

C/094  
2000



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS INSTITUCIONALES**

**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE  
INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

**CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES.**

Del 14 al 15 de Julio del 2000.

*APUNTES GENERALES*

Ing. Antonio Silva Tonché  
Palacio de Minería  
Julio/2000

## INTRODUCCION

El curso está enfocado a los ingenieros que tienen la responsabilidad de mantener y operar el sistema de carreteras y puentes.

No se presentará información detallada de técnicas y procedimientos, sino más bien, se tratará de alertar a los superintendentes de las varias responsabilidades presentes en el mantenimiento.

También se indicarán los problemas que pueden ser encontrados y las operaciones que puedan ayudar a sobreponer éstos, para así cumplir con las responsabilidades necesarias.

Para poder dar servicio al constante tránsito de vehículos, tiene que proveerse de mantenimiento a las superficies de rodamiento.

Las superficies pavimentadas están hechas de materiales bituminosos o de concreto y son soportados por una base, sub-base o subrasante.

carreteras cuando el desgaste de éstas sea evidente aunque no haya evidencia de fallas locales. Los tipos de operaciones preventivas pueden ser el reemplazo de un material bituminoso oxidado en un concreto asfáltico por medio de tratamientos en la superficie, recubrimientos ligeros o sellos de lechada. Estas operaciones son de tipo preventivo siempre y cuando tomen lugar antes que un deterioramiento se haga presente.

## CAPITULO 2 MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO ASFALTICO

### 2.1. Introducción

Los pavimentos asfálticos consisten en una superficie de agregados minerales gruesos revestidos y unidos por medio de un cemento asfáltico. Este capítulo tratará sobre el mantenimiento de éstas mezclas, desde el concreto asfáltico producido en plantas, hasta los sellos de lechadas, tratamiento de superficies y mezclas frías. Estas mezclas, independientemente de como sean usadas, bien sobre piedra triturada, en hormigón de cemento portland, o en grava o tierra, tienen en común, que todas ellas son una mezcla de asfalto y agregados. Debido a la habilidad que tienen estos pavimentos a deformarse de una forma similar a la de su fundación, éstos son denominados "flexibles", comparados a los pavimentos hechos de hormigón los cuales son denominados "rígidos".

Los tipos de problemas encontrados en los pavimentos asfálticos están detallados en la publicación "PAVER" de la APWA/COE y un resumen de ellos es presentado en el FIGURA 2-1, "Tipos de Problemas en Pavimentos Asfálticos".

Los problemas en la superficie pueden estar relacionados solamente con ésta, así como la desmoronización, la meteorización, la exudación y algunas formas de cuarteo; o, ellos pueden ser causados por problemas con la subrasante. Problemas como ondulación, túmulos y depresiones, son fallas en la superficie originados por una subrasante débil que ha sido desplazada por cargas o movida por el congelamiento del suelo o por el aumento en volumen de éste. La cura del problema está entonces en corregir los defectos de la subrasante. Obviamente, éste es un proceso que toma mucho tiempo y además es una operación cara, entonces, unas medidas menos drásticas son usualmente tomadas; como por ejemplo, incrementar la resistencia al pavimento por medio de la colocación de nuevas capas. Usualmente la condición de la subrasante puede ser mejorada removiendo el agua en la carretera creando nuevas zanjas o haciendo mas profundas las zanjas existentes; o añadiendo desagües cerca de los bordes del pavimento. La remoción del agua subterránea da como resultado una subrasante más fuerte y los problemas en el pavimento pueden ser corregidos, con un poco de esperanza, permanentemente.

El objetivo de dar mantenimiento al pavimento es el de conservarlo en una condición similar a la original de cuando fue construido. Debido a que este tipo de pavimentos obtiene el mayor soporte de la subrasante, las propiedades impermeables de los pavimentos proveen un sello que impide al agua afectar la capacidad de sustentación de la subrasante; debido a ello, es particularmente importante el mantenimiento de la superficie pavimentada. Este mantenimiento será discutido en dos amplias categorías: mantenimiento preventivo y mantenimiento de reparación o correctivo.

