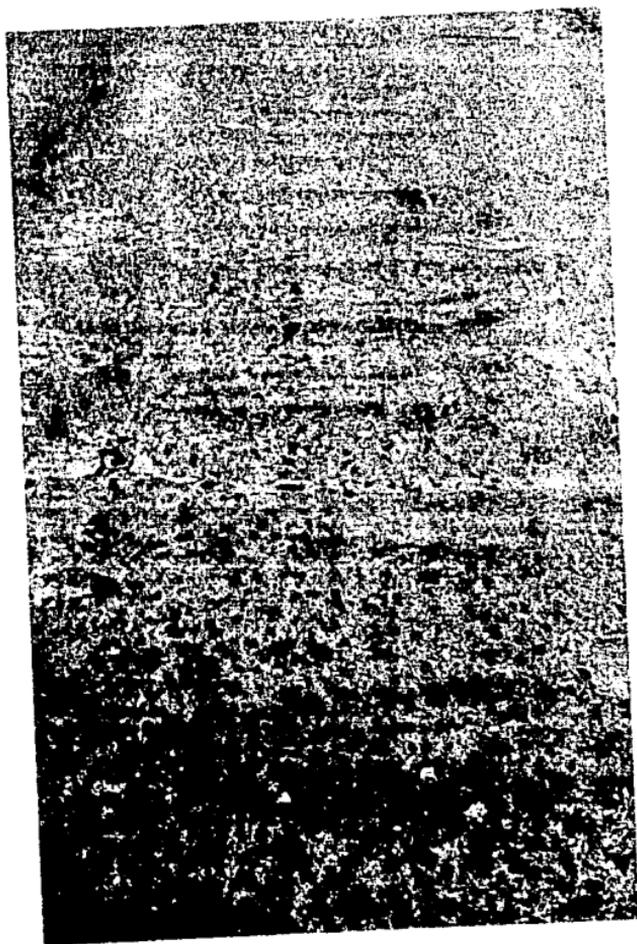


Fig. 6. Ondulaciones

- Cemento asfáltico demasiado blando debido a exceso de humedad o a contaminación por goteo de aceite.
- Aireación insuficiente durante la aplicación de mezclas que contienen asfaltos líquidos.

Cuando se observan ondulaciones en la superficie del pavimento, deben realizarse sondeos para determinar los espesores de la carpeta porque la diferencia de éstos suele provocar ondulaciones en dicha superficie. El aumento de espesor en las crestas de las ondulaciones se debe al exceso de granos finos en el material pétreo, al exceso de material asfáltico o a material asfáltico demasiado suave. Cuando el espesor de la carpeta asfáltica es uniforme y en las ondulaciones aparecen grietas paralelas a éstas, la causa más probable de dichas ondulaciones es el exceso de humedad en la base. Las ondulaciones también son ocasionadas por deficiencias estructurales de las capas del pavimento, las cuales son inadecuadas para las cargas que debe soportar la carpeta. Cuando las ondulaciones se deben a defectos de la sub-base o de la base, la distancia entre las crestas es mayor que cuando el defecto es producido únicamente por deficiencia de la carpeta.

Las ondulaciones tienen las siguientes particularidades:

- Se inician en desigualdades de la superficie del pavimento, generalmente hondonadas o salientes, debidas a escasa compactación o a insuficiente conformación.
- La rapidez de su formación está estrechamente ligada a la inadecuada composición y cohesión del material pétreo, así como a la intensidad del tránsito vehicular.
- La distancia entre las crestas está en directa relación con la

plasticidad del revestimiento: a mayor plasticidad, mayor distancia entre ellas.

- * La carga por rueda de los vehículos afecta al pavimento y puede crear corrugaciones.
- * La elasticidad de los muelles acorta la distancia entre las crestas.
- * La altura de las crestas crece al aumentar la velocidad de los vehículos.

Para suprimir las ondulaciones, es necesario levantar la carpeta desplazada y corregir la mezcla. La corrección de la mezcla consiste en orearla para que pierda solventes, o en agregarle material pétreo de mejor calidad. Corregida la mezcla, se reconstruye el pavimento.

2.1.7 LEVANTAMIENTOS

Los levantamientos son desplazamientos del pavimento hacia arriba, y se deben al hielo existente en las capas inferiores del pavimento o al esponjamiento que produce la humedad en los suelos arcillosos. Los levantamientos también se producen por esponjamiento de cualquier capa del pavimento.

Para suprimir esta falla, es necesario levantar la carpeta donde se presentó la anomalía, excavar hasta la zona afectada y reconstruir el pavimento cuidando de que el espesor de la carpeta sea el adecuado.

2.1.8 ASENTAMIENTOS

Los asentamientos son hundimientos que se presentan en el pavimento acompañados de grietas o sin éstas. Su profundidad llega hasta 12 centímetros, y se localizan bajo el nivel de la rasante

En los asentamientos, el agua se estanca y forma charcos, los cuales no sólo son fuentes de deterioro del pavimento, sino que, además, constituyen riesgos para los conductores de vehículos, especialmente en tiempo de lluvias o heladas.

La mejor forma de detectar los asentamientos es inspeccionando la carpeta asfáltica en el momento de las lluvias o inmediatamente después porque, en estas condiciones, el agua los señala claramente. Otra forma consiste en deslizar reglas de madera sobre la superficie donde se considere que existen asentamientos.

Los asentamientos se producen porque el tránsito vehicular es de mayor peso que el considerado al diseñar el pavimento, lo que causa hundimientos en las capas inferiores del mismo.

Quando se detectan asentamientos, deben realizarse sondeos para ver si el espesor de la carpeta es distinto en los lugares bajos y en los lugares altos de la misma. En caso de que el espesor de la carpeta sea uniforme, debe buscarse en la base el motivo de los asentamientos. Cuando los asentamientos son provocados por la base, debe revisarse primeramente el drenaje; en caso de que éste sea satisfactorio, el defecto puede provenir de la poca resistencia a la compresión de los materiales de la base, que no resisten las cargas del tráfico a que está sujeto el pavimento. Los asentamientos también son provocados por el escaso espesor de la base, lo que no permite el reparto suficiente de las presiones en la sub-base. Los asentamientos también suelen producirse por la mala calidad de los materiales de la base (que no permiten la fricción interna adecuada, como en el caso de gravas muy lisas), por la falta de materiales pétreos finos, o por la presencia de mica u otros materiales resbaladizos. Cuando el



Fig. 7. Asentamiento

espesor de la carpeta no sea uniforme, y si las diferencias de espesores en la misma han aparecido poco después de su construcción, generalmente éstas se deben al exceso de asfalto o a que se han usado asfaltos demasiado suaves para el clima de la región; también se originan por la poca adherencia del material pétreo con el asfalto y por el exceso de materiales pétreos finos.

Para suprimir provisionalmente los asentamientos localizados en carreteras con gran circulación de vehículos, hay que limpiar la superficie, aplicar un riego de liga y allanar con mezcla asfáltica la zona afectada. Para la supresión definitiva de los asentamientos, hay que levantar la carpeta y reconstruir por capas la sección original. También es necesario revisar el anclaje de los terraplenes y corregir sus deficiencias, y de la misma forma proceder con el drenaje del área afectada.

2.1.9 *DEPRESIONES POR ZANJAS MAL RELLENADAS*

Estas depresiones se forman donde se excavan zanjas para la instalación de servicios públicos, zanjas que posteriormente se rellenan.

La causa de estas depresiones es la falta de compactación adecuada de los materiales del relleno o la escasez del material empleado para rellenar dichas zanjas. Para suprimir estas depresiones, es necesario limpiar el área afectada, aplicar un riego de liga y rellenar la zanja compactando el material de relleno.

2.1.10 *DEFORMACIONES DE LA CARPETA CERCA DE LAS CUNETAS*

Las deformaciones de la carpeta cerca de las cunetas se producen debido al exceso de humedad en el terreno natural por no existir cunetas

revestidas, y por falta o mal funcionamiento del drenaje de la carretera.

Para suprimir estas deformaciones, se requiere revisar el drenaje y, en su caso, realizar las reparaciones necesarias; posteriormente, hay que allanar el área con mezcla asfáltica.

En los lugares de la carpeta donde se presentan estas deformaciones, es necesario revestir las cunetas para evitar infiltraciones de agua a las capas del pavimento.

2.1.11 DESTRUCCION DE LAS ORILLAS DE LA CARPETA

La destrucción de las orillas de la carpeta se presenta en carreteras que carecen de acotamientos, y se debe a alguna falla funcional de la carpeta ocasionada por lo estrecho de la superficie del pavimento, que obliga a los vehículos a transitar por la orilla erosionando la carpeta. Así mismo, el drenaje transversal suele ser inadecuado.

Para suprimir esta falla, es necesario ampliar el terraplén, ensanchar la superficie del pavimento y construir acotamientos.

2.1.12 DESCOSTRADO DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

El descostrado consiste en el desprendimiento de algunas partes de la superficie del pavimento.

El descostrado ocurre por insuficiente compactación, por escaso espesor de la carpeta, por falta de adherencia de ésta con la base o por infiltración de agua entre estas capas.

Para suprimir esta falla, es necesario aplicar un riego de sello con productos asfálticos que tengan la indispensable afinidad con el material pétreo, bien sea solos o mediante el uso de algún aditivo para asfaltos.



Fig. 8. Descostrado

2.1.13 DESPRENDIMIENTO DEL MATERIAL PÉTREO

El desprendimiento del material pétreo de la carpeta o del riego de sello se debe a la escasa cantidad de asfalto en la mezcla o en el riego de sello; también lo causa la falta de afinidad del material pétreo con el asfalto o la deficiente compactación de la mezcla.

Para evitar el desprendimiento del material pétreo, hay que barrer la superficie y después aplicar un riego ligero bien distribuido y correctamente dosificado de asfalto rebajado o de emulsión asfáltica.

Si el desprendimiento del material es muy acentuado, se debe aplicar un nuevo riego de sello, o una sobrecarpeta y un riego de sello.

2.1.14 DESPRENDIMIENTO DE ASFALTO

El desprendimiento del asfalto de la mezcla asfáltica se debe a la escasa o nula afinidad entre el material pétreo y el asfalto utilizado en la mezcla.

Para suprimir esta falla, es necesario dar un riego con algún producto asfáltico que tenga buena afinidad con el material pétreo, bien sea solo o mediante el uso de algún aditivo. Puede ser necesaria la aplicación de un riego de sello o de mortero asfáltico.

2.1.15 CORRECCION DEL EXCESO DE ASFALTO

El exceso de asfalto en la carpeta suele provocar pavimentos resbaladizos, y éstos representan graves problemas debido a que ocasionan frecuentemente accidentes. Por lo tanto, la corrección del exceso de asfalto resulta labor de suma importancia. Existen dos métodos para corregir este problema:

- * Remoción del material

Para aplicar este método existen varios procedimientos:

- ▣ El enarenado, que consiste en la aplicación de arena a presión para eliminar el exceso de asfalto.
 - ▣ El cepillado mediante máquinas que remueven el exceso de asfalto de la superficie del pavimento.
 - ▣ La limpieza, que consiste en la eliminación del asfalto excedente con llamas de fuego a alta temperatura.
- Adición de material

Para emplear este método existen los siguientes procedimientos:

- ▣ Aplicación de productos asfálticos que se cubren con material pétreo.
- ▣ Recalentamiento de la capa excedida de asfalto e incrustación de material pétreo.

Para determinar el procedimiento más adecuado, deben realizarse varias pruebas con diversos materiales y distintas dosificaciones. El procedimiento que se elija deberá ser el que más disminuya la exudación de asfalto, y que permita que el material aplicado se adhiera perfectamente al pavimento.

El método más usado en México es el de adición de materiales. Como el primer procedimiento de este método es, prácticamente, un riego de sello, únicamente se detallará el segundo procedimiento, o recalentamiento de la capa excedida de asfalto e incrustación de material pétreo, que se realiza de la siguiente manera:

- Se coloca el señalamiento adecuado para prevenir a los conductores de vehículos.
- La superficie por reparar debe barrerse perfectamente para suprimir

cualquier material extraño.

- Se calienta la superficie del pavimento mediante derivados de petróleo.
- Después de calentar el asfalto, se esparce el material seleccionado; inmediatamente se procede al planchado de la superficie excedida de asfalto, procurando que sea con rodillos lisos y pesados para asegurar la incrustación del material pético.

2.1.16 EXUDACION DE AGUA

La exudación de agua consiste en la aparición de zonas húmedas en la superficie del pavimento.

Las exudaciones de agua se deben a la presencia de manantiales debajo del pavimento o a la existencia de encauzamientos de agua entre una carpeta nueva y la antigua. También se originan por deficiencias del drenaje de la carretera.

Las exudaciones de agua se presentan en las partes menos compactadas de la carpeta.

Para suprimir las exudaciones de agua, es necesario realizar estudios de la superficie sobre la que se encuentra el pavimento y determinar las causas que originan esta falla.

2.1.17 EXUDACION DE LECHADA

La exudación de lechada es la aparición de residuos blancuzcos a lo largo de algunas grietas en la superficie del pavimento.

Esta falla se presenta en pavimentos flexibles con carpeta asfáltica de escaso espesor contruidos sobre bases rígidas. en los cuales el roce de la

base estabilizada con cemento hidráulico provoca poca resistencia a los esfuerzos de tracción ocasionados por el escaso espesor de la carpeta.

Para suprimir esta falla, es necesario levantar la carpeta y colocar otra de mayor espesor.

2.1.18 RAYADO LONGITUDINAL

El rayado longitudinal consiste en marcas paralelas a la línea central de la carpeta, y se deben a que, al aplicar el asfalto, la altura a que está colocada la barra aspersora de la petrolizadora es incorrecta, por lo que la aspersión de cada boquilla no se traslapa lo suficiente con las de las dos inmediatas.

Para suprimir esta falla, se requiere calafatear la superficie del pavimento donde se encuentra el rayado y, en caso necesario, construir una sobrecarpeta.

2.1.19 RAYADO TRANSVERSAL

El rayado transversal consiste en marcas transversales a la carpeta ocasionadas por fallas de la barra aspersora de la petrolizadora cuando interrumpe momentáneamente la aplicación de asfalto.

Para suprimir esta falla, se requiere calafatear la superficie del pavimento donde se encuentre el rayado y, en caso necesario, construir una sobrecarpeta.

2.1.20 SUPERFICIE DEL PAVIMENTO LISA

La superficie del pavimento lisa se presenta cuando dicha superficie se desgasta y se torna resbaladiza.

Esta falla representa graves riesgos porque la alisadura de la superficie

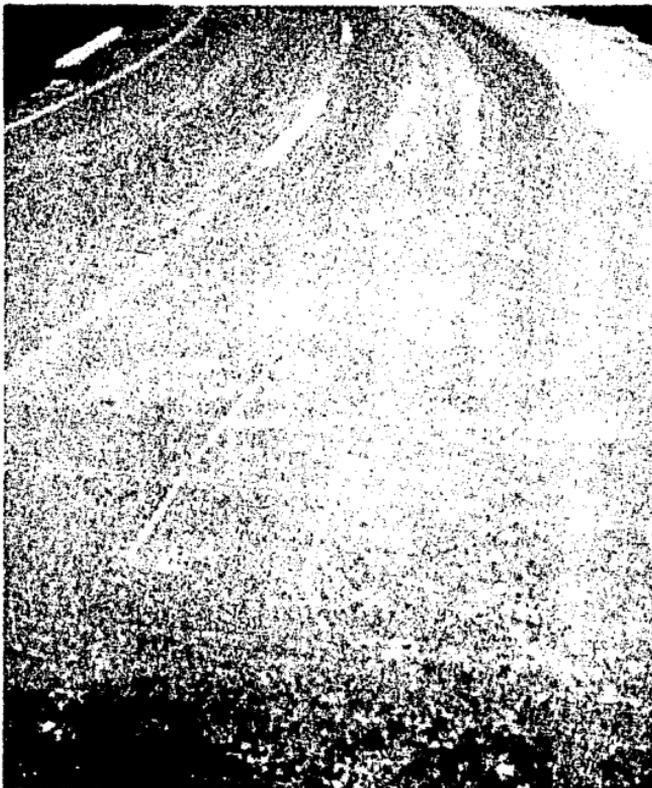


Fig. 9. Rayado longitudinal

del pavimento acentúa los resbalones de los vehículos, riesgos que aumentan considerablemente durante la temporada de lluvias por la presencia de agua en la superficie del pavimento.

La superficie del pavimento se alisa debido a las siguientes circunstancias:

- Por exceso de asfalto en el riego de liga, en la mezcla asfáltica o en el riego de sello.

Por la acción de los vehículos, generalmente en temporada de calor, este exceso de asfalto rezuma hacia la superficie del pavimento; a modo de nata, forma una capa que suele llegar hasta 1 o 2 milímetros de espesor y alisa la superficie del pavimento.

Para suprimir adecuadamente esta falla, resulta necesario construir una sobrecarpeta.

- Por polvo sobre la superficie del pavimento.

Esta circunstancia se presenta a menudo en las zonas donde los caminos de terracería o mal revestidos entroncan con las carreteras. El polvo también se produce cuando las carpetas sin sellos, o los sellos mismos, se construyen con materiales pétreos suaves, como las calizas, que por la acción del tránsito vehicular, se van desgastando, y el polvo queda sobre la superficie del pavimento. En ambos casos, durante la temporada de lluvias, y sobre todo si éstas son ligeras, se produce una delgada capa de lodo sumamente peligrosa para los vehículos.

Para suprimir esta falla, es necesario barrer la superficie del pavimento que se encuentre liso.

2.1.21 BACHEO

El bacheo es el relleno de los hoyos producidos en la superficie del pavimento por la acción del tránsito vehicular y del agua. El relleno de estos hoyos debe realizarse lo antes posible después de su aparición, aún en forma provisional, para evitar la infiltración de agua hacia las capas del pavimento.

Por su tamaño, estos hoyos se dividen en calaveras y baches, y se describen a continuación:

2.1.21.1 CALAVERAS

El tamaño máximo de las calaveras es de 15 centímetros de diámetro. Tomando en cuenta que la presencia de calaveras implica la falla de la carpeta, debe considerarse que su relleno sólo podrá tomarse como solución definitiva en caso de que se encuentren muy aisladas entre sí. Cuando haya una o más calaveras por cada 10 metros de camino, o cuando se note que su número tiende a incrementarse y que llegan a duplicarse cada tres meses, aproximadamente, debe procederse con rapidez al estudio de la falla para reconstruir rápidamente la zona afectada.

Esta reparación debe efectuarse con la suficiente anticipación para no permitir que, en ningún caso, llegue a presentarse una calavera cada 12 metros cuadrados de carpeta. Las calaveras deben atenderse oportunamente para impedir que se conviertan en baches, y originen mayor costo de reparación y serios perjuicios al tránsito vehicular.

El procedimiento para la eliminación de las calaveras es el siguiente:

- La zona afectada debe limpiarse de toda materia extraña, como tierra, hierbas, desechos de animales u otros, y removerse el material suelto



Fig. 10. Bacheo

de la superficie del pavimento.

- * La zona afectada debe estar seca. Si las condiciones climáticas locales y la falta de equipo adecuado no lo permiten, y existe la urgencia de efectuar el trabajo, deben usarse los productos asfálticos y los aditivos que recomienden las pruebas de laboratorio.
- * Las calaveras deben rellenarse con mezcla asfáltica cuyo material pétreo sea, por su tamaño, menor de 40% de la profundidad del hueco. El volumen de la mezcla debe ser, aproximadamente, 20% mayor que la capacidad de la calavera con objeto de que, al compactarse, el material de relleno quede al nivel de la superficie del pavimento.
- * Antes de reiniciarse el tránsito vehicular, el material de relleno debe quedar adecuadamente compactado con pisón de mano o con rodillo ligero.

2.1.21.2 BACHES

El tamaño mínimo de los baches es de 15 centímetros. Cuando se presentan 1 o 2 baches por cada 20 metros de la carretera y esto sucede en tramos de 100 metros o mayores, debe iniciarse inmediatamente el estudio de la falla, programar la reconstrucción de la zona afectada, y ejecutarla oportunamente para que en ningún caso lleguen a existir más de 5 baches por cada 20 metros, o que en conjunto sumen más de 1 metro cuadrado.

Los baches se dividen en profundos y superficiales; estos últimos son los que afectan exclusivamente a la carpeta.

El procedimiento para la supresión de baches es el siguiente:



Fig. 11. Bache

- De la zona afectada, hay que remover todos los materiales extraños, como tierra, hierbas, desechos de animales u otros.
- Se debe definir y marcar en forma rectangular el área afectada, y cuidar de que uno de sus lados sea perpendicular al eje longitudinal de la carpeta.
- En el área señalada, se excava hasta la profundidad necesaria para remover todo el material alterado.
- Si al efectuar la excavación se ve la necesidad de ampliar el área de la misma para poder remover todo el material alterado, la ampliación también debe ser rectangular, y de lados paralelos y perpendiculares al eje longitudinal de la carpeta.
- Se completa la excavación hasta la profundidad fijada, cuidando de obtener paredes verticales y de remover todo el material suelto.
- En el caso de los baches profundos, la excavación debe ser más amplia en la carpeta para que, al reconstruirla, cubra la unión de las capas inferiores.
- En el caso de los baches profundos, para obtener condiciones que garanticen la debida colocación y compactación del material de relleno, debe tenerse en cuenta lo siguiente:
 - ∴ Si la profundidad es de 40 centímetros o mayor, el ancho mínimo de excavación debe ser de 60 centímetros.
 - El lado menor debe ser, cuando menos, el doble del ancho del pisón de mano, y el lado mayor una y media veces el largo del mismo.
- El bacheo se efectua con mezcla asfáltica. Cuando el hueco tenga 7 centímetros o mas de profundidad, debe rellenarse por capas. La



Fig. 12. Bache mal suprimido

capa superficial debe tener de 4 a 6 centímetros de espesor, y en ella podrá usarse material pétreo hasta de 19 milímetros (3/4") de ancho. Las capas inferiores deben tener 10 centímetros o menos de espesor, y en ellas se puede usar material pétreo cuyo tamaño máximo sea de 38 milímetros (1 1/2") de ancho.

- * La capa superficial debe dejarse ligeramente excedida en volumen (aproximadamente, 20%) para que, al compactarla, quede al mismo nivel que la superficie del pavimento existente.
- * En el caso de los baches profundos, y cuando se considere económico el procedimiento, las capas inferiores pueden construirse con materiales de los usados en la construcción de sub-bases y de bases, cuidando de que se cumplan los siguientes requisitos:
 - ▣ Para el relleno correspondiente a las capas de terracería o de sub-base, puede usarse material de sub-base o de base.
 - ▣ Para el relleno correspondiente a la capa de base, cuando se empleen dos o más materiales, deben mezclarse en seco para que la mezcla sea uniforme.

En ambos casos, es necesario compactar perfectamente.

- * Independientemente del espesor y del tipo de la carpeta existente, la capa superficial del bacheo debe consistir en mezcla asfáltica, y su espesor debe ser, por lo menos, de 4 centímetros después de compactada.
- * Antes de iniciar el relleno con mezcla asfáltica, debe aplicarse un riego de liga en las paredes y en el piso.
- * Antes de reiniciarse el tránsito vehicular, las capas del relleno deben quedar debidamente compactadas con pisón de mano o con rodillo

ligero.

- * Finalmente, antes de 15 días debe sellarse la zona bacheada.

2.1.22 APLICACION DE LECHADA BITUMINOSA

La aplicación de lechada bituminosa es el tratamiento de superficie empleado para impermeabilizar y regenerar pavimentos, para aplicar tratamientos antideslizantes y para rellenar rodadas menores de 3 centímetros de profundidad.

Para aplicar este tratamiento, se deben suprimir los pequeños defectos superficiales de la carpeta; después se debe limpiar la zona que se desea tratar, y finalmente se aplican una o dos capas de lechada bituminosa.

Se debe evitar el paso de los vehículos durante 6 horas o más, al cabo de las cuales podrá reiniciarse el tráfico procurando que la velocidad de los vehículos no exceda de 30 Km/h durante los cuatro primeros días.

2.1.23 TERMORREPERFILADO

El termorreperfilado consiste en modificar la superficie de los pavimentos sin aportación de material nuevo. Este tratamiento se aplica para mejorar el perfil transversal y la rugosidad de los pavimentos, así como para sellar amplias zonas agrietadas.

Para llevar a cabo el termorreperfilado, las superficies por tratar se calientan a temperaturas entre 120°C y 150°C; se escarifica superficialmente; después se lleva a cabo el reperfilado con el material levantado y se compacta.

Esta técnica sólo debe aplicarse cuando el material de la carpeta no presente defectos ni el pavimento tenga fallas estructurales.

2.1.24 TERMORREGENERACION

La termorregeración consiste en modificar la superficie de los pavimentos con aportación de material nuevo sin que éste se mezcle con el antiguo.

Este procedimiento se aplica a la superficie de los pavimentos que carecen de defectos estructurales para corregir la falta de adherencia, el agrietamiento por envejecimiento del material ligante, el alisamiento, las rodadas, las deformaciones y otras fallas similares.

Para llevar a cabo la termorregeración, se necesita calentar la superficie del pavimento a temperaturas entre 120°C y 150°C, y escarificar entre 3 y 5 centímetros de profundidad. Se debe procurar que la profundidad de escarificado sea uniforme en todo el tramo al que se aplica el procedimiento. Después, se retira aproximadamente 1/3 del material extraído y se realiza el reperfilado con el material restante. Posteriormente, se extiende una capa de aglomerado sobre el material escarificado y reperfilado, en cantidad igual o superior a la retirada, y se compacta.

Para poder realizar esta operación, el espesor de la capa de material existente no debe ser inferior a 6 centímetros.

2.1.25 REMEZCLADO

El remezclado consiste en modificar las particularidades de los materiales de la superficie del pavimento aportando material nuevo mezclado con el antiguo.

Este procedimiento se aplica para reconstruir la superficie del pavimento y modificar su composición.

Para llevar a cabo el remezclado, es necesario calentar y escarificar la superficie por tratar, y reperfilarla la base. Después se debe eliminar el material sobrante y mezclar el resto con material de aportación. Esta mezcla debe estar perfectamente homogeneizada. Posteriormente, se extiende el material, se reperfila la superficie del pavimento y se compacta en forma adecuada.

2.1.26 RIEGO DE SELLO

El riego de sello es una protección de material asfáltico cubierto con material pétreo que se aplica a la superficie del pavimento.

El riego de sello sirve para:

- * Proteger el pavimento proporcionando a la carpeta una superficie de desgaste; esta protección resulta particularmente necesaria cuando se inicia el proceso de desgranamiento o de desgaste superficial de la carpeta.
- * Impermeabilizar el pavimento, especialmente cuando la carpeta está agrietada o su textura es muy abierta.
- * Proporcionar rugosidad a la carpeta para que ésta resulte antideslizante.
- * Proporcionar superficies que reflejen adecuadamente la luz de los faros de los vehículos.

Por ser inadecuado, no debe recurrirse al riego de sello cuando se trata de:

- * Cubrir defectos de construcción que no debieron permitirse, y cuya solución no sea el riego de sello; por ejemplo, en el caso de carpetas con exceso de asfalto o de disolventes, o cuando la proporcionalidad

del material pétreo no sea la adecuada.

- * Corregir deformaciones o agrietamientos ocasionados por defectos de las capas inferiores a la carpeta, del drenaje o del subdrenaje.
- * Corregir desplazamientos del material debidos a la inestabilidad de las mezclas asfálticas o de los riegos de liga deficientes.

El riego de sello debe aplicarse teniendo en cuenta lo que a continuación se detalla:

- * Cuando se apliquen riegos de sello con asfaltos rebajados, el material pétreo debe estar de preferencia seco. Cuando contenga agua libre producto de lluvias, pero sin sobrepasar la capacidad de absorción de las partículas, y no sea práctico o económico eliminarla, puede efectuarse el riego de sello añadiendo algún aditivo al asfalto rebajado o empleando emulsión.
- * Tomando en cuenta lo anterior, las aplicaciones de riegos de sello deben programarse, de preferencia, para la temporada de sequía. Además, en las zonas de clima muy extremo, se debe evitar sellar en temporada de frío o de vientos intensos porque impiden que el riego sea uniforme. No debe permitirse la aplicación de riegos de sello si la temperatura ambiental es menor de 5°C, y de 10°C si se usan emulsiones asfálticas.
- * La superficie por sellar debe estar previamente preparada; es decir, se realizarán primeramente los trabajos que se requieran, como bacheo, nivelaciones y otras de similar naturaleza.
- * Antes de iniciar el riego de sello, deben protegerse con papel o de alguna otra forma las estructuras contiguas a la carpeta, tales como banquetas, guarniciones, camellones, señales, fantasmas y otras si

se considera que pueden mancharse.

- * Es necesario efectuar tanteos con varias dosificaciones de materiales asfálticos y pétreos en áreas de 1 metro cuadrado. La dosificación más adecuada es aquella con la que se logre que la carpeta quede totalmente cubierta por el material, que el desprendimiento de material pétreo no sea mayor de 10%, y que no presente exudación de asfalto.
- * Cuando por experiencia en condiciones similares se conozca la dosificación adecuada, es posible iniciar el trabajo en tramos cortos, no mayores de 300 metros de longitud, e ir haciendo los ajustes necesarios en los tramos siguientes.
- * El riego de sello se aplica sobre la carpeta limpia.
- * Debe fijarse la cantidad de asfalto regado por metro cuadrado colocando en el tramo que debe regarse un papel de 1 metro cuadrado, y pesarlo antes y después del riego. Estas verificaciones deben llevarse a cabo en forma sistemática 3 veces cada 1,000 metros de avance.
- * No deben regarse con material asfáltico tramos mayores que los que puedan ser cubiertos inmediatamente con material pétreo.
- * Con la finalidad de que el asfalto recomendado sea colocado a partir del punto deseado, la petrolizadora debe iniciar su labor por lo menos 10 metros antes del punto en el que se desee empezar a regar.
- * Debe tenerse especial cuidado de evitar los traslapes de los riegos cubriendo el inicio de éstos con una banda de hule o de papel para evitar el traslape con el riego anterior.
- * Antes de que hayan transcurrido 20 minutos, se cubrirá el material

asfáltico con el material pétreo en las cantidades predeterminadas.

- * Para corregir faltas de adherencia entre el material asfáltico y el material pétreo, se deben usar aditivos.
- * Los materiales deben cumplir los siguientes requisitos:
 - ▣ El desgaste de los materiales utilizados no debe ser mayor de 30%.
 - ▣ Los materiales empleados deben presentar afinidad con el asfalto. Esta afinidad se determina por medio de la prueba de desprendimiento por fricción, el cual no debe ser mayor de 25%.
 - ▣ Las partículas que se rompan en forma de laja no deben exceder de 35%.
- * Después de esparcido el material pétreo, se procede al planchado con rodillo liso para acomodar las partículas hasta haber cubierto toda la superficie dos veces; posteriormente, se plancha con el compactador de llantas neumáticas el tiempo necesario para asegurar que el material pétreo se haya adherido al material asfáltico, teniendo especial cuidado de no fracturarlo por exceso de planchado. Esta compactación se realiza desde la orilla de la carretera hacia el centro; en las curvas, del lado interior al lado exterior.
- * Al terminarse el planchado de la superficie del pavimento, debe evitarse el tránsito vehicular durante 6 horas o más, al cabo de las cuales puede reiniciarse el tráfico procurando que la velocidad de los vehículos no exceda de 30 Km/h durante los cuatro primeros días.
- * Después de este tiempo, debe procederse al barrido y remoción del material que no se haya adherido durante estas operaciones.

El equipo necesario para la aplicación de riegos de sello es el siguiente:

- Petrolizadora

La petrolizadora se usa para el riego de productos asfálticos, y requiere lo siguiente:

- Contar con equipo de calentamiento para elevar la temperatura del producto asfáltico hasta el nivel especificado.
- Estar provista de una bomba que produzca la presión necesaria para lograr dispersiones uniformes en todas las boquillas de la barra.
- Disponer de un tacómetro para regular la velocidad, y así poder dosificar uniformemente la salida del producto asfáltico.

- Esparcidor mecánico

El esparcidor mecánico se utiliza para obtener tendidos uniformes de los materiales pétreos. Para lograr buenos resultados, se recomienda tomar las precauciones que a continuación se detallan:

- Que no haya en el material pétreo piedras de tamaño mayor al necesario porque, al quedar detenidas en la abertura del esparcidor, dejan zonas de la carpeta sin dicho material.
- Que el material pétreo no esté húmedo porque puede atascarse.
- Medir la carga del camión que surte el esparcidor para que, dividiendo esta carga entre la dosificación requerida y el ancho de la franja que riega el esparcidor, se conozca la longitud que puede cubrirse.
- Regular la abertura del esparcidor y la velocidad del camión que lo empuja, para que el material se riegue uniformemente en la

longitud prefijada.

- Camiones de volteo

El número de camiones de volteo se calcula por el tiempo de llenado del camión, la distancia del almacén al tiro, y el lapso requerido para engancharlo al esparcidor, distribuir el material y desenganchar el camión. Todos los camiones deben contar con un gancho apropiado para unirlos al esparcidor, y deben llenarse con el mismo volumen de material pétreo para que siempre sea igual la longitud que puede cubrirse.

- Compactadores

Estas máquinas se utilizan para compactar los materiales del riego de sello, y que de esta manera se logre el objetivo de la aplicación del mismo.

Se requiere usar rodillos lisos tipo tándem con peso de 4,500 a 7,300 kilogramos, y compactadores de llantas neumáticas con peso de 4,500 a 7,300 kilogramos.

- Rastras

Las rastras deben ser ligeras. Se pueden construir haciendo un marco de madera de 2 metros por 3 metros, y clavando, tanto en el marco como en las diagonales, cepillos de fibra o de raíz.

En circunstancias especiales (falta de equipo adecuado, condiciones climáticas adversas, etc.), para aplicar en superficies que no excedan de 60 metros cuadrados, cuando se trate de rellenar baches, efectuar renivelaciones o cubrir tramos agrietados, el producto asfáltico y el material pétreo pueden aplicarse a mano; sin embargo, en superficies entre 60 y 6,000 metros cuadrados continuos, sólo el material pétreo puede

extenderse a mano.

Aun en trabajos pequeños, es necesario usar material pétreo que cumpla con los requisitos necesarios, tanto en lo que se refiere a la calidad del material como a su proporcionalidad, y debe cuidarse expresamente que no tenga polvo.

Según la magnitud de los trabajos y la organización establecida para efectuarlos, se considera el riego de sello como labor de conservación cuando la superficie tratada no excede de 1,000 metros lineales continuos.

2.1.27 RENIVELACIONES

La renivelación consiste en la reposición de partes de la superficie del pavimento que hayan sufrido deformaciones o desplazamientos.

Para que la reparación garantice que la deformación no se volverá a presentar a corto plazo, es necesario investigar la causa de la falla. Siempre que existan asentamientos y se programe alguna reconstrucción de la superficie del pavimento, se deben efectuar previamente las renivelaciones necesarias para lograr uniformidad en los espesores y en la superficie del pavimento de las nuevas carpetas.

Cuando las deformaciones sean pequeñas (del orden de 1 a 3 centímetros), se pueden corregir empleando el sistema de riegos. En caso de que las deformaciones sean mayores de 3 centímetros, se debe aplicar una mezcla asfáltica considerando que:

- La zona afectada debe limpiarse de cualquier materia extraña, como tierra, hierbas, desechos de animales u otros.
- Se debe definir y marcar el área afectada siguiendo aproximadamente el perímetro que abarque la totalidad de la falla.

- * Una vez definida el área afectada, debe abrirse una caja perimetral de unos 5 centímetros de ancho y de igual espesor, con objeto de evitar espesores pequeños en las orillas de la renivelación, así como que la mezcla se corra fuera de la zona afectada.
- * A excepción de cuando la superficie asfáltica esté constituida por una base impregnada o por una carpeta de un riego, la superficie del pavimento debe picarse en la zona afectada dejando unos 30 centímetros de separación entre cada golpe de zapapico, y seguidamente se barre la zona en reparación.
- * Para renivelar la superficie, se necesita tener en cuenta lo siguiente:
 - El asfalto debe cubrir uniformemente y en su totalidad el área en reparación.
 - Por medio de la debida dosificación, sin aplicar asfalto en exceso en la superficie, se debe lograr la perfecta adhesión de la mezcla asfáltica.
 - Es necesario dar el tiempo suficiente para el fraguado a fin de evitar que la mezcla asfáltica se deslice.
- * Se debe ir variando el tamaño máximo del material pétreo de la mezcla asfáltica según el espesor de la capa en reparación, de tal forma que nunca exceda de 40% de ella. Cuando la profundidad de la deformación exceda de 7 centímetros, se debe llenar con dos o más capas; la capa superficial puede tener hasta 6 centímetros de espesor suelto; las inferiores, 10 centímetros de espesor suelto o menos.
- * Las capas deberán compactarse con rodillo o con aplanadora desde las orillas hacia el centro. El pisón de mano sólo debe usarse en la compactación de renivelaciones poco profundas cuya superficie no

exceda de 4 metros cuadrados. En ningún caso, la zona renivelada debe abrirse al paso de vehículos sin antes proporcionarle la debida compactación.

- La zona renivelada debe sellarse antes de un mes.

2.1.28 TRATAMIENTO SUPERFICIAL

El tratamiento superficial consiste en la aplicación de algún ligante bituminoso sobre la superficie del pavimento, seguida de la colocación y compactación de una capa de material pétreo.

Este tratamiento sirve para impermeabilizar la superficie del pavimento, aumentar su rugosidad y uniformar la superficie del mismo.

Para realizar el tratamiento superficial, se barre la superficie del pavimento, se aplica el riego de emulsión ligante, se extiende el material pétreo y se compacta. A las 24 horas, se barre ligeramente la superficie del pavimento, y al término de 2 o 3 días se realiza un barrido más enérgico.

Realizada la compactación, el tramo se abre al tránsito vehicular, aunque durante los primeros días, la velocidad de los vehículos no debe ser mayor de 40 km/h.

La operación puede repetirse aplicando otra capa de emulsión ligante y material pétreo de menor tamaño; posteriormente se compacta, lo que ya constituye doble tratamiento de la superficie del pavimento.

2.1.29 MOTIVOS DE LAS FALLAS EN LOS PAVIMENTOS

Los motivos de las fallas en los pavimentos son muchos y de diversa índole. Estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

2.1.29.1 TRANSITO VEHICULAR

El tránsito vehicular es la causa cuya influencia en las fallas de los pavimentos todavía no se ha podido definir con seguridad. Los ensayos realizados hasta la fecha han mostrado que la evolución de las deformaciones, del agrietamiento y de otras fallas está asociada con la carga de los ejes de los vehículos, y que los resultados de los ensayos sólo pueden aplicarse a determinados pavimentos, construidos sobre un suelo dado y en condiciones climáticas precisas. Por consiguiente, hay que ser muy prudentes al interpretar los resultados relacionados con el tránsito vehicular y antes de aplicarlo a cualquier pavimento.

2.1.29.2 CONDICIONES CLIMATICAS Y EL AMBIENTE

Las causas que más influyen en el buen estado del pavimento son las relacionadas con la presencia de agua en mayor cantidad que lo normal, y con los ciclos de hielo-deshielo en las zonas frías.

- * Presencia de agua

El agua se infiltra en el pavimento de las siguientes maneras:

- Por su superficie

En este caso, basta proteger los pavimentos superficialmente por medio de riegos de sello.

- Por infiltración lateral

El agua que proviene de los acotamientos se desplaza horizontalmente hacia el pavimento. Este fenómeno, si no el más importante desde el punto de vista de la cantidad de agua, es el más frecuente y peligroso. Puede resolverse en forma adecuada impermeabilizando los acotamientos y

reconstruyendo eficazmente el drenaje.

▣ Por exudación capilar

Cuando el agua proviene del nivel freático, el problema de la evacuación de ésta es complejo y requiere casi siempre de estudios especiales.

▣ Por agua del subsuelo

Cuando el contenido de agua del subsuelo es muy elevado, puede provocar serios trastornos porque llega a modificar en forma importante la capacidad de soporte del suelo o aumentar por fricción el desgaste de ciertos materiales, como las calizas.

• Ciclos de hielo-deshielo

Durante las heladas, el agua que hay dentro de los pavimentos se transforma en cristales de hielo. Por el deshielo, el contenido de agua del suelo es muy elevado; el tráfico pesado provoca asentamientos, y entonces se producen deformaciones y agrietamientos que provocan el envejecimiento prematuro de los pavimentos.

Los pavimentos experimentan choques térmicos ocasionados por la reacción endotérmica de fusión de la nieve o del hielo; se fragilizan por las bajas temperaturas; se mantienen en permanente estado de humedad, y sufren fallas superficiales por el agua retenida en las grietas.

A todo lo anterior se agrega la acción mecánica del tránsito vehicular.

2.1.29.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO

Los motivos de fallas en las capas del pavimento debidas a su diseño son los siguientes:

- Terreno de cimentación

El terreno de cimentación es aquél en el que se construyen los pavimentos. Los motivos de fallas en esta zona son los siguientes:

- Mala calidad del material (suelos orgánicos, suelos expansivos, etc), asociada a variaciones del contenido de agua, que producen cambios volumétricos perjudiciales.
- Baja capacidad de carga o falta de compactación del suelo.

▪ Terracerías

Las terracerías son las bases de las capas de los pavimentos. Los motivos de fallas en esta zona son los siguientes:

- Cortes
 - Inestabilidad de los materiales de los taludes, que produce deslizamientos o derrumbes sobre el pavimento (por mala calidad del material, cambios volumétricos perjudiciales debidos a las variaciones de humedad, materiales erosionables, presencia de estratos de suelos o mantos de roca con inclinación desfavorable, taludes mal afinados o poco inclinados para las condiciones del material, etc.).
 - Espesor insuficiente de la capa subrasante, mala calidad de ésta y baja compactación.

▫ Terraplenes

- Mala calidad de los materiales del cuerpo del terraplén y de la capa subrasante.
- Colocación inadecuada de los materiales o falta de compactación de los mismos.
- Materiales erosionables en los taludes que carecen de la

adecuada protección.

- Exceso de agua en los materiales y cambios volumétricos perjudiciales debidos a las variaciones de humedad.

* Obras de drenaje

Los motivos de fallas en estas obras son los siguientes:

- ▣ Insuficiencia de alcantarillas y de puentes en cuanto a su capacidad o número.
- ▣ Ubicación inadecuada.
- ▣ Uso de materiales de mala calidad o inadecuados en la construcción del drenaje.
- ▣ Falta de recubrimiento de cunetas y contracunetas, o carencia de las mismas.
- ▣ Falta de limpieza del drenaje para remover azolves u otras obstrucciones, y restablecer canalizaciones.
- ▣ Falta de subdrenes donde se requieren, o mal funcionamiento de los existentes.

* Sub-base

Los motivos de fallas en esta capa son los siguientes:

- ▣ Mala calidad del material utilizado en su construcción.
- ▣ Mala compactación de los materiales empleados.
- ▣ Falta de espesor.
- ▣ Contaminación de su material con el de las terracerías.

* Base

Los motivos de fallas en esta capa son los siguientes:

- ▣ Mala calidad del material utilizado en su construcción.
- ▣ Mala compactación de los materiales empleados.

- ▣ Falta de espesor.
- ▣ Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto de impregnación.
- ▣ Falta de limpieza de la superficie de esta capa en el momento de impregnar.
- ▣ Defectos debidos a que, después de impregnada, esta capa fue expuesta excesivamente al tránsito vehicular y a los efectos climáticos antes de haber sido protegida con la carpeta.

* Riego de impregnación

Los motivos de fallas son los siguientes:

- ▣ Asfalto inadecuado o de mala calidad.
- ▣ Exceso o escasez de asfalto.
- ▣ Asfalto frío (viscosidad alta que impide su penetración).
- ▣ Defectos durante la aplicación del asfalto atribuibles a la petrolizadora o al operador de la misma.
- ▣ Circulación prematura de vehículos sobre el riego de asfalto.

* Riego de liga

Los motivos de fallas son los siguientes:

- ▣ Asfalto inadecuado o de mala calidad.
- ▣ Exceso o escasez de asfalto.
- ▣ Asfalto frío (viscosidad alta), o que ha perdido su aglutinación al momento de tender la carpeta o de poner los materiales pétreos.
- ▣ Defectos durante la aplicación del asfalto atribuibles a la petrolizadora o al operador de la misma.

* Carpeta de riegos

Los motivos de fallas son los siguientes:

- ▣ Mala calidad de los materiales pétreos empleados o mala proporcionalidad de éstos en la mezcla.
- ▣ Escasez de materiales pétreos.
- ▣ Materiales pétreos demasiado húmedos en el momento de aplicarlos.
- ▣ Circulación de vehículos sobre el riego de asfalto antes de cubrirlo con los materiales pétreos.
- ▣ Falta de afinidad de los materiales pétreos con el asfalto.
- ▣ Circulación prematura de vehículos sobre el material pétreo aplicado, principalmente cuando éstos no circulan a baja velocidad.
- ▣ Falta de rastrillado, de planchado o de barrido de los materiales pétreos; traslapes incorrectos de los riegos; distribución desigual de los materiales, etc.

* Carpeta de mezcla asfáltica

Los motivos de fallas son los siguientes:

- ▣ Mala calidad de los materiales pétreos empleados o mala proporcionalidad de éstos en la mezcla.
- ▣ Falta de afinidad de los materiales pétreos con el asfalto.
- ▣ Materiales pétreos demasiado húmedos en el momento de aplicarlos.
- ▣ Asfalto inadecuado en la mezcla o mala calidad de éste.
- ▣ Exceso o escasez de asfalto en la mezcla.
- ▣ Contenido elevado de agua y de solventes en la mezcla en el momento de ser tendida.

- ▣ Falta de uniformidad en la mezcla.
- ▣ Baja temperatura del asfalto al aplicarlo al material pétreo.
- ▣ Baja compactación de la mezcla.
- ▣ Baja resistencia de la mezcla.
- ▣ Defectos durante el tendido y en los acabados.
- ▣ Mezcla asfáltica muy permeable por falta de protección con algún tratamiento de sellado.
- ▣ Rigidez relativamente alta de la carpeta.

* Riego de sello

Los motivos de fallas son los siguientes:

- ▣ Mala calidad de los materiales pétreos empleados o mala proporcionalidad de éstos en la mezcla.
- ▣ Materiales pétreos demasiado húmedos en el momento de aplicarlos.
- ▣ Distribución desigual del material pétreo; falta de rastrillado, de planchado o de barrido de los materiales pétreos; traslapes incorrectos de los riegos, etc.
- ▣ Circulación prematura de vehículos sobre el material pétreo aplicado, principalmente cuando éstos no circulan a baja velocidad.
- ▣ Falta de afinidad de los materiales pétreos con el asfalto.
- ▣ Exceso o escasez de asfalto en la mezcla.
- ▣ Asfalto inadecuado en la mezcla o mala calidad de este producto.
- ▣ Asfalto muy frío o que ha perdido su poder de aglutinación en el momento de poner los materiales pétreos.

- ▣ Defectos durante la aplicación del asfalto atribuibles a la petrolizadora o al operador de la misma.
- ▣ Circulación de vehículos sobre el riego de asfalto antes de cubrirlo con el material pétreo.

2.1.29.4 CALIDAD DE LOS MATERIALES PÉTREOS Y SU COLOCACION

La calidad de los materiales pétreos y su colocación son sumamente importantes. Al analizar las causas de las fallas, se observa que dos terceras partes de las mismas provienen de:

- * **Materiales pétreos inadecuados**

El empleo de materiales pétreos inadecuados se debe a las siguientes causas:

- ▣ Mala proporcionalidad de los materiales pétreos en la mezcla.
- ▣ Exceso de elementos redondeados.
- ▣ Insuficiente dureza de los materiales pétreos.
- ▣ Materiales pétreos sucios.

- * **Elaboración deficiente de las mezclas**

La elaboración deficiente de las mezclas es ocasionada por:

- ▣ Cantidad incorrecta de asfalto o de materiales pétreos finos.
- ▣ Insuficiente mezcla.

- * **Colocación insatisfactoria**

Esta deficiencia se debe a:

- ▣ Insuficiente temperatura del material al colocarlo.
- ▣ Segregación durante la colocación.
- ▣ Incorrecta compactación.

2.1.30 REPARACION DE TRAMOS CORTOS FALLADOS

Los tramos cortos fallados son aquéllos cuya longitud no sobrepasa de 10 metros, y en los cuales existen fallas que trascienden a la capa de subrasante y a las terracerías.

Estas fallas se presentan por lo general en todas las carreteras cuya edad es de dos años o más, y cuando las cargas de operación sobrepasan a las consideradas en el proyecto original de construcción de la carretera.

Para su corrección, deben removerse las capas del pavimento hasta llegar a aquélla en la que se localiza la falla, y proceder a la reconstrucción cuidando de utilizar los materiales adecuados para cada capa.

2.2 ACOTAMIENTOS

Se denomina acotamiento a la zona situada entre la orilla de la carpeta y la orilla de la sección del pavimento. El acotamiento también suele denominarse banqueteta.

La anchura de los acotamientos se refleja en la seguridad que la carretera proporciona a los usuarios porque, si la anchura de estas zonas es suficiente para estacionar vehículos, los acotamientos sirven de zona de desaceleración, estacionamiento y reparación en casos de accidentes o averías. En consecuencia, resulta muy importante mantener las dimensiones de los acotamientos señaladas en el proyecto original de construcción.

La superficie de los acotamientos debe ser plana porque las prominencias y depresiones imposibilitan el adecuado drenaje de la superficie del pavimento y del mismo acotamiento.

Respecto del drenaje, es necesario señalar que, si la superficie del acotamiento es más alta que la de la superficie del pavimento, cuando la pendiente de las carreteras es leve se producen infiltraciones inconvenientes hacia las capas inferiores del pavimento; tratándose de pendientes considerables, a lo largo de la línea de unión de la carpeta y el acotamiento, se forman corrientes de agua que provocan la destrucción de la superficie del pavimento que, partiendo de sus orillas, se extiende hacia el centro.

Para regular adecuadamente el drenaje y evitar deslaves, los acotamientos se suelen cubrir con pastos de escasa altura.

Estos pastos simultáneamente posibilitan el necesario drenaje e impiden los deslaves. No obstante, la siembra de pastos en los acotamientos tiene

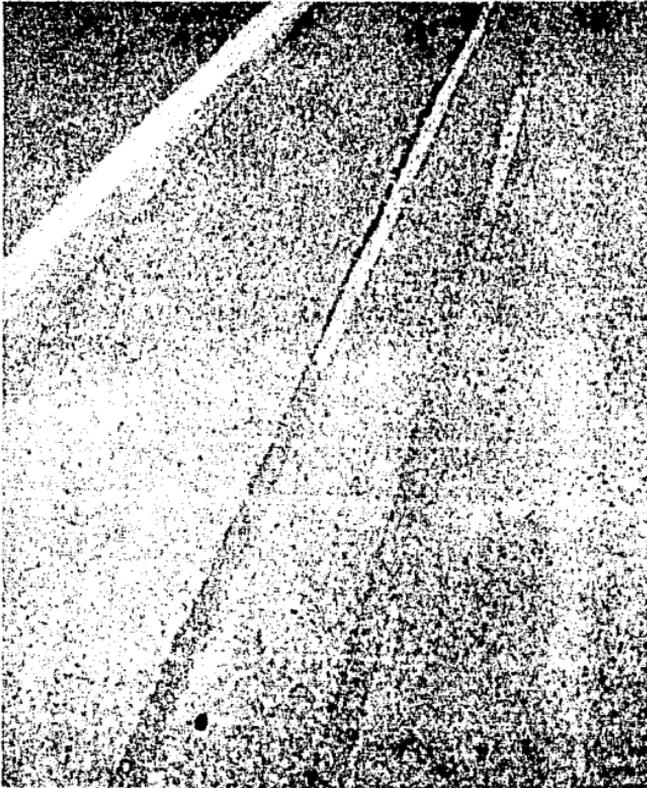


Fig. 13. Rayado longitudinal en el acotamiento

limitaciones: resulta inconveniente cuando las carreteras son estrechas y soportan las cargas de vehículos pesados; el pasto también resulta inadecuado en los tramos de carretera próximos a poblados. En ambas circunstancias, conviene utilizar materiales estables de banco (piedra triturada, mezclas arcillo-arenosas, escorias de origen volcánico o mineral, y otros). Estas alternativas de protección de acotamientos resultan insuficientes cuando los materiales mencionados no resisten ni los deslaves ocasionados por pendientes considerables, ni las cargas originadas por la circulación vehicular muy densa. En estos casos, debe recurrirse a los riegos de asfalto y, en ocasiones especiales, al revestimiento asfáltico de los acotamientos.

Para que los trabajos de conservación de los acotamientos resulten oportunos y económicos, deben realizarse antes de la temporada de lluvias.

Al efectuar estos trabajos, es necesario tener en cuenta lo que a continuación se señala:

- La carpeta y el acotamiento pueden estar en la misma superficie o en superficies paralelas cuyo desnivel no exceda de 5 centímetros. En el segundo de los casos, la superficie de la carpeta siempre debe ser la de nivel superior.
- Los acotamientos deben construirse con los mismos materiales con los que se construyen las bases, y deben protegerse con riego de impregnación. Los acotamientos se cubren con carpetas de un riego o, en caso de que el volumen de la circulación vehicular lo justifique, con carpetas de mezcla asfáltica. En ambos casos, la textura de la superficie de los acotamientos debe ser más tosca que la de la

carpeta.

- Cuando se efectúen reconstrucciones, especialmente si se trata de sobrecarpetas o de bases asfálticas, las reparaciones deben extenderse a todo lo ancho del pavimento, o se llevarán a cabo los trabajos adicionales necesarios para evitar que el acotamiento y la carpeta queden desnivelados; en caso contrario, se tendrá en cuenta que dicho desnivel no debe exceder de 5 centímetros.
- Los procedimientos para el relleno de grietas, las renivelaciones, el bacheo y la selladura aplicados para la reparación de la superficie de los pavimentos son íntegramente aplicables para la reparación de la superficie de los acotamientos.

2.2.1 LIMPIEZA

La limpieza de los acotamientos se realiza para eliminar la basura, cuya índole es muy diversa, aunque con mucha frecuencia se trata de piedras, tierra, hierbas, hojas y ramas de árboles, animales muertos, latas, papeles y otros desperdicios.

La basura acumulada en los acotamientos constituye latente peligro para los usuarios: en tiempo de aguas obstaculiza el adecuado drenaje y afea las carreteras. Además, la basura de los acotamientos entorpece los trabajos de reconstrucción de carreteras porque estorba y contamina los materiales que se emplean en dichas obras.

La limpieza de los acotamientos se realiza manual o mecánicamente, y debe llevarse a cabo en forma periódica por lo menos una vez a la semana.



Fig. 14. Acotamiento agrietado

2.2.2 REPOSICION

Las causas por las que se deterioran y destruyen los acotamientos son varias; por ejemplo, los deslaves, y la limpieza y reconstrucción de drenes.

Cuando el acotamiento de las carreteras queda dañado, debe reponerse para que siga desempeñando las funciones para las que fue creado. Si los tramos de acotamiento que deben reponerse no exceden de 100 metros continuos de longitud, esta reparación se considera trabajo de conservación normal; en caso de que dicha longitud sea mayor, la reparación debe considerarse trabajo de reconstrucción.

En los casos en que se produzcan deslaves, debe avisarse a los usuarios de la carretera por medio de señales, medida que debe mantenerse todo el tiempo que duren los trabajos de reparación del tramo afectado. Esta medida de precaución, cuya aplicación resulta imprescindible, proporciona la seguridad que la carretera debe ofrecer a los usuarios de la misma.

2.2.3 RECARGO

El recargo es la labor consistente en agregar material en los lugares donde el acotamiento ha perdido el espesor original.

Este adelgazamiento ocurre con frecuencia en acotamientos carentes de revestimiento asfáltico, y se debe, entre otras causas, a la acción de la circulación vehicular y a la erosión.

Para el recargo de los acotamientos, deben utilizarse los mismos materiales que se emplean para construir las bases de las carreteras. Es conveniente señalar que, entre los materiales utilizables, se encuentran los que provienen de derrumbes cuando estos materiales son de calidad

adecuada, y si se les aplica la compactación requerida.

2.2.4 REVESTIMIENTO ASFALTICO

El revestimiento asfáltico de los acotamientos es muy recomendable porque, además de ofrecer mejor servicio al usuario de la carretera, proporciona mayor estabilidad a los acotamientos, y consecuentemente, éstos duran más y requieren de menos atención. El revestimiento de los acotamientos en el interior de las curvas cerradas resulta también muy conveniente porque, en estas zonas, los conductores de vehículos utilizan el acotamiento para tomar las curvas con mayor facilidad.

2.2.5 BACHEO

En relación con los acotamientos, el bacheo consiste en rellenar hoyos aislados cuya profundidad no sobrepase el espesor de la capa superficial del acotamiento.

Cuando la profundidad de los baches sobrepasa el espesor de la capa superficial del acotamiento, la reparación no se considera bacheo, sino refuerzo del mismo.

2.2.6 RIEGO ASFALTICO DE PROTECCION

Como ya se ha indicado anteriormente, los acotamientos deben construirse con los mismos materiales con los que se construyen las bases, y para protegerlos, conviene cubrirlos con carpetas asfálticas de un riego. Cuando esta protección no sea aplicable, o tratándose de carreteras de escasa circulación vehicular, los acotamientos deben protegerse con riegos asfálticos, cuyas particularidades deben ser similares a las de los riegos de

impregnación.

Los tramos de la carretera en los que se hayan aplicado riegos asfálticos de protección a los acotamientos deben quedar cerrados a la circulación vehicular hasta que se haya logrado la necesaria penetración y el adecuado fraguado del asfalto. Logrado el fraguado del producto asfáltico, la superficie se cubre de arena.

2.2.7 PERFILADO DE LA CARPETA

Cuando se llevan a cabo labores de conservación en acotamientos y taludes, la línea de unión entre el plano de la carpeta y el del acotamiento suele ser irregular en lugar de recta. Esta circunstancia representa inconvenientes porque, en ocasiones, reduce el ancho de la carpeta. En consecuencia, entre las labores de conservación de acotamientos debe considerarse el perfilado del extremo de la carpeta.

Al realizar el perfilado, debe mantenerse la anchura de la carpeta según el proyecto original de la carretera.

2.2.8 REMOCION DE DERRUMBES

El desprendimiento de materiales de las laderas naturales o del talud de los cortes hacia la superficie del pavimento se llama derrumbe.

Los derrumbes ocasionan situaciones de diversos grados de peligro. Es necesario señalar que toda situación de emergencia debe tener prioridad sobre los trabajos normales de conservación de carreteras.

Cuando los derrumbes ocasionan situaciones de emergencia porque ponen en peligro la integridad física de los usuarios y de sus propiedades, o porque interrumpen la circulación vehicular, los trabajos de remoción de

derrumbes deben orientarse prioritariamente hacia la reanudación, en forma segura, de la circulación vehicular en el menor tiempo posible.

Al producirse los derrumbes, deben tomarse las siguientes medidas:

- Colocar las señales preventivas y restrictivas necesarias; mientras estas señales no estén debidamente colocadas, deben ponerse bandereros para regular la circulación de vehículos y evitar accidentes.
- Inspeccionar la zona del derrumbe para comprobar el alcance y la importancia de los daños.
- Concentrar al personal y los equipos necesarios para la remoción del material desprendido. En el caso de que se carezca de estos elementos, calcular los necesarios.
- Informar a la autoridad correspondiente acerca del derrumbe, indicando la carretera y la localización exacta (tramo, kilómetro, etc.) del lugar donde se ha producido el derrumbe, la importancia del mismo, la ayuda necesaria (personas, equipos, etc.), si la circulación vehicular está interrumpida y, en caso afirmativo, el tiempo en que se considera que la circulación puede quedar restablecida.

Para la transmisión de este informe, debe utilizarse el medio más accesible y confiable de los que se dispongan.

Cuando la circulación vehicular queda interrumpida por el derrumbe, los trabajos de remoción se concentran primeramente en la zona de la carpeta en que haya menos material; de este modo, se trata de restablecer la circulación vehicular en un solo carril y en el lapso más corto posible.

En los casos en que la circulación no puede ser restablecida rápidamente debido a la magnitud del derrumbe o a la amenaza de que

ocurran otros nuevos, debe improvisarse una desviación, cuya construcción gozará de prioridad respecto de las labores de remoción del material desprendido.

Restablecido el tránsito vehicular en forma segura y expedita, se procede a la remoción del material desprendido, teniendo en cuenta lo siguiente:

- * Debe usarse la maquinaria necesaria según los casos (cargador frontal, camiones, etc.) tomando todas las precauciones para que no se produzcan molestias a los usuarios y, sobre todo, accidentes con los vehículos que circulan en la zona del derrumbe.
- * Si entre el material del derrumbe hay piedras que para su remoción requieren monearse, antes de la explosión deben extremarse las precauciones. Entre las medidas necesarias cabe mencionar la suspensión, con la debida anticipación, de la circulación vehicular, y el evitar que en 150 metros en redondo se encuentren personas o vehículos.
- * Si el material procedente del derrumbe es de calidad adecuada, puede utilizarse para recargar terraplenes. Para ello, se extiende de modo que no desestabilice el talud; también puede ser depositado en la zona del derecho de vía, aunque cuidando de que no lo afecten las aguas de cunetas y canales.
- * Concluida la remoción de todo el material, se determinan los daños que el derrumbe produjo en la superficie del pavimento, en el acotamiento, en los zampeados, en la señalización, etc., y se procede a la inmediata reparación de estas partes de la carretera.

2.3 DRENAJE

En cualquier labor de conservación relacionada con el drenaje, la base para que éste funcione eficientemente consiste en establecer un sistema de inspección que permita la adecuada programación de los trabajos. Estas inspecciones y la programación correspondiente deben sujetarse a los siguientes procedimientos generales:

- Durante el año, deben efectuarse por lo menos dos inspecciones de todo el sistema de drenaje, de manera que una de ellas se lleve a cabo con la anticipación suficiente para programar las labores de limpieza y las reparaciones urgentes, y terminadas antes de la temporada de lluvias. Al término de dicha temporada, debe efectuarse otra inspección general con objeto de apreciar los desperfectos que las obras hayan sufrido, y programar la reparación de éstas durante la temporada de sequía.
- Independientemente de las anteriores inspecciones, deben efectuarse otras durante las lluvias, fuertes y después de ellas, ya que ésta es la única manera efectiva de juzgar si las obras y su funcionamiento son adecuados.
- Durante la temporada de lluvias debe dársele atención preferente a las labores de limpieza, y efectuarlas con la periodicidad necesarias.
- Las labores de conservación en las obras de drenaje no deben limitarse a mantener en buenas condiciones las existentes; además, debe revisarse constantemente su funcionamiento para corregir, mediante obras adicionales, los defectos u omisiones de proyecto o de construcción que la experiencia en conservación de carreteras indique como necesarias.

2.3.1 LIMPIEZA DE CUNETAS

Las cunetas son zanjas construidas a los lados de la superficie del pavimento, y están destinadas a recoger y encauzar hacia afuera del corte el agua que escurre de la superficie del pavimento y por los taludes de los cortes.

En ningún caso debe permitirse que el azolve de las cunetas ocupe más de un tercio de la profundidad de éstas.

La limpieza de cunetas consiste en retirar todo tipo de materiales, como tierra, piedras, hierbas, troncos, hojas, arbustos, basura y otros, porque reducen la sección de las cunetas e impiden el escurrimiento libre del agua. No deben emplearse medios químicos de limpieza de malezas y hierbas debido a la contaminación que ocasionan estos productos.

La limpieza de las cunetas se lleva a cabo por los siguientes procedimientos:

- * Se remueve perfectamente toda la materia extraña.
- * Los materiales removidos deben depositarse en la zona del derecho de vía, donde no puedan ser arrastrados por las aguas hacia la carpeta de la carretera, las cunetas o las alcantarillas. Si estos materiales tienen la calidad adecuada, pueden usarse para recargar taludes de terraplén, debidamente colocados para que no afecten la estabilidad de los mismos. No deben usarse para recargar acotamientos, ni depositarse en los taludes del corte o arriba de los mismos.
- * Si la cuneta está zampeada, al limpiarla debe cuidarse de no deteriorar el zampeado, y éste debe revisarse cuidadosamente a

efecto de corregir cualquier desperfecto que permita la filtración de agua.

- * Si la cuneta no está zampeada, deben extremarse los cuidados para que, al término de la limpieza, la sección transversal y la pendiente longitudinal de la cuneta permitan el libre escurrimiento del agua.

Al realizar los trabajos de conservación de cunetas, se debe tener cuidado de no recortar la base del talud, pues pueden provocarse derrumbes que, aunque sean pequeños, inutilizan el trabajo de limpieza.

2.3.2 LIMPIEZA DE CONTRACUNETAS

Las contracunetas son canales que se construyen en las laderas aguas arriba de las carreteras, y tienen por objeto impedir que el agua que escurre llegue a la carretera.

En ningún caso debe permitirse que las contracunetas tengan azolve o cualquier otro obstáculo que ocupe más de un tercio de su profundidad.

La limpieza de contracunetas consiste en la remoción de materiales, como tierra, piedras, hierbas, troncos u otros porque reducen la sección de las contracunetas e impiden el escurrimiento libre del agua.

La limpieza de las contracunetas se lleva a cabo por los siguientes procedimientos:

- * Debe removerse el azolve y depositarse formando un bordo de sección uniforme, paralelo a la contracuneta y del lado de aguas abajo de la ladera.
- * Se debe cuidar de que no haya obstáculos grandes, como piedras, troncos u otros que impidan el libre escurrimiento del agua. En caso de haberlos, deben removerse lo antes posible.

- * Debido a las pendientes acentuadas, es frecuente que el escurrimiento de agua provoque erosiones. En estos casos, se deben construir escalones zampeados, y si esto no fuera suficiente, habrá que zampear o recubrir con concreto hidráulico o mezcla asfáltica todas las zonas afectadas.
- * Cualquier hueco (socavación, grieta, etc.) en el piso o en las paredes de las contracunetas que permita filtraciones de agua es en extremo peligroso y puede afectar la estabilidad del talud del corte. En caso de haberlos, deben corregirse inmediatamente por el procedimiento que se considere más adecuado, el cual puede consistir en rellenarlos con concreto hidráulico, mezcla asfáltica o mampostería, y recubrir o zampear la zona adyacente.

2.3.3 REPOSICION DE CUNETAS

La reposición de cunetas consiste en reconstruir los tramos de cuneta que con el tiempo han ido perdiendo su pendiente y su sección.

La pendiente de la cuneta se da teniendo en cuenta la de la carretera, o considerando el gasto de agua que debe drenarse y la sección de la cuneta, pero teniendo como límite la velocidad del agua que puede resistir el terreno sin erosionarse. La sección de las cunetas depende de la cantidad de agua que escurre y del ancho de la carretera. Cuando las cunetas no están revestidas, el arrastre originado por el agua hace que pierdan su sección original, por lo que en estos casos, la labor de conservación no debe limitarse a la eliminación del material extraño, sino que debe incluir la reconstrucción de la sección hasta obtener la de proyecto, y cuidar al mismo tiempo de que tenga la pendiente adecuada.

Para evitar la erosión excesiva, es conveniente construir escalones para disminuir la velocidad del agua.

2.3.4 CONSTRUCCION DE CONTRACUNETAS

Cuando los cortes no tienen contracunetas y se proyecta construir las, es muy importante efectuar sondeos y estudios previos porque en muchos casos, si el terreno tiene grietas, fisuras o estratificación inadecuada, construir contracunetas originará filtraciones de agua que pueden provocar la inestabilidad del talud. En tales casos, según los resultados de los sondeos y estudios, se deberá definir la solución que más convenga para estos casos.

2.3.5 REVESTIMIENTO DE CUNETAS

Las cunetas revestidas, además de funcionar mejor, requieren de menos atención, pues únicamente es necesario desazolverlas para conservar la sección transversal y la pendiente longitudinal de proyecto. Por lo mismo, es conveniente que todas las cunetas estén revestidas.

2.3.6 REVESTIMIENTO DE CONTRACUNETAS

Las contracunetas se recubren para protegerlas contra la erosión y para evitar que se produzca una zanja que perjudicaría al terreno que queda debajo de ellas, y que en algunas ocasiones puede provocar cortes en el talud.

Las contracunetas excavadas en material permeable propician la saturación del terreno en el que se encuentran, y así reducen la seguridad del corte respectivo y aumentan la posibilidad de que se presenten fallas.

Por todo lo anterior, siempre es conveniente revestir las contracunetas con la finalidad de impermeabilizarlas, excepto de los casos en que estén construidas sobre material impermeable. El revestimiento permite que el agua circule a mayor velocidad, y reduce significativamente los necesarios trabajos de limpieza.

2.3.7 CONSTRUCCION DE GUARNICIONES

Las guarniciones, casi siempre construidas de concreto hidráulico, son elementos parcialmente enterrados que se emplean para limitar las banquetas, los camellones, y las isletas, y para delinear la orilla del pavimento. Las guarniciones también tienen la función de encauzar el agua hacia los lavaderos por los cuales ésta escurre sin provocar daños al talud.

La construcción de guarniciones se justifica cuando existen terraplenes altos o construidos con material fácilmente erosionable. Las guarniciones también se deben construir cuando existen tramos de terraplén con deslaves que afectan la superficie del pavimento.

El tipo y la ubicación de las guarniciones influyen en las acciones de los conductores de vehículos y, por lo tanto, en la seguridad y utilidad de las carreteras.

2.3.8 CONSTRUCCION DE LAVADEROS

Los lavaderos son canales que llevan fuera del pie del talud, donde no puede causar erosiones en los terraplenes, el agua que cae de la superficie del pavimento. Los lavaderos son complementos de las guarniciones; por lo tanto, siempre que se programe construir guarniciones, es necesario hacer lo mismo respecto de los lavaderos, y la construcción se debe

realizar simultáneamente.

Los lavaderos recogen el agua de la contracuneta; cuando las lluvias son muy abundantes y se forman cascadas, el lavadero se substituye por un tubo descendente, desde la contracuneta hasta la entrada de la alcantarilla. Los lavaderos constan generalmente de dos dentellones longitudinales en los extremos, y de un área paralela al talud del terraplén que puede ser de concreto hidráulico o de mampostería. En el centro de los columpios y de la parte interior de las curvas con sobreelevación, resulta muy conveniente construir lavaderos canalizados o zampeados de media caña.

2.3.9 REPARACION DE LAVADEROS

Se debe cuidar de que la sección transversal del lavadero se mantenga constante, y de que en el revestimiento no haya cambios que puedan afectar su funcionamiento. Es importante cuidar de que la zona de descarga del lavadero siempre esté en buenas condiciones para que el agua sea rápidamente encauzada fuera de la base del terraplén. La filtración de agua debajo del lavadero sobre el talud del terraplén frecuentemente ocasiona daños que provocan erosión y arrastre de sueltos, y una parte o la totalidad del lavadero queda sin apoyo.

2.3.10 CONSTRUCCION DE CANALES

Los canales protegen la orilla de los pavimentos porque impiden que el agua llegue a la superficie del mismo y lo dañe. Su función es similar a la de las cunetas, aunque, a diferencia de éstas, se localizan a los lados de los cortes para recoger el agua que escurre por la superficie de éstos;

además, los canales se colocan lo suficientemente lejos de la carpeta para que no exista saturación de agua.

En consecuencia, la función de los canales es importante, y siempre hay que considerar la conveniencia de construirlos.

Las dimensiones, pendiente y longitud de los canales se determinan según el área que debe drenarse.

2.3.11 LIMPIEZA Y REPARACION DE CANALES

La limpieza de canales consiste en retirar los materiales que pueden obstruir el escurrimiento del agua. Esta operación se lleva a cabo barriendo enérgicamente, por medios manuales o mecánicos, y llevando al vertedero todos los materiales recogidos. Esta limpieza también suele realizarse mediante chorros de agua a presión.

La reparación de canales consiste en localizar y suprimir sus partes dañadas, y muy especialmente, cuidar de que la pendiente longitudinal de los canales sea mayor de 0.5%.

La limpieza y reparación de canales se efectúan al mismo tiempo, regularmente y en forma extraordinaria después de las lluvias muy copiosas.

2.3.12 CONSTRUCCION DE BORDOS

En las carreteras que atraviesan zonas bajas, es necesario construir bordos para encauzar el agua y no tener la necesidad de construir gran número de alcantarillas de escaso gasto, o también por ser la lámina de agua muy extensa, poco profunda y carecer de cauces bien definidos.

El encauzamiento se lleva a cabo por medio de bordos de tierra,

zampeados o sin zampear, según el gasto de agua.

2.3.13 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS

Las alcantarillas son galerías o canales subterráneos que se construyen en las carreteras para recibir las aguas llovedizas y conducir las por debajo del pavimento, de forma que el paso de vehículos no se interrumpa.

Las alcantarillas cuya superficie es mayor de 6 metros cuadrados tienen colchón; las menores de 6 metros cuadrados suelen tener colchón o no tenerlo.

Existen otras obras especiales, como los acueductos y los sifones, cuya conservación requiere de métodos similares a los de las alcantarillas.

La limpieza de las alcantarillas debe efectuarse por lo menos dos veces al año: una, antes de la temporada de lluvias; otra, durante ésta, según los resultados de las inspecciones. Esta limpieza tiene por objeto evitar que el azolve u otros obstáculos obstruyan más de 20% del área de la sección transversal, o que en altura sobrepasen la tercera parte del claro vertical de la alcantarilla.

La limpieza de las alcantarillas se debe realizar mediante los siguientes procedimientos:

- * Debe removerse toda la materia extraña, como tierra, hierbas, piedras o cualquier otra que haya no sólo en los extremos, sino a todo lo largo de la alcantarilla
- * El material extraído debe depositarse en la zona del derecho de vía, donde no pueda ser arrastrado nuevamente hacia la alcantarilla, la carpeta, las cunetas o las contracunetas; no debe ser depositado a la salida de la alcantarilla, salvo en caso de que la pendiente asegure su



Fig. 15. Drenaje en mal estado

arrastre por el agua hacia algún lugar donde no perjudique a la carretera, cuidando siempre de colocarlo y extenderlo en forma tal, que no sea obstáculo al libre escurrimiento del agua.

- * No se debe permitir el crecimiento de hierbas y de arbustos en la entrada y en la salida de las alcantarillas; en caso de haberlos, deben ser arrancados de raíz.
- * Cuando las alcantarillas se azolvan con frecuencia, se debe investigar la causa porque podría ser necesario modificarlas o construir otras mejor diseñadas.

2.3.14 REPARACION DE ALCANTARILLAS

La reparación de las alcantarillas se lleva a cabo de la siguientes manera:

- * Muros de cabeza y aleros

Se debe vigilar con especial cuidado la zona de cimentación, y corregir cualquier signo de erosión que pueda llegar a provocar socavaciones. La erosión se corrige mediante el recubrimiento o zampeado de la zona afectada. En caso de socavaciones, es indispensable reellenarlas previamente con mampostería o con concreto, y recubrir o zampear posteriormente la zona expuesta a la erosión. También es frecuente que el agua erosione las juntas de las mamposterías, especialmente en el caso de las aguas salinas. En estos casos, al reconstruirlas se debe usar mortero con alto contenido de cemento, y en caso necesario, cemento puzolánico.

En caso de destrucción de muros de cabeza y de aleros, es necesario reconstruirlos. Los muros de cabeza y los aleros de concreto hidráulico no se deben reparar con mampostería.

- **Tubos de lámina corrugada**

Las juntas de las secciones de los tubos de lámina corrugada deben calafatearse periódicamente con mastique asfáltico para evitar filtraciones. Esta operación es importante en las tuberías que conduzcan aguas continuamente. Si se encuentran secciones deformadas por abolladuras o corrosiones de metal, y cuando por su magnitud se requiera, es necesario programar y efectuar cuanto antes la sustitución de tales secciones.

- **Tubos de concreto**

Para evitar filtraciones, las juntas entre las secciones de los tubos de concreto se deben calafatear periódicamente con mastique asfáltico. Para impedir las corrosiones del acero de refuerzo y las filtraciones de agua, se tienen que corregir las grietas que se presenten; las menores de 5 milímetros de ancho se corrigen rellenándolas con mastique asfáltico; si son de ancho mayor, se deben corregir con mortero de cemento, cuidando de que la superficie quede lisa y uniforme. Si por la magnitud de la falla llega a requerirse, será necesario substituir los tramos afectados.

- **Losa y bóveda**

En las alcantarillas de losa y bóveda, las plantillas generalmente están constituidas por recubrimientos de concreto o por zampeados, que deben inspeccionarse cuidadosamente para corregir las grietas o huecos que en ellos se encuentren. Frecuentemente, es necesario colocar en el piso de la alcantarilla una nueva capa, ya sea de concreto o de zampeado, y en este caso se debe dar la pendiente adecuada. Es necesario corregir inmediatamente cualquier

desperfecto o destrucción, parcial o total, de las guarniciones de la losa, puesto que éstas sirven de contención al colchón, le proporcionan estabilidad, y evitan obstrucciones por la caída de material en la entrada y en la salida de la alcantarilla. En caso de existir drenes en la en la losa o en la bóveda de la alcantarilla, se deben revisar y limpiar periódicamente para lograr su buen funcionamiento.

2.3.15 LIMPIEZA DE CANALES DE ENTRADA Y DE SALIDA

La limpieza de los canales de entrada y de salida consiste en la remoción de azolve o de cualquier otro material que obstruya la sección de los cauces, naturales o artificiales, que conducen el agua hacia el drenaje.

La vigilancia oportuna del funcionamiento de los canales de entrada y de salida descubre las modificaciones o ampliaciones necesarias en la sección o en el trazo para que funcionen correctamente. La limpieza de los canales de entrada reduce las labores que tuvieron que realizarse en las alcantarillas, con la gran ventaja de que, en este caso, se trabaja a cielo abierto.

La limpieza de canales de entrada y de salida se lleva a cabo como sigue:

- * Se debe remover toda la materia extraña (tierra, piedras, hierbas, etc.) que se encuentre en el canal.
- * El material removido se debe depositar de preferencia en la zona del derecho de vía, donde no pueda ser arrastrado nuevamente por las aguas hacia la carpeta, las cunetas, las contracunetas o las alcantarillas de las carreteras.

- Se debe cuidar de que, al término de la limpieza, la sección transversal y la pendiente del canal permitan el libre escurrimiento del agua.
- Es conveniente construir desarenadores en los canales de entrada, especialmente en los de acueductos y de sifones. Los desarenadores deben atenderse adecuadamente para mantenerlos siempre limpios y lograr que trabajen en forma regular y eficiente.
- Como generalmente los canales de entrada y de salida se prolongan más allá de la zona del derecho de vía, se debe trabajar de acuerdo con los propietarios de los terrenos adyacentes a fin de lograr que los canales se mantengan limpios, y para evitar construcciones o que en los canales se realicen modificaciones que puedan provocar desperfectos en la carretera. En caso de que así convenga, el personal de conservación efectuará estos trabajos siempre y cuando el propietario del terreno otorgue las facilidades necesarias.
- En caso de que los propietarios de terrenos adyacentes a la zona del derecho de vía necesiten construir bordos de protección o para encauzar aguas, y que éstas crucen el pavimento, el importe de los daños que estas aguas ocasionen a la carretera será cubierto por los dueños de los terrenos mencionados. Sin embargo, el personal encargado de la carretera debe vigilar y coordinar las obras aledañas, a fin de evitar que esos perjuicios lleguen a ocurrir, o en el caso de que hayan ocurrido, efectuar las modificaciones necesarias para evitar que se produzcan nuevamente.

2.3.16 CONSTRUCCION DE ZAMPEADOS

Los zampeados son recubrimientos de superficies con mampostería, cemento o concreto.

Los zampeados se construyen para proteger de la erosión algunas partes vulnerables de la carretera, como son la zona de descarga de las alcantarillas, la plantilla de las alcantarillas y de los puentes, los taludes de los accesos de puentes, las cunetas y contracunetas, los cruces de pequeños arroyos sobre la superficie del pavimento, etc.

2.3.17 REPARACION DE ZAMPEADOS

Los zampeados se deben mantener en perfectas condiciones para evitar derrumbes y deslaves. Es necesario inspeccionarlos periódicamente para prevenir y corregir los asentamientos y los agrietamientos desde su inicio.

Los zampeados se deben rellenar con materiales adecuados para evitar la infiltración de agua y sus efectos de socavación interna.

La parte superior y los extremos de los zampeados deben vigilarse para prevenir cualquier infiltración entre el zampeado y la terracería.

Cuando los zampeados tengan pendientes excesivas que puedan provocar deslizamientos, deben colocarse tabla-estacas, pilotes y muros parciales o totales de cimentación o de enrocamiento, según sea el caso.

También es conveniente estudiar la necesidad de construir nuevos zampeados donde se considere que ayudarían a la conservación de la terracería manteniendo la forma en que éstas fueron proyectadas.

En superficies extensas, no deben construirse zampeados en forma rígida, sino en secciones, para que en caso de asentamientos, éstos sean parciales y no afecten la estabilidad total de las estructuras.

2.3.18 DRENAJE PROFUNDO

La conservación del drenaje profundo debe centrarse fundamentalmente en la observación y vigilancia de los sistemas de drenaje enterrados, y en la comprobación, sobre todo después de lluvias abundantes, de que el agua fluya por los conductos y en la salida de las tuberías en cantidad suficiente. En caso de que se observen deficiencias importantes en el sistema, deben investigarse las causas (por ejemplo, obstrucción o fuga de los drenes), y proceder a la reparación o reconstrucción del drenaje.

La conservación del drenaje profundo comprende las siguientes operaciones:

2.3.18.1 LIMPIEZA DE CONDUCTOS Y DE POZOS DE REGISTRO

La limpieza de conductos y de pozos de registro consiste en la eliminación de sedimentos y obstrucciones, y se lleva a cabo de forma regular y periódica (una vez al año por lo menos), y extraordinaria (después de lluvias abundantes).

Cuando los conductos o los pozos de registro se llenan con sedimentos, pierden su efectividad y ya no desempeñan su función limpiadora; entonces, el conjunto del sistema drenante de la carretera queda afectado seriamente.

2.3.18.2 LIMPIEZA DE DRENES SUBTERRANEOS

Los drenes son elementos que integran el sistema de drenaje subterráneo, y su función es captar, coleccionar y desalojar el agua del terreno natural, de terracerías y de pavimentos.

Existen drenes de dos clases: los de filtro y los de tubo. Los drenes más

utilizados son los de tubo, cuyo diámetro interior es de 15 centímetros, y tienen cuatro hileras de perforaciones, dos a cada lado, en forma simétrica en relación con el eje vertical. Estos drenes se construyen de barro, de concreto hidráulico simple o de lámina galvanizada de acero corrugado.

Para la construcción de drenes se debe tener en cuenta lo siguiente:

- * Cuando existen infiltraciones en los cortes de la carretera, se deben construir drenes laterales a lo largo y debajo de las cunetas, y en la orilla de la superficie del pavimento para interceptar el agua que desde los estratos del corte tiende a cruzar las terracerías. Estos drenes se construyen instalando tubos perforados, con las perforaciones hacia abajo. La pared del lado del corte se deja permeable, y la del lado del terraplén se impermeabiliza con lodo, con mezcla de cal o con asfalto. Estos drenes son llamados de intercepción.
- * Para evitar el ascenso de agua por capilaridad y desalojar las infiltraciones del agua de lluvia, entre las terracerías y la base se deben construir drenes con material permeable, pendiente no menor de 0.5% ni mayor de 20%, y salida libre hasta fuera del acotamiento. Para pendientes mayores de 2%, se debe anclar el tubo mediante una plantilla de mortero de cemento.
- * Cuando existe excesiva humedad en los terraplenes, es necesario construir drenes transversales, ya sea con material granular o con tubos perforados. Estos tubos deben llegar hasta los drenes de intercepción o hasta los taludes del terraplén, y estos últimos deben protegerse con lavaderos, cuya pendiente sea suficiente y uniforme hasta su descarga.

- Para evitar que el agua de las cunetas o de las infiltraciones tienda a escurrir sobre la superficie del terreno natural en el que se asienta el terraplén, se deben construir drenes en el límite del corte con el terraplén; de este modo se evita el deslizamiento de los terraplenes sobre la superficie del terreno natural, así como el reblandecimiento del mismo. Para construir estos drenes, se debe cortar la superficie del terreno natural en la línea de intersección con el corte, en forma escalonada, con peraltes hasta de 30 centímetros y pendiente transversal al camino de más de 25%. El material natural de estos escalones debe substituirse por material poroso bien consolidado. La salida del agua de estos drenes debe captarse en pequeñas cunetas excavadas sobre el terreno natural para evitar que el agua escurra hacia el terraplén.
- Es frecuente que, por la acción de los vehículos y de las lluvias, en el entronque de la carretera con caminos secundarios se acumule el material de la superficie de estos últimos. Estas acumulaciones de material ocasionan dificultades para el funcionamiento del drenaje e incomodidades a los usuarios. En consecuencia, es recomendable que, en cada entronque de caminos secundarios con carreteras, se construya una alcantarilla a través del camino secundario junto al entronque.

El cuidado de los drenes es operación de suma importancia debido a que la excesiva humedad afecta la compactación de las terracerías, y de dicha compactación depende en gran parte la estabilidad de los pavimentos. La presencia de humedad en la carpeta, así como los escurrimientos de agua en los taludes, indican la necesidad de limpiar o

reparar los drenes. La vigilancia de la descarga de los drenes algunas horas después de lluvias abundantes es la mejor manera de comprobar si su funcionamiento es correcto.

Cuando los drenes no tienen tubo y no funcionan con eficacia, es necesario reconstruirlos totalmente; si los drenes tienen tubo, se limpian con varillas, o mediante la inyección de aire comprimido o agua a presión; si esto no es suficiente, es necesario destaparlos y reconstruirlos para que funcionen adecuadamente permitiendo la libre salida del agua.

2.3.18.3 LIMPIEZA DE LA RED DE ALCANTARILLADO

La limpieza de la red de alcantarillado puede ser parcial o total, y se realiza en los conductos subterráneos construidos para recoger y canalizar las aguas de lluvia hasta lugares situados en zonas aptas para el desagüe.

Esta limpieza se lleva a cabo transportando los residuos y los sedimentos hasta un pozo de limpia situado corriente abajo de la propia canalización, de donde deben extraerse.

La limpieza de la red de alcantarillado se debe realizar en forma regular y periódica, y extraordinaria después de lluvias abundantes en las zonas afectadas.

El desarrollo de raíces plantea uno de los problemas más engorrosos en la conservación de alcantarillas. Impedir su crecimiento por medio de productos químicos (procurando no contaminar) es la mejor forma de evitar futuros deterioros en la red de alcantarillado.

Por la importancia que la red de alcantarillado tiene en el funcionamiento del drenaje en particular y de la carretera en general, el servicio de limpieza de las alcantarillas debe llevarse a cabo en forma cuidadosa y permanente.

2.3.18.4 REPARACION DE LA RED DE ALCANTARILLADO

La rehabilitación de las tuberías de la red de alcantarillado debe comenzar una vez limpia la red y aforado su caudal, de manera que permita identificar el tipo de avería que sufre. Las grietas y las fugas se suprimen por inyección de líquidos obturadores. En averías longitudinales, existe la posibilidad de insertar una tubería de plástico. En las averías generalizadas, hay que recurrir a la reposición.

Para llevar a cabo adecuadamente la reparación de la red de alcantarillado, se deben realizar inspecciones periódicas y después de las lluvias copiosas.

La reparación oportuna de la red de alcantarillado garantiza el correcto funcionamiento del drenaje de la carretera, por lo que resulta evidente la utilidad de su ejecución.

2.4 TALUDES

El talud es el paramento, la superficie inclinada de los cortes y terraplenes.

Los taludes adecuadamente contruidos y cuidadosamente conservados impiden derrumbes y deslaves. Por consiguiente, con los trabajos de conservación de taludes, se evitan grandes inconvenientes para los usuarios de las carreteras y se previenen accidentes en las mismas.

En general, la falta de estabilidad en los taludes está íntimamente relacionada con la presencia de agua, por lo que se debe dar primordial importancia al mantenimiento de contracunetas. Así mismo, es imprescindible que los taludes tengan la pendiente necesaria para su estabilidad.

La conservación de los taludes comprende los siguientes trabajos:

2.4.1 LIMPIEZA

Uno de los trabajos para mantener la estabilidad de los taludes es la limpieza. Esta consiste en el desmonte y la remoción de piedras y materiales sueltos de las paredes del corte; esta operación contribuye al mejoramiento de la estabilidad del talud, y disminuye la posibilidad de que ocurran derrumbes.

La limpieza de los taludes se debe efectuar con regularidad, por lo menos una vez al año, y en los meses que preceden a la temporada de lluvias.

En la limpieza de los taludes debe tenerse presente todo lo que a continuación se detalla:

- Los trabajos comienzan con la tala y la roza. En general, no debe efectuarse el desenraice por el peligro de que con ello se afloje el

material superficial y el talud pierda su estabilidad.

- * Al terminar la tala y la roza, se procede a la remoción de las piedras y los materiales sueltos o poco estables que puedan provocar derrumbes.
- * La remoción de los materiales debe efectuarse, en general, con herramienta de mano.
- * Si los materiales removidos son de tamaño o volumen considerable y existe el peligro de que pudieran caer sobre la superficie del pavimento, se debe colocar un colchón de arena para protegerla.
- * Al terminar la remoción, debe retirarse de la superficie del pavimento y de las cunetas todo el material que hubiera caído. Este material podrá ser usado en recargos de talud si cuenta con la calidad requerida; en caso contrario, debe depositarse en la zona del derecho de vía, donde no estorbe al funcionamiento de la carretera.

2.4.2 CORTES

Los cortes son excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural para ampliar o abatir taludes y para aumentar la corona.

Los cortes se llevan a cabo de la siguiente manera:

- * Cortes en roca

Al realizar cortes en roca, se debe remover de los taludes todas las piedras o materiales sueltos que presenten peligro de caer sobre la superficie del pavimento. Si el tamaño de las piedras es tal que al removerlas pueden ocasionar desperfectos en la superficie del pavimento, ésta debe ser protegida colocando sobre ella un colchón de arena.

* **Cortes en tierra:**

Al realizar cortes en tierra, se debe mantener el talud con vegetación para permitir el libre escurrimiento del agua, y a la vez evitar la erosión del material y que éste sea acarreado a las cunetas.

2.4.3 AFINAMIENTO

El afinamiento de los taludes de corte consiste en remover las piedras o materiales sueltos que puedan caer a la carpeta, y en dejar la superficie del talud uniforme, sin protuberancias ni huecos. En el caso de taludes de terraplén, el afinamiento consiste en el refuerzo de los taludes para obtener superficies uniformes, logrando con esto estabilizarlos, y evitar asentamientos, erosiones y deslaves. Esta protección puede obtenerse mediante la siembra de pastos o especies vegetales adecuados, según el material y el clima de la región.

Cuando los materiales de los taludes sean erosionables o resulte muy grande el volumen de agua, en el acotamiento se deben construir guarniciones que encaucen el agua hacia lavaderos para que escurra sin producir erosiones.

Deben evitarse las corrientes de agua al pie del talud porque pondrían en peligro su estabilidad: esto se logra asegurando los taludes con recargos de material o, en caso necesario, con muros de mampostería.

2.4.4 RECARGO DE TALUDES DE TERRAPLEN

Es necesario realizar recargos en los taludes de terraplén porque éstos se van deslavando por la acción de los agentes erosivos, como son el agua, el viento, etc. Estos recargos se realizan para restablecer el nivel original de

los taludes y lograr con ello que la sección de la carretera coincida con la original del proyecto.

La estabilidad que en temporada de sequía tienen los terrenos formados por capas inclinadas se pierde cuando, en temporada de lluvias, el agua penetra en sus estratos. Entonces, se produce el deslizamiento del talud, por lo que es necesario revisar el terreno arriba de los cortes para evitar las infiltraciones de agua y tapar las grietas.

2.4.5 ESTABILIZACION

La estabilización consiste en modificar los taludes con la finalidad de que éstos tengan menor pendiente. Para realizar la estabilización, es necesario abatir los taludes mediante la colocación de material de terracería. La falta de estabilidad de los taludes está relacionada generalmente con la presencia de agua, por lo que se debe dar primordial importancia a la conservación de cunetas y contracunetas.

La estabilización de los taludes se lleva a cabo con la finalidad de:

- * Aumentar la estabilidad del terraplén.
- * Alejar de la carpeta el pie del talud, y así disminuir el peligro de las erosiones que suceden a lo largo del talud.
- * Disminuir la velocidad con que escurre el agua por el talud, y reducir con ello los deslaves.

En el abatimiento de los taludes se debe tener presente lo siguiente:

- * Por lo general, el abatimiento del talud es conveniente en terraplenes con altura máxima 1.50 metros, siempre y cuando se disponga de materiales aprovechables, de buena calidad, cercanos al sitio de la obra.

- * En el caso de terraplenes con altura mayor de 1.50 metros que presenten problemas por falta de estabilidad o por fuerte erosión, el abatimiento del talud será solución adecuada si se complementa con alguna obra auxiliar, como muros de retención, guarniciones y lavaderos, que reduzca el volumen del material requerido.

Para llevar a cabo estas operaciones, se requiere tener en consideración lo siguiente:

- * Se deben colocar las señales provisionales de tránsito que procedan para prevenir a los usuarios de la carretera acerca de la realización de las obras.
- * Es necesario retirar las señales permanentes que estorben o puedan ser dañadas.
- * Deben tomarse todas las precauciones para que los trabajadores puedan maniobrar sin peligro.
- * Se debe marcar la nueva orilla del talud, y después se inician los trabajos con el desmonte de la zona por atacar, que debe abarcar también una faja de 5 metros adyacente a la orilla de la carretera para evitar que queden árboles cercanos a la orilla del talud.
- * La excavación de los materiales debe efectuarse, en general, con herramienta de mano. La maquinaria sólo se usará cuando el ancho de la superficie del pavimento sea tal, que los vehículos puedan circular sin peligro por el carril contrario al que se efectúan los trabajos.
- * Excepto en el caso de piedras grandes que requieran ser moneadas para poder removerlas, no se deben usar explosivos. En caso contrario, debe suspenderse la circulación antes de la explosión y

durante la misma, cuidar de que no haya vehículos o personas por lo menos en 150 metros aledaños a la zona, y tomar todas las medidas de carácter general que se consideren necesarias.

- Conforme avance la excavación, y si el tipo de material lo permite, el talud debe afinarse, es decir, se debe dejar la superficie uniforme, sin protuberancias ni huecos para que adquiera estabilidad.
- Cuando exista la posibilidad de que, al caer, las piedras removidas dañen la carpeta o los acotamientos, debe colocarse previamente sobre ellos un colchón de material para protegerlos. Esa protección se consigue con cualquier material cuyo tamaño máximo no exceda de 5 centímetros, y se coloca en una capa suelta de 15 centímetros de espesor.
- Se debe desmontar el talud y la zona del terreno natural que vaya a quedar cubierta con el nuevo material.
- El material debe ser colocado del pie del talud hacia la superficie del pavimento, y hay que extenderlo por capas.
- En terraplenes de altura mayor de 3 metros, se pueden hacer recargos de talud con materiales granulares; estos recargos se efectúan a voleo hasta el nivel inferior de la capa subrasante.
- En el caso anterior, y si la pendiente del terreno natural es acentuada, resulta conveniente construir un nuevo pie de talud y, previamente a la colocación del material, una mampostería seca de unos 30 centímetros de altura para que le sirva de contención.
- Al terminar la estabilización del talud, debe retirarse de la superficie del pavimento y de las cunetas todo el material que hubiera caído. Estos materiales pueden usarse en recargos de talud si tienen la

calidad adecuada. En caso contrario, se depositan en la zona del derecho de vía, donde no estorben al funcionamiento de la carretera.

- * Se reparan la carpeta, los acotamientos y los zampeados que pudieran haberse dañado durante los trabajos.
- * El nuevo talud debe afinarse.
- * Una vez terminada la estabilización del talud, deben reponerse las señales de tránsito permanentes que se hayan retirado con motivo de las obras, y se quitan las provisionales.

2.4.6 BERMAS

Las bermas son los escalones que se construyen en los taludes para lograr la estabilidad de éstos. La berma es la solución que debe intentarse en el caso de taludes cuyos materiales sean fácilmente erosionables, y en los cuales la siembra de vegetación no haya sido suficiente para lograr su estabilidad.

La conservación de las bermas consiste en retirar el material que en ellas se haya acumulado, y en lograr que la superficie de las mismas quede horizontal.

2.4.7 MUROS DE RETENCION

Los muros de retención son estructuras, generalmente prismáticas, construidas con mampostería de piedras unidas con mortero o con concreto, cuya función es mantener diferencias de elevación de un lado a otro del terreno. Estos muros son utilizados para retener los taludes que tienen mayor inclinación que el talud natural del terreno. Cuando la estabilidad del muro de retención depende de su propio peso, se llama

muro de gravedad.

Existen también muros de retención para canalizar el agua hacia alcantarillas o vados.

Para la construcción y reparación de muros de retención, hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- En los muros de retención, el drenaje adecuado del relleno a través del muro y en sus orillas es de gran importancia.
- Todos los muros deben estar provistos de drenes en intervalos tan frecuentes como sea posible a través de la parte baja del muro, encima de la cimentación, y con la pendiente suficiente para desalojar el agua lo más rápidamente posible.
- Al llevar a cabo el relleno, se debe colocar sobre la cara interior del muro una capa de material poroso o de grava que forme un dren de 40 a 50 centímetros de espesor. Esta capa de material poroso debe extenderse desde el cimiento hasta el extremo del muro para que el agua que se acumule contra el muro sea desalojada por los drenes internos. Así se impide la disminución del ángulo de reposo de las terracerías, y con ello el aumento de carga sobre el muro.
- Para evitar las filtraciones excesivas, es conveniente instalar en la parte baja del relleno, a la altura de las entradas de los drenes transversales, una línea de tubos que deben extenderse a lo largo del muro con pendiente suficiente para conducir el agua hasta su extremo, y proteger éste con un pequeño muro de cabeza.
- Cualquier filtración en las grietas o en las juntas de los muros significa que el drenaje del relleno es deficiente, y por lo tanto es muestra de peligro para la estabilidad del muro.

2.4.8 RELLENO DE BADENES

Se llama badén a la zanja, depresión o excavación que forma en el terreno el paso de las aguas llovedizas. Cuando haya peligro de que se forme algún baden que perjudique la superficie del pavimento, la situación debe considerarse como de emergencia, por lo que se debe proceder a su eliminación en forma preferente respecto de las labores normales de conservación. En estos casos, deben colocarse inmediatamente las señales de tránsito correspondientes. Cuando el deslave afecte media carpeta o más y deje 6 metros o menos de ancho para la circulación de vehículos, la circulación debe regularse con bandereros.

Siempre que ocurran deslaves y se formen badenes, deberán investigarse las causas que los provocaron, a efecto de llevar a cabo con la mayor rapidez posible las obras auxiliares, como guarniciones y lavaderos, ampliación o modificación de alcantarillas, muros de retención u otras que eviten en forma permanente futuros deslaves.

El relleno de badenes debe efectuarse teniendo en cuenta lo que a continuación se detalla:

- * La cavidad existente se debe ampliar hasta obtener paredes verticales y firmes.
- * Es necesario usar material con calidad semejante o mejor al que originalmente existía, principalmente en las capas de subrasante, de sub-base y de base.
- * El relleno se efectúa generalmente por capas horizontales de espesor no mayor de 30 centímetros sueltos, a las que se les da la misma compactación que tengan las capas adyacentes. Esta compactación se realiza con rodillo ligero o con pisón de mano.

- * Con excepción de lo anterior, cuando la altura del terraplén o las condiciones locales lo hagan necesario, el relleno de la zona correspondiente al terraplén se debe efectuar a voleo.
- * La pendiente del talud formado por el relleno debe ser la adecuada para evitar nuevos deslaves. Si el deslave es producido por agua que escurre de la superficie del pavimento, el nuevo talud debe tener menos pendiente que el anterior.
- * Se deben evitar los materiales arenosos o fácilmente erosionables; cuando por carencia de materiales adecuados sea necesario emplearlos, se debe proteger el terraplén con guarniciones y lavaderos.
- * Completado el relleno de la capa de base, se debe impregnar con producto asfáltico y, posteriormente, reponer la carpeta.
- * Terminado el relleno, es conveniente plantar en el talud del terraplén pasto o cualquier otra especie vegetal que permita el buen escurrimiento del agua, y así aumentar la estabilidad del talud.

2.4.9 PLANTACIONES

Las plantaciones son los árboles, los arbustos y las matas con los que se cubren las zonas adyacentes a la carretera para estabilizar los taludes y evitar su erosión superficial.

Antes de realizar plantaciones, es necesario preparar el terreno. Esta preparación incluye allanamientos (excavaciones y rellenos), estabilización del terreno y operaciones de laboreo (incorporación de abonos, y otras). Como labor previa, también es necesario comprobar que las plantas estén en buen estado y sean las adecuadas. Posteriormente, se procede a su

plantación en el terreno. Las densidades apropiadas de plantación deben ser altas: los árboles, 1 cada 10 metros cuadrados; los arbustos, 1 cada 4 metros cuadrados; los arbustillos, de 2 a 10 por metro cuadrado.

Las plantaciones deben recibir riegos cuya frecuencia dependerá del clima de la región; es necesario colocar sujeciones y protecciones metálicas o de madera, y se deben realizar escardas y podas oportunamente.

2.4.10 HIDROSIEMBRAS

Se llama hidrosiembra la colocación de tapizantes que con sus tallos y hojas recubren las zonas adyacentes a la superficie del pavimento.

La hidrosiembra sirve para estabilizar los taludes, y evita la erosión superficial de los mismos.

La hidrosiembra se realiza con hidrosembradoras, cuyos tanques se llenan con abono, semillas, agua, y productos estabilizadores y acondicionadores. Para lograr que la distribución de los productos sea la adecuada, la hidrosembradora se coloca, en relación con la superficie del terreno, de modo que su cañón esté inclinado por encima de la horizontal. Las hidrosiembras deben recibir riegos, cuya frecuencia depende del clima de la región. Es necesario evitar el arrastre de tierra y de semillas, y resulta conveniente incorporar al terreno los abonos minerales más apropiados.

2.5 ZONAS LATERALES DE LA CARRETERA

Las zonas laterales de la carretera son las partes de la zona del derecho de vía no ocupadas por la estructura del pavimento. Estas zonas están situadas a ambos lados de la carretera, entre el pie del terraplén y el límite de la zona del derecho de vía. A su vez, la zona del derecho de vía es la faja del terreno sobre la que están construidas las carreteras, y además sirve para la conservación, reconstrucción, ampliación, protección y operación de las mismas, así como para establecer los servicios auxiliares.

La anchura de la zona del derecho de vía es de 20 metros a cada lado del eje de las carreteras, aunque por condiciones especiales, se fijan dimensiones mayores o menores, según convenga.

La naturaleza de las zonas laterales de la carretera determina los servicios de conservación que éstas requieren.

Las labores de conservación en estas zonas son las siguientes:

2.5.1 DESMONTE

El desmonte es el despejo de la vegetación existente en las zonas laterales, con objeto de evitar la presencia de plantas en la carretera, impedir daños a la misma y proporcionar la adecuada visibilidad a los usuarios.

El desmonte en las zonas laterales debe efectuarse periódicamente porque la existencia de árboles y hierbas resulta generalmente inconveniente por las siguientes razones:

- * Resta visibilidad al usuario de la carretera.
- * Tapa parcial o totalmente las señales, y reduce o anula su eficiencia.
- * Propicia las invasiones de la zona del derecho de vía por parte de los propietarios de predios colindantes.

El desmonte consiste en las siguientes operaciones:

2.5.1.1 TALA

La tala consiste en cortar árboles y arbustos. Estos deben eliminarse de las zonas laterales si se encuentran en las siguientes condiciones:

- * Que estén ubicados a menos de 5 metros del extremo del talud, tanto en casos de corte como de terraplén.
- * Que la proyección vertical de sus ramas quede sobre la carpeta.
- * Que disminuyan la visibilidad del usuario, sobre todo en el caso de árboles situados en la parte interior de las curvas.
- * Que amenacen caer sobre la carpeta.

Los procedimientos para llevar a cabo las operaciones de tala son los siguientes:

- * Previamente a cualquier trabajo de tala de árboles y arbustos en los desmontes, es necesario recabar el permiso correspondiente de las autoridades.
- * Deben tomarse las precauciones necesarias para que no caigan ramas o troncos sobre la superficie del pavimento. En caso de que exista la posibilidad de que esto suceda, debe regularse la circulación con bandereros para evitar accidentes.

2.5.1.2 ROZA

La roza consiste en quitar las matas y las hierbas inútiles. Esta labor se debe llevar a cabo con la periodicidad necesaria para lograr lo siguiente:

- * En ningún caso debe permitirse la existencia de hierba en los acotamientos.

- * La hierba no debe sobrepasar de 30 centímetros de altura en los 5 metros colindantes con la superficie del pavimento.
- * La hierba no debe sobrepasar de 1 metro de altura en el resto de la zona del derecho de vía.

Cuando el proyecto incluya la existencia de pasto, de plantas de ornato o de seto vivo en los camellones, en las glorietas y en las isletas, éstas deberán conservarse adecuadamente, sin tomar en cuenta los puntos anteriores.

Los procedimientos para llevar a cabo los trabajos de roza son los siguientes:

- * Si hay hierba en los acotamientos, debe arrancarse de raíz.
- * El corte de la maleza, de la hierba, del zacate, así como de los árboles o de los arbustos que inician su crecimiento, debe efectuarse tan al ras como la conformación del terreno lo permita.
- * Es recomendable realizar las desyerbas a todo lo ancho de las zonas laterales, y llevarlos a cabo en 5 metros colindantes con la zona.
- * El producto de las desyerbas debe removerse y depositarse en las zonas laterales, donde el agua no pueda acarrearlo al drenaje. De ser posible, debe quemarse tomando las precauciones necesarias para que el fuego no se propague y estropee las vallas o alambres de protección.
- * No se debe quemar directamente la hierba o la maleza para evitar su corte, por el peligro de que el fuego se propague.

2.5.2 RASTRILLADO

Los rastrillados consisten en reacomodar el material superficial de las

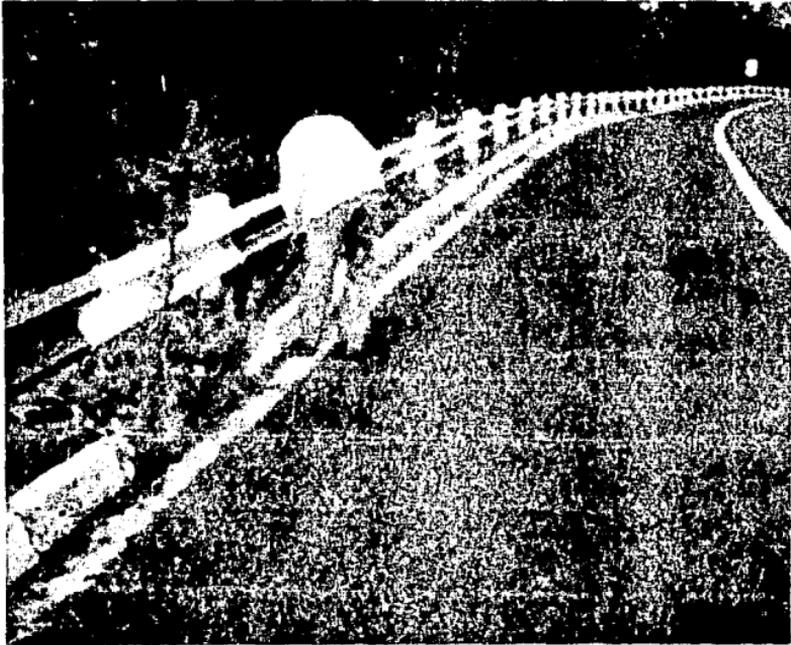


Fig. 17. Desyerba de las zonas laterales

zonas laterales. Estos se efectúan para lograr lo siguiente:

- * Rellenar pequeños badenes y evitar que éstos crezcan en tamaño.
- * Extender pequeños volúmenes de material depositado en estas zonas, producto de limpieza de obras o de desyerbas.
- * Obtener que la superficie se encuentre lo más plana y uniforme posible para obtener las siguientes ventajas:
 - Desyerbar y facilitar esta operación en lo sucesivo, fundamentalmente porque los terrenos uniformes permiten cortar la hierba al ras y usar desyerbadoras mecánicas.
 - Mejorar el drenaje superficial y evitar que se produzcan deslaves al disminuir la velocidad del agua que escurre.
 - Mejorar el aspecto general de la carretera.

En los rastrillados se debe tener en cuenta lo siguiente:

- * Se realizan con motoconformadoras o tractores ligeros.
- * No se debe depositar en las contracunetas, en las cunetas ni en los canales el material rastrillado.
- * No se debe alterar el cauce y la sección de las contracunetas, de las cunetas y de los canales.
- * Se debe buscar el mejoramiento del drenaje de la carretera.
- * Es muy importante lograr que, al término del rastrillado, se obtengan superficies con la pendiente y la dirección adecuadas para evitar los escurrimientos hacia la superficie del pavimento.

2.5.3 TRATAMIENTO CON LIMITADORES DE CRECIMIENTO

Este tratamiento consiste en retardar el desarrollo en altura de las plantas herbáceas con limitadores de crecimiento. De esta manera se logra, con



Fig. 18. Zona lateral y acotamiento en mal estado

pocos medios, enfrentar el período crítico de primavera-verano, en el que las plantas herbáceas crecen en forma excepcionalmente rápida.

La altura media de las plantas debe ser 20 centímetros en las márgenes de las autopistas, 40 centímetros en carreteras importantes y 2.5 metros en carreteras secundarias.

Estos tratamientos deben aplicarse a principios de la primavera, en tiempo no lluvioso. El suelo húmedo es preferible porque favorece la dispersión de los limitadores sobre la zona tratada.

2.5.4 TRATAMIENTOS HERBICIDAS

Los tratamientos herbicidas consisten en la desvitalización hasta la raíz de la vegetación de las cunetas para evitar su rebrote. Estos tratamientos son convenientes para eliminar plantas adventicias con ayuda de productos que se aplican a poblaciones enteras (herbicidas no selectivos o totales) o sobre grupos específicos (herbicidas selectivos y arbusticidas).

Existen varios tipos de herbicidas en función de su modo de actuación y del tipo de tratamiento que se pretenda; pueden funcionar a través del suelo por las raíces, por contacto con las hojas de las plantas, absorbidos por las hojas y transportados por la savia a toda la planta. Generalmente se recurre a diversos productos. El tratamiento consiste en desyerbas selectivas para destruir las dicotiledóneas y preservar las gramíneas; en desbrozos para eliminar las especies leñosas y semileñosas, o en desyerbas totales, operación que debe limitarse a despejos y a delimitaciones del pavimento y de isletas direccionales. En las cunetas se emplean herbicidas totales; sobre los taludes, arbusticidas específicos que no dañen la vegetación herbácea.

Transcurrido el plazo necesario para que el herbicida surta su efecto (de 45 a 60 días), se procede al desbrozo mecánico.

2.5.5 SUPRESION DE RESIDUOS Y BASURAS

La supresión de residuos y basuras consiste en retirar los objetos caídos o tirados en la carretera. La limpieza se lleva a cabo por motivos de seguridad (en el caso de la carga transportada por los vehículos y no debidamente asegurada, como maderas, ladrillos, piedras, restos de neumáticos, etc.), y por razones de higiene y de atractivo de la carretera (en el caso de animales muertos, papeles, comida, botes de bebidas, plásticos y otros).

Los residuos y las basuras deben ser recogidos, manual o mecánicamente, en forma periódica, y amontonados para su traslado al vertedero. Los residuos que representen peligro para la circulación vehicular deben ser retirados inmediatamente por las cuadrillas de conservación de la carretera.

La limpieza de las vallas de separación y de áreas centrales de las carreteras pueden espaciarse más, y realizarse cuando otras operaciones de conservación así lo permitan.

Los animales muertos deben ser retirados y eliminados tan pronto como sea posible porque ocasionan múltiples molestias.

2.5.6 ESCOMBRERAS

Las escombreras son zonas próximas a la carpeta, donde se permite el vertido de los materiales sobrantes en las obras de conservación, reparación, ampliación, etc., de las carreteras.

Respecto de la colocación de las escombreras, es necesario:

- * Evitar que haya cursos o aportes de aguas superficiales o subterráneas que puedan afectar su estabilidad.
- * Analizar las particularidades del suelo.
- * Rodear la escombrera con una zanja general colectora conectada con su sistema de desagüe.
- * Reducir los acumulamientos de tierra o hacerlos de pequeñas dimensiones.
- * Nivelar la superficie en el lugar donde se vaya a establecer la escombrera, porque la base de la escombrera debe ser horizontal.

En cuanto a los vertidos, es necesario:

- * Prohibir los de materiales contaminantes procedentes de la construcción y explotación de la carretera.
- * Evitar que se formen bolsas de agua encima, debajo o al lado de los taludes.
- * Clasificar los materiales por tamaños.
- * Evitar la presencia de bloques.
- * Limitar la zona de vertidos.

2.5.7 CANALIZACIONES

La inundación de las zonas laterales de la carretera o de sus zonas aledañas suele causar serios perjuicios a su funcionamiento, por lo que el drenar esas zonas es una labor de conservación muy importante.

Antes de realizar obras de canalización en las zonas laterales, debe tomarse en cuenta que su ejecución puede causar perjuicios a los propietarios de terrenos colindantes con la carretera, por lo que resulta muy recomendable prever esto al proyectar la construcción de la carretera.

Las canalizaciones se deben llevar a cabo por la zona del derecho de vía hasta algún cauce natural en el que pueda dárseles salida sin que ocasionen problemas ni a la carretera ni a los propietarios de terrenos colindantes.

2.5.8 OBRAS MARGINALES

Las obras marginales son aquéllas que, situadas en las zonas laterales, mejoran y amplían los servicios proporcionados a los usuarios de las carreteras. Entre estas obras, pueden citarse los refugios, los excusados, los paraderos, los miradores, los monumentos, las mesas y las bancas, así como otras instalaciones para ayuda y descanso del viajero.

Los servicios generales de aseo de estas obras deben ser regulares y frecuentes, y a veces deben realizarse diariamente.

Las obras marginales más frecuentes son:

*** Accesos**

Los accesos corresponden a obras privadas (gasolineras, restaurantes, hoteles, etc.) o públicas (accesos a poblados, tronques de carreteras y otras). La porción del acceso situado en la zona del derecho de vía puede estar, o no, al cuidado de quienes conservan la carretera. Esto debe quedar definido cuando, al tramitar la autorización para su construcción, se expiden los permisos correspondientes.

La porción del acceso situado en la zona del derecho de vía debe recibir los mismos servicios de conservación que la carretera para que el acceso no interfiera en la operación y conservación de la misma. Según haya quedado estipulado en cada caso, estos



Fig. 19. Conservación de accesos

servicios deben ser proporcionados por el personal de conservación de la carretera o por los propietarios de las obras a las que corresponden los accesos.

- **Paraderos**

Los paraderos son estructuras instaladas en las paradas de autobuses para permitir a las personas guarecerse del sol y de la lluvia mientras esperan, y están provistos de una zona de estacionamiento para autobuses.

Para conservar adecuadamente los paraderos, es necesario recordar que:

- ▣ Deben repintarse con frecuencia para que estén decorosamente presentados.
- ▣ El paradero y la correspondiente zona de estacionamiento deben limpiarse por lo menos una vez a la semana.
- ▣ Debe cuidarse el drenaje en la zona de estacionamiento.

Los requisitos que es necesario cumplir en los paraderos son los siguientes:

- Deben ubicarse suficientemente alejados del eje del pavimento para permitir que los autobuses se estacionen fuera de la superficie del mismo.
- Debe construirse un acceso a la zona de estacionamiento del paradero, y encauzarse el tránsito vehicular mediante isletas o camellones que separen esa zona de la carpeta de la carretera.
- Los paraderos deben estar instalados en lugares con buena visibilidad. Debe existir una tangente de 100 metros o más antes y después del paradero.

- * Debe colocarse la señalización necesaria.

Los paraderos que no cumplan estos requisitos deben ser modificados para lograrlo.

- * Miradores

Los miradores son zonas de estacionamiento anexas a las carreteras, y están ubicados en lugares desde los cuales se pueden admirar las bellezas y los paisajes que ofrecen las carreteras. Estas zonas también son utilizadas por los viajeros como áreas de descanso y para tomar alimentos en forma tranquila y agradable.

Los miradores deben ser conservados cuidando los siguientes aspectos:

- ▣ Se debe proporcionar la conservación adecuada a la superficie del pavimento.
- ▣ Las isletas, los camellones, las guarniciones y los muros deben pintarse de blanco, y repintarse con frecuencia para proporcionar seguridad al usuario y estar decorosamente presentados.
- ▣ La limpieza debe efectuarse por lo menos una vez a la semana.
- ▣ La desyerba de la zona colindante con el estacionamiento debe efectuarse con la periodicidad necesaria para que la hierba no sobrepase de 30 centímetros de alto en los 5 metros contiguos al estacionamiento.
- ▣ Es necesario dar la conservación adecuada al drenaje del estacionamiento.

Los miradores tienen que cumplir con los siguientes requisitos:

- * De preferencia, la superficie del pavimento debe estar empedrada; si

esto no es posible, debe ser de carpeta de un riego. En ningún caso se deben abrir miradores con superficie de terracería.

- * Se deben colocar las señales correspondientes.
- * Debe existir una separación, delimitada con isletas o camellones, entre la carpeta de la carretera y la zona de estacionamiento.
- * Deben contar con muros o guarniciones que delimiten el extremo exterior de la zona de estacionamiento y la zona lateral de la carretera.

Los paraderos que no cumplan con estos requisitos deben ser modificados para lograrlo.

2.5.9 RETIRO DE OBSTACULOS

El retiro de obstáculos de las zonas laterales de la carretera es necesario llevarlo a cabo porque, frecuentemente, dentro de los límites de la zona del derecho de vía existen estorbos que impiden la adecuada visibilidad a lo largo de la carretera. La supresión de obstáculos resulta más necesaria en las curvas, donde inclusive los árboles que se encuentran situados en el lado interior de las mismas se convierten en escollos para la visibilidad.

2.5.10 RETIRO DE ANUNCIOS

Una de las bases legales que norman la zona del derecho de vía de las carreteras dice: "El uso del derecho de vía será exclusivamente el derivado de la operación de la carretera. Está por ello prohibido que los colindantes a las carreteras u otras personas o entidades lo ocupen para cualquier otro fin."

Como se puede ver en la disposición anterior, colocar anuncios en la zona del derecho de vía está prohibido, por lo que se debe proceder a su

rápido retiro como labor necesaria de conservación de la carretera.

2.5.11 RETIRO DE CERCAS

Según la disposición anteriormente mencionada, se deben retirar las cercas que invadan la zona del derecho de vía. En este caso, es muy importante distinguir entre las cercas que invaden la zona del derecho de vía y las colocadas en el límite de la misma, pues estas últimas evitan el cruce de peatones y de ganado por la carretera. Por lo mismo, las cercas que se construyan o se cambien de ubicación deben quedar colocadas siempre en el límite de la zona del derecho de vía.

2.5.12 DESVIACIONES

Las desviaciones son caminos auxiliares de carácter provisional que se construyen para facilitar el tránsito vehicular fuera de las carreteras durante el tiempo que dura la reparación de las mismas o de alguna estructura que impida la circulación normal de vehículos.

En la construcción de desviaciones, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- * Si la desviación es motivada por obstáculos imprevistos, como derrumbes, deslaves u otros, su construcción tiene prioridad sobre los trabajos de reparación del daño, para así restablecer rápidamente la circulación normal de vehículos.
- * Si la desviación es motivada por operaciones previamente planeadas, como reparación de la superficie del pavimento, construcción de alcantarillas u otras, debe mantenerse en servicio hasta que la reparación esté terminada.

- * Las desviaciones se deben construir tomando en cuenta la importancia de la carretera que substituyen y el tiempo probable que prestarán servicio.
- * La desviación debe tener por lo menos 6 metros de ancho para permitir la circulación vehicular en ambos sentidos. Si esto no es posible, resulta necesario construir dos desviaciones, una para cada sentido de circulación, de 3 metros de ancho por lo menos.
- * En los casos en los que no sea posible cumplir con lo anterior, deben mantenerse bandereros para regular la circulación vehicular durante todo el tiempo que la desviación preste servicio.
- * La superficie del pavimento de la desviación debe ser uniforme, y conservarse así mediante rastrillados periódicos. Si el volumen del tránsito vehicular y la duración de las reparaciones lo justifican, la desviación debe revestirse o pavimentarse.
- * Se deben colocar señales de tránsito en los extremos de la desviación y a lo largo de la misma.

Las desviaciones deben conservarse adecuadamente para que, dentro de los límites económicos, sean cómodas, seguras y presten servicio eficiente.

2.6 SEÑALIZACION

La señalización es el conjunto de dispositivos colocados a lo largo de las carreteras, que sirven para informar a los usuarios de las mismas.

La carencia o el mal estado de la señalización dificulta y hasta impide el tránsito de vehículos, y provoca numerosos accidentes. En consecuencia, resulta evidente la importancia del servicio de conservación del sistema de señalización para el funcionamiento de las carreteras.

Para su conservación, la señalización se divide en las siguientes partes:

2.6.1 SEÑALES

Las señales son tableros fijados en postes o estructuras que, con símbolos, leyendas o ambas cosas, advierten a los conductores de vehículos acerca de peligros y de su naturaleza, indican la existencia de determinadas restricciones o prohibiciones que limitan sus movimientos sobre la carretera, y proporcionan la información necesaria para facilitar su viaje.

La conservación de la señalización es un complemento muy importante para orientar a los usuarios y prevenirles de peligros que haya en la carretera. Las señales mal conservadas pierden credibilidad, y por lo tanto, precisan de adecuada conservación para que cumplan su función de advertir, regular y guiar a los usuarios respecto de las dificultades y los peligros del tráfico en cada caso.

La conservación de las señales consiste en limpiar, reabrigillar, y reparar o reponer las oxidadas, las borrosas y las dañadas.

La inspección de las señales debe realizarse tanto de día como de noche para comprobar su reflexión. También se debe comprobar el estado de los soportes, la localización de la señal y su legibilidad, e informar de

todas aquéllas que estén dañadas, obscurecidas o tapadas por la vegetación.

Además de insistir en la necesidad de mantener en perfecto estado las señales, es preciso mencionar que el exceso de señales resulta peligroso, por lo que debe evitarse a toda costa. En consecuencia, hay que comprobar también si la señal sigue cumpliendo la función para la que fue instalada, y se deben retirar regularmente todas aquéllas que hayan perdido su función inicial. Si por innecesarias se retiran señales, hay que eliminar todo vestigio de su existencia, incluyendo, naturalmente, postes y cimientos de apoyo.

Todas las operaciones de conservación de señales deben realizarse conjuntamente, de modo que se complementen entre sí, para que el sistema de señalización se mantenga en perfecto estado. Por ejemplo, al mismo tiempo que se mejora la reflexión de alguna señal, debe comprobarse el estado general del soporte y del anclaje, y hay que verificar su correcta visibilidad. Las campañas periódicas se refieren a la limpieza en general de las señales y al repintado de los postes; sin embargo, en estos casos también debe revisarse completamente el estado general de toda la señalización de la zona.

La conservación de señales comprende las siguientes operaciones:

2.6.1.1 DESPEJO DE LA VEGETACION

El despejo de la vegetación consiste en la eliminación de arbustos y hierbas, y en la poda de árboles y follaje para mantener la visibilidad de las señales.

El área alrededor de cada señal debe mantenerse libre de vegetación



Fig. 20. Obstrucción de la visibilidad
de una señal

mediante siegas o aplicando algún herbicida. Las señales deben ser visibles desde la distancia comprendida entre 50 y 100 metros, y toda la vegetación que dificulte dicha visibilidad debe removerse.

El despejo de la vegetación se debe realizar en forma regular, y al principio de cada primavera y durante el verano.

Los equipos de conservación deben situar su vehículo en forma que la señal que estén despejando sea perfectamente visible.

2.6.1.2 LIMPIEZA

La limpieza consiste en la eliminación de la suciedad y de otras materias que se depositan en las señales, y que deterioran su visibilidad.

La limpieza se realiza lavando la parte anterior de la señal con soluciones de jabón y con disolventes de diversa naturaleza, según los casos. Para finalizar la limpieza, en alguna ocasión suele ser necesario enjuagar la señal. Cuando la limpieza no deja perfectamente visible la señal, ésta debe ser substituida inmediatamente.

La inspección relacionada con la limpieza debe realizarse todos los meses; la limpieza, cuando sea necesario o una vez al año. Especialmente en las zonas urbanas, es necesario realizar la limpieza periódica y frecuentemente para conseguir la perfecta lectura e interpretación de las señales.

2.6.1.3 REABRILLANTADO

El reabrilantado consiste en el rejuvenecimiento de las señales para prolongar su vida útil por medio de la limpieza del material reflexivo cuando es atacado por elementos naturales y climáticos, como pueden ser el sol,

los hongos, etc. Si la señal no puede rebrillantarse en el mismo lugar de su ubicación, hay que proceder a su sustitución.

El rebrillantado se debe realizar periódicamente, y hay que extremar la vigilancia en zonas costeras lluviosas.

2.6.1.4 REPARACION DE SEÑALES *IN SITU*

La reparación de señales *in situ* consiste en pintar, enderezar, retocar, etc. las señales en el mismo lugar de su ubicación. El hecho de que en las carreteras existan señales dañadas, aparte de ser peligroso, causa muy mala impresión a los usuarios. Por lo mismo, cuando el desperfecto sea menor y susceptible de corregirse en el mismo lugar, esto deberá hacerse inmediatamente en vez de llevar la señal al taller para su compostura.

Cuando la reparación consista en recubrir con pintura las superficies destinadas a los símbolos y las leyendas, el procedimiento general es el siguiente:

- * Sobre la superficie del pavimento, se deben indicar, con la claridad y frecuencia requerida, las señales que necesiten servicio, para que el equipo de reparación pueda localizarlas fácilmente.
- * Antes de aplicar la pintura, se debe limpiar la superficie de las señales, y en caso de existir manchas o acumulación de asfalto, grasa o algún otro material extraño, éstas deben eliminarse.

2.6.1.5 REPOSICION

La reposición consiste en substituir las señales viejas por otras nuevas o reparadas. Esta operación debe realizarse cuando se hayan producido daños mayores en la señal o en su soporte, cuando su legibilidad esté



Fig. 21. Señal en mal estado

impedida por el desvanecimiento de la leyenda o del símbolo, o por la rotura de una parte considerable de la señal. El borrado de 25 centímetros cuadrados de su superficie es justificación suficiente para la reposición de una señal.

2.6.1.6 COLOCACION

La colocación de señales consiste en instalar las necesarias en las carreteras que no cuentan con ellas, y en poner señales nuevas en carreteras en las que se detecte esa necesidad para complementar la señalización existente.

2.6.1.7 RECOLOCACION

La recolocación de señales consiste en acomodar en su sitio las señales desplazadas o caídas por la acción de agentes atmosféricos o por accidentes, para mantenerlas en su posición correcta y que continúen ofreciendo servicios adecuados a los usuarios de la carretera.

2.6.2 MARCAS VIALES

Las marcas viales son rayas, símbolos, letras, etc. que se pintan o se colocan sobre la superficie de los pavimentos, de las estructuras, de las guarniciones o en las zonas laterales de las carreteras para indicar ciertos riesgos y regular o canalizar el tránsito vehicular.

Como ocurre con las señales, el estado de conservación de las marcas viales es muy importante, y si están en mal estado, dejan de desempeñar las funciones para las que fueron establecidas originalmente.

Las labores más comunes que se suelen efectuar en relación con la

conservación de las marcas viales son la limpieza, la reposición y el borrado. Estas tareas pueden realizarse en forma inmediata (como consecuencia de situaciones de emergencia) o de manera rutinaria y periódica.

Una particularidad importante de las marcas viales es su durabilidad. Las pinturas termoplásticas reflectantes duran en buen estado 2 años, aproximadamente, aunque necesitan servicios de conservación adecuados más frecuentes.

La colocación de marcas viales, bien sea en forma de pintura o de bandas autoadhesivas, es sencilla y está muy mecanizada. Por lo contrario, su eliminación resulta muy difícil a pesar de la variedad de técnicas existentes; cuando se intenta, la superficie del pavimento queda estropeada o la marca sigue siendo visible.

Las conservación de marcas viales consta de las siguientes operaciones:

2.6.2.1 LIMPIEZA

La limpieza es la eliminación de la suciedad de las marcas viales para recuperar el color y la visibilidad diurna y nocturna. La limpieza se realiza con un camión cisterna que echa chorros de agua a presión.

Se debe inspeccionar el estado de las marcas viales cada 6 meses o cada año, y si éstas se realizaron con pinturas termoplásticas, cada 1 o 2 años, según sean las condiciones climáticas. Las inspecciones se deben realizar pasada la época invernal, y de ser posible, en horas del día con escasa luz.



Fig. 22. Rayas pintadas manualmente

2.6.2.2 REPINTADO

El repintado se realiza para restituir la visibilidad de las marcas viales restableciendo el color y la reflexión de las mismas, y que mantengan su estado original.

Antes de repintar las marcas viales, es necesario limpiar la superficie y dejarla completamente seca.

Se debe inspeccionar el estado de la pintura cada 6 meses o cada año, y si es termoplástica, cada 1 o 2 años, teniendo en cuenta las condiciones climáticas del lugar. De ser posible, la pintura no debe ser aplicada a temperaturas inferiores a 4°C, ni con fuerte viento o con lluvia.

El repintado de rayas centrales y laterales se debe llevar a cabo cada vez que se considere necesario, lo que ocurre cuando se desgastan y cuando se repone la carpeta asfáltica, o cuando se realizan obras que afectan la buena visibilidad de estas rayas.

2.6.2.3 BORRADO

El borrado consiste en suprimir las marcas viales innecesarias, o en cambiarlas por otras para evitar la confusión que pudiesen crear a los usuarios de las carreteras.

La eliminación de las marcas viales se puede llevar a cabo mediante calor; para esto se utilizan quemadores, cuyas llamas de muy altas temperaturas se aplican directamente sobre la marca por borrar, con lo que rápidamente entra en combustión la banda de pintura. También pueden utilizarse otros procedimientos con abrasivos, chorros de agua y productos químicos. En el caso de bandas autoadhesivas, existen medios mecánicos de despegue y recogida de este tipo de marcas, incluso arrancándolas de

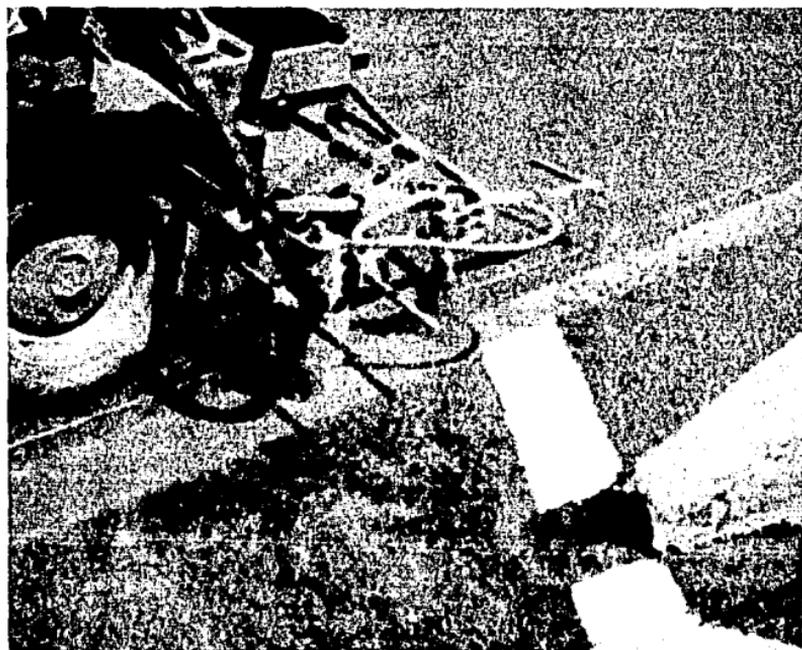


Fig. 23. Rayas pintadas mecánicamente



Fig. 24. Otro aspecto del rayado
mecánico

la superficie en que están colocadas.

Se debe tener cuidado de no dejar trazas ni dañar la superficie del pavimento al realizar estas operaciones.

2.6.3 ABALIZAMIENTO

El abalizamiento es la colocación de dispositivos que prohíben el paso hacia algunas partes de la vía, o que guían a los usuarios para su mejor y más segura circulación.

Como integrantes de la señalización, los elementos de abalizamiento necesitan de conservación adecuada.

Existe gran variedad de dispositivos para abalizamiento, tales como fantasmas, balizas reflejantes, hitos de aristas, captafaros, postes kilométricos, etc.

Para llevar a cabo la conservación de estos dispositivos, se precisan pocas operaciones: limpieza, repintado, reposición y remoción, todas ellas realizadas en forma análoga y simultánea a las relacionadas con las señales.

Los fantasmas son postes cilíndricos de concreto de 1 metro de longitud, que sobresalen de la superficie 60 centímetros.

Los fantasmas tienen pintada una franja negra perimetral en la parte inferior; su parte superior está pintada de blanco, y tienen una franja reflejante cerca del extremo superior. Toda la pintura debe ser mate. La parte blanca se puede pintar con lechada de cal o con cemento blanco; para la parte negra, se puede utilizar pintura vinílica para intemperie.

Los fantasmas tienen la función de señalar la línea que sigue la superficie del pavimento, y son particularmente útiles durante la noche y en

condiciones de poca visibilidad.

Los fantasmas ayudan al conductor tanto en las curvas como en los lugares de la carretera en los que pudieran surgir problemas a causa de la disminución de la carpeta en casos de inundaciones, y al conducir de noche y durante la lluvia, la niebla, etc.

Las balizas sirven para indicar objetos situados sobre la carpeta o adyacentes a la misma.

Los hitos de aristas y los captafaros centrales y laterales canalizan el tráfico, y su función se asemeja a la de las señales.

Los postes kilométricos son elementos de concreto colocados generalmente cada kilómetro o cada 5 kilómetros, según la importancia de la carretera. Estos postes sirven para indicar las distancias recorridas por los vehículos.

La reposición y arreglo de los postes kilométricos consiste en revisarlos periódicamente para substituir los que estén destruidos y repintar los ilegibles.

En términos generales, la conservación de los elementos de abalazamiento se centra en el mantenimiento de su visibilidad y de su reflexión, que con frecuencia disminuyen por la suciedad y por la pérdida de sus elementos reflectantes, y en la substitución después de agotada su vida útil. Es obvio que todas estas operaciones deben efectuarse rutinaria y simultáneamente al resto de las operaciones de mantenimiento de la señalización, y que sólo las periódicas deben realizarse de manera diferenciada.

Las labores de conservación de los elementos de abalazamiento son las siguientes:

2.6.3.1 LIMPIEZA

La limpieza se realiza para mantener la visibilidad de todos los elementos de abalazamiento; esto se debe llevar a cabo de noche para comprobar su reflexión.

El elemento de abalazamiento se debe lavar con soluciones de jabón, y si se necesitara, posteriormente se enjuaga. En alguna ocasión, suele ser necesario el empleo de disolventes, cuya naturaleza varía según los casos.

Cuando la limpieza no deja bien visible la señal, ésta debe substituirse inmediatamente.

La inspección relacionada con el abalazamiento debe realizarse todos los meses; la limpieza, cuando sea necesario o una vez al año.

Cerca de los lugares donde se realizan obras y en tiempo de sequía, se deben extremar la vigilancia y la conservación de los elementos de abalazamiento.

2.6.3.2 REPOSICION

Las balizas deterioradas se substituyen por nuevas o por reparadas; este cambio se realiza cuando se producen daños mayores en las balizas o cuando su visibilidad esté impedida por fallas de las mismas.

La reposición de los elementos de abalazamiento se debe realizar de forma periódica cada 12 meses por lo menos.

Conviene efectuar campañas de reposición de elementos de abalazamiento cuando 30% de ellos hayan perdido su efectividad.

2.7 ELEMENTOS AUXILIARES DE SEGURIDAD

Los elementos auxiliares de seguridad comprenden el resto del equipo del que están dotadas las carreteras para proteger a los usuarios de las mismas, entre los que se pueden citar las barreras centrales, las barreras de seguridad, las vallas de protección, las isletas, las aceras laterales, los amortiguadores de impactos, las áreas para frenados de emergencia, etc.

Las operaciones más frecuentes y de mayor importancia de conservación de los elementos auxiliares de seguridad, aparte de las rutinarias de limpieza y repintado, son las relacionadas con los accidentes. En la mayoría de estos casos hay que actuar rápidamente para devolver a la carretera su grado de seguridad, lo cual exige la existencia de equipos que en forma permanente deben atender estas circunstancias.

Otra de las operaciones relacionadas con los elementos auxiliares de seguridad es la inspección y comprobación de la tensión de las vallas de alambre. Esta operación se realiza periódicamente o cuando resulte necesario.

Las labores de conservación relacionadas con los elementos auxiliares de seguridad son las siguientes:

2.7.1 LIMPIEZA DE BARRERAS CENTRALES

Las barreras centrales son elementos de concreto que, colocados a lo largo de la línea central de la carpeta, sirven para separar las dos corrientes del tráfico vehicular, y proporcionan protección a los usuarios de la carretera.

Las barreras centrales se construyen a lo largo de la superficie del pavimento, en la zona que separa las dos corrientes de tránsito vehicular; generalmente, están formadas por piezas prefabricadas de concreto que

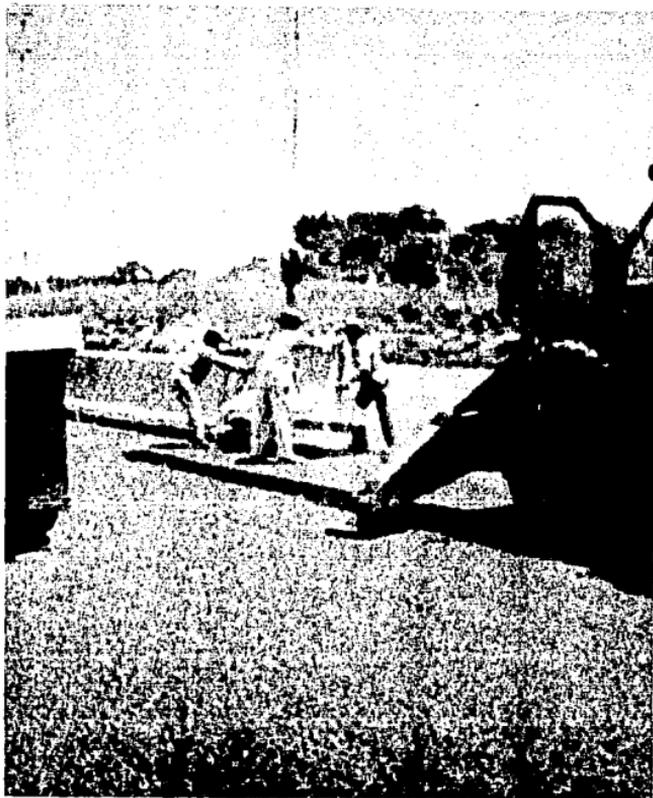


Fig. 25. Reposición de una barrera central

llevan en su parte superior tela de alambre antideslumbrante.

El objetivo de la limpieza de las barreras centrales es mejorar su aspecto suprimiendo la suciedad.

La limpieza de estas barreras se debe realizar en forma regular y periódica mediante máquinas de cepillos rotatorios y dispositivos que arrojan agua a presión con detergente.

En las barreras centrales, es conveniente instalar reflectores para mejorar su visibilidad.

2.7.2 REPARACION DE BARRERAS CENTRALES

La reparación de barreras centrales se realiza para mejorar la funcionalidad y la seguridad alteradas por los accidentes u otras causas.

Los desconchados causados por los accidentes se subsanan con resina epóxica; los anclajes de los bloques prefabricados deben ser revisados y realineados para evitar que, por colisiones, se desplacen de su lugar.

Es necesario substituir rápidamente las barreras centrales dañadas, y comprobar que no existen otros tramos en mal estado.

También es necesario reparar cuando sea necesario la tela de alambre antideslumbrante ubicada en la parte superior de la barrera central.

2.7.3 LIMPIEZA DE BARRERAS DE SEGURIDAD

Las barreras de seguridad son elementos construidos con vigas y chapas onduladas de acero galvanizado que se colocan a lo largo de la superficie del pavimento, en la zona que separa las dos corrientes del tráfico vehicular, y a los lados de la mencionada superficie.

La limpieza de estas piezas se debe realizar de manera periódica cada

seis meses por lo menos, mediante máquinas de cepillos rotatorios y dispositivos que arrojan agua a presión con detergente.

Cuando las barreras de seguridad tienen reflectores metálicos, éstos deben de ser limpiados y revisados en forma periódica, y simultáneamente hay que suprimir la vegetación y la basura que haya junto a las barreras.

2.7.4 REPOSICION DE BARRERAS DE SEGURIDAD

La reposición de barreras de seguridad se realiza para mejorar la seguridad alterada por el desgaste normal o por accidentes. Esta labor incluye también el restablecimiento de la altura cuando ésta haya sido modificada debido a refuerzos del pavimento o a aumentos del peralte de las curvas.

La reposición de los tramos de las barreras de seguridad se debe realizar de manera constante y periódica; es necesario tanto substituir rápidamente los tramos dañados, como comprobar que no existen otros tramos en mal estado.

La substitución de las barreras debe ser continua, al ritmo de 2% anual, y debe darse prioridad a las barreras más antiguas. Es posible reutilizar las barreras dañadas aplicándoles nuevo estampado y galvanizado, aunque a veces, esta reparación no resulta muy conveniente.

2.7.5 REPARACION Y REPOSICION DE VALLAS DE PROTECCION

Las vallas de protección son elementos construidos de acero o de concreto, que se colocan en las zonas laterales de la carretera, y que como su nombre lo indica, sirven para proteger a los usuarios de la carretera.

La reparación y reposición de vallas de protección se realiza para mejorar la seguridad alterada por el desgaste normal y por accidentes.



Fig. 26. Reparación de una valla de protección

Las vallas de alambre deben estar rectas y sometidas a la tensión adecuada. Los alambres rotos deben ser reemplazados o la valla substituída en caso de estar en mal estado. Los alambres perdidos deben ser recogidos para evitar daños a las personas y a los animales. Todo esto se debe realizar en forma regular y periódica, o cuando sea necesario.

La conservación de las vallas de protección de acero y de concreto se debe realizar cada 5 años hasta los 15, y cada 2 años posteriormente; las de acero tensionadas, cada 2 años para mantener la tensión correcta, y cada 5 años para su reparación.

Cuando el servicio de conservación de las vallas de protección se lleva a cabo adecuadamente, estos elementos son de incalculable valor en casos de accidentes.

2.7.6 REPARACION Y MODIFICACION DE ISLETAS Y DE ACERAS LATERALES

La reparación y modificación de isletas y de aceras laterales consiste principalmente en la recolocación de los bordillos en posición correcta, o en su reposición si es necesaria.

La vegetación que crece en las juntas de los bordillos debe ser tratada con herbicidas. Cuando se observa la pérdida del alineamiento de los bordillos, es necesario corregir esta falla. Las roturas o fisuras se reparan con lechada de cemento; los desplazamientos causados por raíces o por problemas de drenaje requieren reparaciones de la sub-base. Estos trabajos se deben realizar en forma periódica una vez al año por lo menos.

Es conveniente disponer del mínimo de señales, de luces y de semáforos en las isletas y en las aceras laterales. y en caso necesario,



Fig. 27. Isleta destruída

protegerlos con amortiguadores de impactos o con postes tubulares flexibles.

2.7.7 REPARACION DE AMORTIGUADORES DE IMPACTOS

Los amortiguadores de impactos son elementos de protección que se colocan estratégicamente para amortiguar el golpe de los vehículos en caso de accidente.

La reparación de amortiguadores de impactos se realiza para restituir la capacidad de absorción de impactos en agrupamientos de cilindros de plástico rellenos de agua y de barriles de plástico rellenos de arena.

Es necesario inspeccionar continuamente los amortiguadores para comprobar que los materiales no se hayan deteriorado y perdido su eficacia. Hay que reparar los amortiguadores después de cada impacto.

Los amortiguadores deben tener señales de material reflejante. Con anticongelantes especiales, se debe evitar la congelación de los rellenos de agua.

2.7.8 REPARACION DE AREAS PARA FRENADOS DE EMERGENCIA

En algunas carreteras, suelen destinarse ciertas zonas llamadas áreas para frenados de emergencia, con el propósito de que los vehículos, cuyos frenos quedan inesperadamente fuera de servicio, puedan salir del camino y parar.

La reparación de éstas áreas consiste en restablecer después de cada accidente las condiciones iniciales en cuanto a la disposición y el tiempo de frenado.

Las áreas para frenados de emergencia deben ser revisadas y reparadas

en forma periódica una vez al año por lo menos, y cada vez que se produzcan accidentes.



Fig. 28. Acera lateral destruída

2.8 CIRCULACION Y ALUMBRADO

La complejidad y el costo de los medios eléctricos y electrónicos utilizados en las carreteras exigen al instalarlos tener en cuenta el costo de conservación de sistemas tan especializados.

Muchas de estas operaciones de conservación fueron inicialmente utilizadas en las zonas urbanas, y en particular en las áreas metropolitanas; posteriormente, el crecimiento del tráfico urbano de vehículos, la extensión de la suburbanización y la creciente demanda de mejoras en la seguridad vial han conllevado la extensión al ámbito de la carretera, y en particular de las autopistas, de numerosas técnicas, medios y sistemas integrados, eléctricos y electrónicos, destinados a facilitar la explotación de las vías.

El adecuado tratamiento de estas operaciones de conservación supone el establecimiento de tres niveles en la gestión de la conservación del sistema de control de la circulación y del alumbrado:

- * Inspecciones rutinarias programadas con periodicidades quincenales o mensuales destinadas a comprobar el buen funcionamiento del sistema y a detectar daños.
- * Conservación preventiva programada con periodicidades generalmente semestrales o anuales en la que se realizan labores de comprobación de los elementos estáticos, mecánicos, eléctricos y electrónicos del sistema.
- * Programas de renovación destinados a reponer sistemáticamente los materiales y los equipos anticipándose a su agotamiento por haber finalizado el periodo de vida útil. Su frecuencia depende de las determinaciones fijadas por cada fabricante.

Además de estas operaciones programadas, es preciso tener en cuenta

las labores de conservación destinadas a enfrentar en el sistema fallas y daños imprevistos con la rapidez necesaria para subsanar éstos en función del riesgo que su aparición representa para la circulación vehicular.

Las operaciones de conservación del sistema de control de la circulación y del alumbrado son las siguientes:

2.8.1 CONSERVACION DE SEÑALES LUMINOSAS Y DE MENSAJE VARIABLE

Las señales luminosas y de mensaje variable son los semáforos colocados en travesías, cruces e intersecciones; los controles de carriles reversibles y los de peaje; los dispositivos de seguridad en pasos a desnivel; las señales de emergencia, las relacionadas con el estado y la situación de los puertos de montaña, y los detectores para hielo.

La conservación de las señales luminosas y de mensaje variable consiste en la recuperación de la visibilidad afectada por la suciedad, y en la reposición de los elementos averiados de sistemas de ayuda a la circulación para subsanar sus defectos con mayor o menor prontitud, según el riesgo que representen para la circulación vehicular.

Todas las señales luminosas y de mensaje variable deben ser revisadas cada 12 meses y limpiadas al menos una vez al año, incluso las lentes, con soluciones adecuadas no abrasivas. Debe comprobarse mensualmente la regulación centralizada del tráfico vehicular. Todas las señales luminosas deben inspeccionarse de noche con intervalos de 28 días en verano, y de 14 en invierno. En caso de contar la carretera con instalaciones de televisión de circuito cerrado, éstas se deben inspeccionar cada 3 o 6 meses.

2.8.2 CONSERVACION DE EQUIPOS DE AYUDA Y CONTROL DE LA CIRCULACION

Los equipos de ayuda y de control de la circulación son los teléfonos de socorro (postes SOS), los de información de itinerarios, los de determinación de sobrecargas (básculas), los sistemas de aforo de tráfico (contadores), etc.

La conservación de equipos de ayuda y de control de la circulación consiste en la reparación y reposición de elementos averiados de los equipos de ayuda y de control de la circulación.

Se debe comprobar en los bucles magnéticos la existencia tanto de cables mal sellados, fisurados o levantados del pavimento, como de inadecuados niveles de inductancia.

Es necesario comprobar el buen funcionamiento de los sistemas de cableado y transmisión de la señal, y de los equipos de envío y recepción de la misma, así como de los teléfonos de socorro, de las básculas, de los contadores de aforo de tráfico, de los paneles de información turística y de itinerarios, etc.

Los equipos de ayuda y control de la circulación se deben inspeccionar cada 28 días, y también es necesario revisarlos anualmente. Conviene mantener el registro de las operaciones realizadas durante 6 años.

En los teléfonos de socorro se detecta inmediatamente el mal funcionamiento porque estos equipos están conectados a estaciones centrales.

2.8.3 CONSERVACION DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

La conservación de los sistemas de iluminación consiste en la sustitución

de lámparas, báculos y ménsulas.

Las reposiciones pueden ser de dos tipos: las que requieren de rápida atención y las menos urgentes, según el riesgo que representan las averías. Todas las lámparas deben ser repuestas al llegar a 90% del tiempo de vida útil. Éste tiempo se estima en:

Tipo	Horas uso	Período transcurrido
Vapor de sodio baja presión en U.	6000	18 meses
Vapor de sodio baja presión lineal	4000	12 meses
Vapor de sodio alta presión	8000	24 meses
Mercurio	8000	24 meses

Las lámparas averiadas de las señales obligatorias deben cambiarse en 24 horas; las del resto de las señales, en 28 días. Las lámparas averiadas aleatoriamente deben ser repuestas dentro del período de 7 días. Todos los báculos, los faroles y las ménsulas, excepto los correspondientes al alumbrado con mástiles altos o a la iluminación sostenida por cables, deben ser inspeccionados 7 años después de su instalación, y desde entonces, cada 2 años para comprobar el estado del tratamiento protector de la superficie, las condiciones estructurales y las partes móviles. Los báculos de hormigón o de aluminio requieren menos conservación.

El alumbrado debe inspeccionarse cada 28 días en verano y cada 14 en invierno para conocer las lámparas averiadas y comprobar la luminosidad de las restantes.

Las lámparas de señales de tráfico deben ser cambiadas cada 3 meses,

excepto las correspondientes a los aparatos con pulsador manual, que deben reponerse cada 6 meses.

2.8.4 CONSERVACION DEL SISTEMA ELECTRICO

La conservación del sistema eléctrico consiste en la corrección y regulación de cualquier deficiencia que disminuya el valor admisible de la corriente eléctrica y la intensidad lumínica de señales y lámparas.

Es necesario revisar el sistema eléctrico para detectar:

- * La falta de corriente en las lámparas debido a fallas en las mismas o en el circuito, a roturas accidentales o a acciones vandálicas.
- * La reducción del voltaje en el circuito o de la corriente en las lámparas debido a caídas anormales de la tensión en la línea o en el transformador.
- * El mal funcionamiento de los relevadores de corriente.

El mantenimiento también se realiza para eliminar la suciedad acumulada dentro y fuera de las lámparas, que al absorber la luz, reduce la iluminación; además, cuando hay acumulación excesiva de suciedad, se pueden producir calentamientos anormales y originar rupturas. Se debe limpiar la superficie reflectante que pudiera estar afectada por la acción química de los contaminantes atmosféricos. Hay que despejar la vegetación, pues produce interferencias en la iluminación al adentrarse en el cono de máxima potencia lumínica.

Se deben realizar comprobaciones rutinarias del funcionamiento del sistema eléctrico cada 3 o 6 meses; anualmente, inspecciones generales del sistema eléctrico de las señales. Cada 2 años, es necesario revisar el sistema eléctrico del alumbrado, de ser posible coincidiendo con las

inspecciones anuales de las señales. También hay que limpiar exhaustivamente las lámparas cada 2 años o menos, e inspeccionar su estado, la limpieza y la visibilidad cada 3 meses.

2.8.5 CONSERVACION DE ELEMENTOS ESTATICOS Y DE SISTEMAS MECANICOS

La conservación de elementos estáticos y de sistemas mecánicos consiste en revisar el funcionamiento de estos sistemas, y en reparar los elementos averiados, para subsanar pérdidas o deterioros de las juntas, causantes de lámparas fundidas y de incrementos de suciedad.

Hay que revisar los cerramientos transparentes, los equipos y sistemas de alumbrado, así como las lámparas, y comprobar que estén firmemente sujetas. También es necesario inspeccionar los báculos examinando, en los metálicos, las soldaduras y las posibles corrosiones, y revisar los soportes de los báculos y, en su caso, los enganches de los brazos de los mástiles; posteriormente se deben repintar los báculos.

Es necesario llevar a cabo revisiones anuales e inspecciones periódicas de los elementos estáticos y de los sistemas mecánicos, realizándolas al mismo tiempo que la reposición de lámparas.

Si el personal a cargo de la inspección mecánica es el mismo que inspecciona el sistema eléctrico, no estará debidamente calificado para realizar las operaciones mecánicas; sin embargo será capaz de detectarlas e informar oportunamente.

2.8.6 LIMPIEZA Y REVISION DE CABLES Y CONEXIONES

La limpieza y revisión de cables y conexiones consiste en:

- * Suprimir la suciedad acumulada.
- * Descubrir fallas en los sistemas de iluminación.
- * Examinar los cables y los alambres de los tirantes (particularmente en los puntos de engarce con las señales o con los báculos).
- * Detectar cables descubiertos y desconexiones.

Para prevenir fallas y detectar averías, es necesario revisar las muescas, los empalmes y las conexiones de los cables, así como revisar los fusibles, las conexiones a tierra, y buscar caídas de tensión y pérdidas de energía en los cables subterráneos.

La limpieza y la revisión de cables y conexiones se debe realizar una vez al año, de ser posible antes de la época de lluvias.

2.9 PUNTES

Los puentes son obras que sirven para que las vías de comunicación salven obstáculos de diversa índole, y representan la más alta inversión de todos los elementos de las carreteras.

Las fallas en los puentes causan serios trastornos al tránsito vehicular, y además, las reparaciones suelen ser muy costosas. En consecuencia, es muy importante realizar adecuadamente la conservación de los puentes.

Para la descripción de la conservación que se debe proporcionar a los puentes, éstos se han dividido en las siguientes partes:

2.9.1 SUPERFICIE DE RODAMIENTO

La superficie de rodamiento es el lecho más alto del puente. La constante vigilancia de esta superficie resulta esencial para reducir las vibraciones y los golpeteos producidos por los vehículos, por lo que debe ser objeto de la más esmerada atención para mantenerla en buenas condiciones de estabilidad y resistencia al desgaste. Los tratamientos que se apliquen para evitar grietas, ondulaciones y baches en la superficie de rodamiento nunca deben representar aumentos de carga para la estructura del puente.

Las operaciones de conservación de la superficie de rodamiento de los puentes no se describen en este punto porque son las mismas que se aplican a la superficie del pavimento de las carreteras en general, que ya han sido explicadas detalladamente en el punto 2.1 de este trabajo.

2.9.2 ACCESOS

La carpeta de los accesos debe conservarse correctamente conformada con la superficie del pavimento de los puentes para que los vehículos no

produzcan golpeteo y vibraciones, pues éstos llegan a afectar la estructura de estas obras.

Debido a la diversidad de resistencias del terreno natural, en el piso del puente se suelen provocar depresiones, por lo que es necesario revisar el drenaje en el relleno de los estribos, así como la junta entre la losa del puente y el pavimento del acceso.

2.9.3 SISTEMA DE DRENAJE

Se requiere un buen drenaje para la correcta conservación de los puentes. Si el sistema de drenaje es deficiente, motivará que el agua quede encharcada o atrapada sobre la superficie del pavimento, lo cual constituye riesgos para el tránsito vehicular y, además, provoca deterioros mayores; por ejemplo, el agua estancada, si se congela, llega a romper los tubos del sistema; si contiene productos químicos corrosivos, éstos atacan a los elementos estructurales del puente.

La falla del drenaje se debe generalmente a la acumulación de materias extrañas y de escombros, que ocasionan obstrucciones y bloqueos en el sistema.

En el drenaje de los puentes hay que limpiar frecuentemente los embornables, las rejillas y las juntas abiertas con canalones para prevenir la acumulación de materias extrañas.

Es necesario aplicar revestimientos de protección a las pilas y al acero estructural, así como a los taludes.

En el programa de conservación, también deben ser considerados los canales de drenaje situados debajo de las juntas y de otros elementos del puente.

2.9.4 GUARNICIONES, BANQUETAS Y PARAPETOS

Las guarniciones, las banquetas y los parapetos son elementos auxiliares del puente que se encuentran en las zonas laterales de éste con objeto de guiar a los vehículos y salvaguardar la estructura de los puentes.

Estos elementos deben recibir servicio de conservación, por ejemplo, la colocación de material sellante y adhesivo entre ellos y la superficie pavimentada; su superficie debe estar permanentemente protegida con pintura e impermeabilizante, y cuando sufren daños, deben ser reparados sin pérdida de tiempo.

2.9.5 JUNTAS

Las juntas de dilatación se colocan para proporcionar movimiento longitudinal a la superestructura de los puentes, y para puntear parcialmente la abertura entre la losa del puente y el acceso, y permitir que los vehículos crucen suavemente.

Es necesario dar conservación al drenaje instalado debajo de los dispositivos de dilatación para impedir su obstrucción y lograr que operen adecuadamente. Hay que lavar frecuentemente las superficies horizontales colocadas bajo las juntas, y así evitar la oxidación del acero y el deterioro del pavimento. Los drenes que cruzan de un lado a otro se deben limpiar frecuentemente para prevenir su obstrucción.

Cuando se presentan aflojamientos y golpeteos de las juntas, es necesario revisarlas y repararlas para evitar molestias a los usuarios y el agrietamiento del pavimento adyacente a las juntas.

2.9.6 SUPERESTRUCTURA

La superestructura del puente está compuesta por los apoyos, las trabes, las armaduras, la losa estructural o piso, la superficie de rodamiento, los parapetos, las banquetas, etc. La superestructura de los puentes generalmente es de acero o de concreto.

En los puentes de acero, uno de los problemas más frecuentes es el óxido. En los casos en los que el óxido haya disminuido la sección transversal de algún miembro estructural de tal manera que la capacidad de carga se haya reducido, hay que proceder a reparar el área afectada.

Los elementos de la estructura dañados por colisiones de los vehículos, por el hielo o por los escombros durante las crecientes, deben ser reparados enderezándolos y reforzándolos. En ocasiones es necesario reemplazar la pieza por ser muy difícil su reparación.

En los puentes de concreto, hay que llevar a cabo inspecciones periódicas para saber si hay en la superficie desconchados y agrietamientos; en caso de que los hubiera, se debe proceder a suprimirlos. Cuando se presentan daños por colisiones de los vehículos, se deben subsanar para evitar que pudieran causar daños a la superestructura del puente.

2.9.7 SUBESTRUCTURA

La subestructura del puente es la sección que transmite la carga y los esfuerzos del piso estructural (superestructura o soporte de carga) al suelo, y está compuesta por los estribos, las pilas y los pilotes. Consiguientemente, las subestructuras soportan todo el peso de los puentes, por lo que resulta evidente la importancia del servicio de

conservación que se les proporcione.

Las operaciones de conservación de las subestructuras de los puentes se llevan a cabo en las siguientes partes:

- * Pilotes

Como los pilotes están protegidos por el material en el que se encuentran colocados, los daños no son frecuentes. Cuando los pilotes están descubiertos, ya sea por su diseño o por socavación, suelen presentar la pérdida de sección por descostramiento en los pilotes de concreto, corrosión en los metálicos y pudrición en los de madera.

En el caso de los pilotes de concreto, todo el material deteriorado debe de ser eliminado hasta llegar al concreto sano, y suprimido todo el óxido del acero de refuerzo. Las superficies de concreto viejo que se unan a concreto nuevo deben cubrirse con algún compuesto adhesivo.

- * Cimientos

Es necesario suprimir toda la erosión de los cimientos para evitar los incrementos de la presión sobre el material restante, y que ésta exceda la capacidad de soporte del material y ocurran asentamientos o movimientos.

Si llegan a presentarse cavidades bajo los cimientos, éstas deben ser rellenas.

- * Sistemas de apoyo

Los apoyos se utilizan para transmitir y distribuir las cargas de la superestructura a la subestructura, al mismo tiempo que permiten a la superestructura realizar los movimientos necesarios sin que se

generen sobreesfuerzos perjudiciales.

Para evitar la acumulación de materias extrañas, se deben limpiar los asientos del puente y de los apoyos, así como pintarlos o galvanizarlos para evitar corrosiones y oxidaciones. Se deben conservar adecuadamente las juntas impermeables del piso para evitar que la humedad penetre en las áreas de apoyo.

2.9.8 LECHO Y MARGENES DEL RIO

Una estructura es tan estable como la cimentación en que descansa. Muchos ríos tienen la tendencia natural a socavar, y se requieren esfuerzos considerables para mantener el lecho en condiciones de que no se agrave esta tendencia y se arruinen las cimentaciones de los puentes. Cuando el agua arrastra escombros en abundancia, frecuentemente se bloquea el cauce, lo que ocasiona daños a la superestructura de los puentes y a sus cimentaciones, especialmente cuando se presentan corrientes extraordinarias. Aun cuando otros daños estructurales son más espectaculares, esta fase de la conservación de las estructuras concerniente a los lechos y a las márgenes es igualmente importante. Los problemas relacionados con este aspecto de la conservación de los puentes son los siguientes:

- * **Erosión**

La erosión es uno de los daños causados por las corrientes extraordinarias. Para evitar la erosión del talud, se puede utilizar roca, roca con techada, tablaestacas entrelazadas, etc. La protección utilizada debe ser compatible con la localización y con la conformación natural de la margen, y se debe usar el material local

cuando sea posible. La velocidad del flujo, el material disponible en el lugar y la dirección de la corriente son los factores decisivos en la selección de los materiales.

- * **Remoción de sedimentos y desechos**

Las barras formadas por sedimentos pueden desviar la corriente contra los estribos y las pilas. Esta concentración del flujo origina incrementos en la velocidad del agua en esos puntos, circunstancia que generalmente aumenta la erosión producida por la corriente.

En la zona del derecho de vía, el cauce aguas arriba debe ser limpiado por lo menos cada año y después de cualquier tormenta que haya arrastrado árboles u otros escombros. Los árboles en peligro de caer dentro de la corriente y alojarse en el cauce u obstruir aguas abajo los claros del puente deben ser removidos.

- * **Agolpamientos de hielo**

En ciertas corrientes, se producen agolpamientos de hielo cuando, a causa del deshielo, se origina la dispersión de los hielos; éstos, moviéndose aguas abajo, llegan a lugares angostos, se traban y forman agolpamientos.

La mejor prevención contra este problema consiste en mejorar el cauce para evitar que los hielos se atasquen. Para lograrlo, deben eliminarse los pedruscos, las curvas cerradas y las barras.

2.9.9 PINTURA

En los puentes de estructura de concreto, se requiere la conservación de la pintura para llamar la atención de los usuarios, y que éstos tomen las precauciones necesarias.

También deben pintarse con frecuencia los parapetos para estén decorosamente presentados.

La pintura que se emplea para el recubrimiento se clasifica, en cuanto a su función, de la siguiente manera:

- * Pintura primaria

La pintura primaria se utiliza para protección, y se aplica directamente sobre la superficie base.

- * Pintura de acabado

La pintura de acabado, además de utilizarse para protección, también se usa para señales, en superficies reflejantes, con fines decorativos, etc., y se aplica directamente sobre la superficie base o sobre la pintura primaria.

Las pinturas deben tener la consistencia necesaria para aplicarlas directamente, es decir, sin diluirlas.

La pintura debe aplicarse solamente sobre superficies completamente secas, durante los períodos de clima favorable y cuando la temperatura sea por lo menos de 5°C.

En los puentes con estructura metálica, la pintura se aplica, y se debe conservar adecuadamente, para evitar la corrosión que se produce en el acero debido al vapor de agua, al viento, etc. En términos generales, para pintar los puentes de estructura metálica, se realizan las siguientes operaciones:

- * El aceite, la grasa, la pintura defectuosa y otros materiales que se encuentren en la superficie deben eliminarse utilizando removedores. Cualquier otro material extraño no graso se eliminará por medios mecánicos, como cepillado, rasqueteado o el que se considere más



Fig. 29. Conservación de un puente

apropiado según las particularidades de dicho material.

- * Si la superficie presenta escamas o señales de oxidación, estos defectos se deben eliminar mediante soluciones desoxidantes o por medio de chorros de arena. Si se encuentran huellas de picaduras después de la aplicación de los chorros de arena, se suspenderán las operaciones y se procederá a corregir la superficie afectada.
- * Debe evitarse limpiar superficies mayores que las que vayan a ser recubiertas con pintura el mismo día.
- * Sobre superficies metálicas expuestas a la intemperie, no debe permitirse la aplicación de pintura cuando la temperatura del metal sea lo suficientemente elevada como para producir ampollas en la película de pintura.
- * La aplicación de la pintura primaria debe realizarse según las especificaciones del fabricante. Una vez aplicada, el aspecto de la pintura primaria seca debe ser uniforme, libre de ondulaciones, escurriduras, gotas, discontinuidades o de cualquier otro defecto. Cuando sea posible, y mientras la pintura se seca, es necesario evitar que ésta quede expuesta al agua, al polvo o a cualquier otro agente extraño que la pudiera afectar.
- * Inmediatamente después de que se hayan secado las capas de pintura primaria, se debe aplicar la pintura de acabado. La aplicación de este recubrimiento se realiza según las instrucciones del fabricante. Una vez aplicada, el aspecto de esta pintura seca también debe ser uniforme, y como en el caso de la pintura primaria, la superficie debe estar libre de ondulaciones, escurriduras, gotas o de cualquier otro defecto de acabado.

2.10 TUNELES

Los túneles son galerías subterráneas abiertas artificialmente a través de un monte, por debajo de un río u otro obstáculo, y se construyen con muy diversos propósitos, entre ellos, para dar paso a las carreteras.

Es importante que los túneles sean inspeccionados regularmente por personal especializado. Las áreas de los túneles que requieren de más cuidado durante las inspecciones son los soportes, las paredes, el techo, los portales, el alumbrado, la ventilación y el drenaje.

Los soportes se deben mantener siempre firmes y seguros a lo largo de todo el túnel, por lo que es necesario evitar que el agua los debilite; por lo tanto, también se debe dar especial atención al drenaje para encauzar correctamente el agua subterránea que entra a través del revestimiento, y la superficial que entra al túnel llevada por los vehículos.

Las paredes y el techo de los túneles deben ser examinados frecuentemente para detectar filtraciones de agua que pudieran afectar la estructura del túnel y ocasionar molestias al usuario. En caso de que el túnel tenga losetas de cerámica, estas deben ser lavadas todos los años y reparadas apropiadamente.

Los portales del túnel deben permanecer libres de rocas y de depósitos de nieve u otros materiales que resulten peligrosos para los usuarios del túnel.

Se debe poner especial atención al alumbrado de los túneles para proporcionar el nivel adecuado de visibilidad a lo largo de los mismos.

El sistema de ventilación es muy importante por la contaminación atmosférica y el calor generados por los vehículos.

La ventilación de los túneles debe ser inspeccionada cuando menos

cada mes, y el medidor del flujo de aire debe funcionar permanentemente para saber si el sistema de ventilación trabaja adecuadamente.

2.11 CONTROL DE LA NIEVE Y DEL HIELO

Aunque el control de la nieve y del hielo no son labores de conservación muy comunes en nuestro país debido a que el clima, por lo general, es templado, en los estados del norte de México, en época de invierno suele nevar, razón por la cual se ha incluido este tema.

En invierno, la eliminación de la nieve y del hielo es el principal problema de conservación en las áreas afectadas. Para resolverlo apropiadamente, se requiere una organización cuidadosa y entrenamiento especializado. La comunicación rápida por medio de equipos de radiotransmisor y receptor es uno de los principales adelantamientos para coordinar las operaciones de eliminación de la nieve y del hielo.

Las medidas para reducir al mínimo la formación de ventisqueros a través del camino deben ser tomadas antes de la entrada del invierno. Las cercas contra la nieve ofrecen un medio efectivo y económico para reducir la velocidad del viento, y así los ventisqueros se forman junto a la vía en lugar de formarse sobre la misma. Las cercas contra la nieve se colocan antes de que la tierra se congele, y se retiran en la primavera. Su localización apropiada es en el lado de barlovento, formando ángulo recto con la dirección del viento dominante, y alejadas de la carretera aproximadamente a la distancia equivalente a 15 veces la altura de la cerca. La cerca más común consiste de tablones de madera de 1.22 metros de altura, unidos por secciones con alambre galvanizado. Se colocan con soportes de postes o hierros en ángulo incrustados en la tierra. Los árboles (particularmente de la variedad de las coníferas) u otra vegetación, estando a la distancia suficiente de la carretera, también son medios efectivos para evitar la formación de ventisqueros. Sin embargo, las cercas y las

plantaciones cercanas al camino agravan el problema de los ventisqueros, y deben evitarse siempre que sea posible.

En las zonas rurales, la nieve que cae sobre las carreteras se elimina por medio de motoconformadoras y se arroja a los lados del camino. Las operaciones de eliminación deben comenzar inmediatamente después de que la nieve comienza a caer. Cuando la precipitación de nieve es menor de 75 centímetros, aproximadamente, los camiones de mantenimiento con capacidad de 1.5 a 2 toneladas equipados con barredora de lámina son efectivos. Para lugares donde la caída de nieve sea mayor, se deben utilizar camiones más grandes, generalmente de doble tracción y equipados con paletas, con láminas o con arados en forma de "V", de funcionamiento hidráulico.

En los vallados y otros lugares donde las copiosas nevadas y la consiguiente formación de montones de nieve originan grandes ventisqueros, lo más efectivo es utilizar quitanieves rotatorios que arrojan la nieve a distancias considerables.

En Estados Unidos, donde las nevadas son mucho más copiosas que en México, ocasionalmente han calentado tramos cortos de la superficie del pavimento y del acotamiento para fundir la nieve a medida que cae.

La formación de hielo en las carreteras después de las lluvias o de las nevadas reduce a menos de la mitad el coeficiente de fricción entre las llantas de los vehículos y la superficie del pavimento, e impide el control apropiado de los vehículos. Para disminuir el peligro así creado, se deben aplicar abrasivos a la superficie del pavimento. Normalmente, estos abrasivos se tratan con cloruro de calcio, con cloruro de sodio sólido o con salmueras antes de su almacenamiento. Como el punto de congelación de

las soluciones salinas es inferior que el del agua, estos aditivos evitan la congelación en los montones o en las tolvas, y aseguran la penetración de las partículas en el hielo. La experiencia ha demostrado que los abrasivos no tratados, aún cuando se calienten antes de la aplicación, se dispersan sin producir beneficio alguno. El cloruro de calcio en escamas disminuye más el punto de congelación de los abrasivos almacenados o amontonados que igual cantidad de sal en grano. Los abrasivos se acarrearán por medio de camiones, y se distribuyen a pala o mediante cajas esparcidoras.

Aparte de los productos químicos mencionados, otra manera de evitar que se forme hielo sobre la superficie del pavimento es el empleo de productos cortantes. Generalmente, la arena con aristas suele ser el mejor cortante; también se utilizan las cenizas limpias y los tamizados de piedra lavados.

2.12 OBRAS DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA

Las obras de mejoramiento de la carretera son las complementarias que se van requiriendo durante la operación de la misma, y suelen ser ampliaciones, entronques, libramientos y otras.

Las ampliaciones se llevan a cabo cuando, al paso del tiempo, las carreteras se tornan insuficientes debido al aumento de los vehículos que las transitan. Generalmente, estos incrementos ocurren porque, a pesar de que se realizan estudios de población antes de proyectar y construir las carreteras, con el paso del tiempo, algunos núcleos de población crecen de manera insospechada, o por alguna razón, los viajes entre una población y otra aumentan en forma desmedida.

Antes de realizar las ampliaciones, se deben llevar a cabo los estudios necesarios para que éstas cubran las necesidades actuales y futuras.

Las ampliaciones de las carreteras se deben realizar teniendo presente lo siguiente:

- * Antes de iniciar cualquier trabajo de ampliación, deben colocarse las señales provisionales necesarias.
- * Deben retirarse las señales permanentes que estorben o puedan ser dañadas al realizar las obras.
- * En caso de que la magnitud de los trabajos lo amerite, previamente a la iniciación de los mismos se deben acondicionar y poner en servicio las desviaciones necesarias.
- * Al terminar los trabajos de ampliación, se deben reponer las señales permanentes necesarias y retirar las señales provisionales colocadas con motivo de las obras.

La construcción de libramientos, de entronques y de otras obras de



Fig. 30. Obras de mejoramiento

mejoramiento de la carretera se deben realizar según las necesidades o modificaciones que haya tenido la misma para que su funcionamiento sea el adecuado.

3 CONCLUSIONES

Después de examinar los problemas que acarrea la explotación de las carreteras y el reto que representa conservarlas permanentemente en servicio, deducimos que, si bien los problemas no son pocos, las soluciones abundan: se dispone de una amplia gama de operaciones que pueden aplicarse específicamente a cada uno de los elementos de las carreteras, y contamos con el personal científico, técnico y operativo suficiente para llevarlas a cabo.

Respecto de la construcción y de la conservación de carreteras, necesario es reconocer que, debido al crecimiento económico y demográfico del país, la red carretera nacional resulta cuantitativamente insuficiente; si fijamos la atención en el aspecto cualitativo, debemos admitir que, aunque disponemos de autopistas recientemente inauguradas, vamos a la zaga respecto de los países más desarrollados, que regularmente emplean tecnología avanzada para construir, operar y conservar sus carreteras.

Los problemas relacionados con la red carretera nacional se deben a la escasez de recursos provocada por la situación económica del país. Las dificultades aumentarán si, como es de esperarse, llegan a buen término

las negociaciones que actualmente México sostiene con Canadá y con E.U.A. respecto del Tratado de Libre Comercio, porque entonces habrá más demanda de transportación en todo el territorio nacional.

Si consideramos que las carreteras constituyen un patrimonio de interés nacional; que como anteriormente se ha indicado, las carreteras crecen continuamente en todos los países; que nuestras carreteras son cuantitativa y cualitativamente insuficientes, y ante la posibilidad de la firma del Tratado de Libre Comercio, resulta imprescindible la expansión y modernización de la red carretera nacional.

Dominar las técnicas y utilizar los recursos disponibles, y de esta forma satisfacer las demandas siempre crecientes de la red carretera nacional: esta es la tarea y el reto actuales del servicio de conservación de carreteras.

Prepararse técnicamente para satisfacer las demandas de una desarrollada y modernizada red carretera nacional: esta es la tarea y este el reto que próximamente se le planteará al servicio de conservación de carreteras.

4

BIBLIOGRAFIA

Bruce, Arthur G. y Clarkson, John: *Highway design and construction*. International Textbook Company, E.U.A, 1960.

Cano Pérez, Guillermo: *Normas y procedimientos de conservación y reconstrucción de carreteras*. Secretaría de Obras Públicas, México.

Crespo Villalaz, Carlos: *Vías de comunicación*. Limusa, México, 1980.

Etcharren Gutiérrez, René: *Manual de caminos vecinales*. Asociación Mexicana de Caminos, México, 1969.

Galiana Mingot, Tomás de: *Pequeño Larousse de ciencias y técnicas*. Editorial Larousse, Francia, 1967.

Jiménez González, Raúl y Pavón Barahona, Edgar: *Sugerencias para la conservación de carreteras*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, 1989.

Ministerio de Obras Públicas: *Catálogo de operaciones de conservación de carreteras*. España, 1987.

Oglesby, Clarkson Hill: *Ingeniería de carreteras, calles, viaductos y pasos a desnivel*. John Willey & Sons, E.U.A., 1964.

Olivera Bustamante, Fernando: *Estructuración de vías terrestres*. CECSA, México, 1988.

Olivera Bustamante, Fernando: *Tecnología para el proyecto de pavimentos flexibles*. UNAM, México, 1982.

Real Academia Española: *Diccionario de la Lengua Española*. España, 1970.

Salas Rico, Raúl: *Cartilla para la conservación de caminos rurales con participación de la comunidad*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes: *Catálogo de fallas de pavimentos*. México, 1984.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes: *Manual para el constructor de carreteras*. México, 1977.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes: *Manual para inspección y conservación de puentes*. México, 1988.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes: *Normas de servicios técnicos*

- Carreteras. México, 1984.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes: *Normas para la construcción e instalaciones, carreteras y aeropistas - Estructuras y obras de drenaje.* México, 1984.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes: *Normas para la construcción e instalaciones, carreteras y aeropistas - Pavimentos.* México, 1984.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes: *Normas para la construcción e instalaciones, carreteras y aeropistas - Terracerías.* México, 1984.

Secretaría de Obras Públicas: *Curso de mantenimiento de carreteras y diseño de pavimentos flexibles.* México, 1976.

Secretaría de Obras Públicas: *Normas y procedimientos de conservación y reconstrucción de carreteras.* México, 1970.

The Asphalt Institute: *Manual del asfalto.* Urmo, S. A. de Ediciones, España, 1972.

Tlaxler, Ralph N.: *El asfalto.* Compañía Editorial Mexicana, México, 1962.

Wright, Paul H. y Paquette, Radnor J.: *Highway engineering.* John Willey & Sons, E.U.A., 1987.