El mantenimiento preventivo incluye aquellas operaciones que se relacionan con las evidencias iniciales del deterioro de la superficie, como fisuras



FIGURA 2-1 TIPOS DE PROBLEMAS EN PAVIMENTOS ASFALTICOS

Calidad de Rodadura	La pérdida en la calidad de rodadura es causada por tómulos, ondulaciones, hinchamientos, y desplazamientos. Los factores que causan éstos son la estabilidad de la subrasante, y quizás, la estabilidad de la mezcla.
Cuarteo de Cocodrilo	Son una serie de fisuras interconectadas causadas por fallas de fatiga en la superficie sometida a cargas repetidas.
Exudación	Es una capa delgada de material bituminoso sobre la superficie la cual crea una superficie brillante debido al exceso de asfalto en la mezcla o debido al insuficiente número de huecos.
Cuarteo en Bloque	Son fisuras interconectadas las cuales dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares causadas por la contracción y los ciclos de temperatura en el asfalto endurecido. No está asociado con cargas.
Tómulos y Depresiones	Son pequeños levantamientos en el pavimento. Pueden ser causados por heladas del suelo, acumulación de materiales en las fisuras sumadas a las cargas de tránsito, o por el pandeo de las losas de concreto debajo del pavimento asfáltico.
Ondulaciones	Son una serie de levantamientos poco separados uno de los otros los cuales ocurren en intervalos regulares y son causados por la acción del tránsito sobre una base o pavimento inestable.
Depresiones	Son áreas localizadas del pavimento las cuales están un poco mas bajas que las áreas circundantes y son causadas por un asentamiento del suelo de la fundación.
Cuarteo de Bordes	Son fisuras en y cerca de los bordes de afuera del pavimento y son causados por las cargas de tránsito sobre una base débil.
Cuarteo de las Juntas de Reflexión	Son fisuras en la superficie asfáltica sobre las juntas de losas hechas de hormigón de cemento portland.
Caída de las Vías/Espaldón	Es la diferencia en elevación entre el pavimento y los espaldones causado por el asentamiento de los espaldones o la erosión de los materiales en éstos.

FIGURA 2-1 TIPOS DE PROBLEMAS EN PAVIMENTOS ASFALTICOS (CONT.)

Cuarteo Longitudinal Transversal	Fisuras sin reflexión causadas por una mala construcción de las juntas de la vía o por una contracción del concreto asfáltico o por el endurecimiento del asfalto.
Bacheos y Cortes de la Empresa de Servicios Públicos	Es una área de pavimento que ha sido por reemplazada por un nuevo material.
Agregados Pulidos	Son materiales alisados a causa de la repetida acción del tránsito.
Baches de Nido	Son pequeñas depresiones en forma de tazón en el pavimento causadas por mezclas pobres, puntos débiles en la subrasantes, debido a la acción del tránsito.
Huellas	Son depresiones de la superficie en la dirección del paso de las ruedas de los vehículos. Estos son debido a la deformación del pavimento o subrasante causado por el paso de vehículos con ejes pesados.
Desplazamiento	Es un desplazamiento longitudinal permanente de un área específica del pavimento causada por las cargas de tránsito.
Cuarteo por Deslice	Son fisuras en forma de media luna o cuarto creciente las cuales apuntan en dirección contraria al movimiento del tránsito. Estas son causadas por el frenar de los vehículos que hacen que el pavimento se deslice o deforme.
Esponjamiento	Es un levante de cóncavo en el pavimento causado por el aumento en volumen del suelo o por la acción del congelamiento.
Meteorización y Descarnadura	Es un desgaste del pavimento causado por la pérdida del material aglomerante, y luego, de los agregados.

---

frías, descarnadura y pérdida de material bituminoso. Estas operaciones incluyen el sellamiento de las fisuras, el bacheo por medio de capas frías, y varias operaciones de sellado del pavimento.

El mantenimiento correctivo o de reparación llega a ser necesario cuando los problemas en el pavimento se hacen evidentes a través de la presencia de fisuras significativas, túmulos o depresiones, los cuales interfieren con el flujo libre del tránsito y pueden resultar en la pérdida del pavimento,

y si éstos no son corregidos, en una falla progresiva del pavimento y de la subrasante.

Antes de la preparación anual del programa de trabajo, una inspección del pavimento deberá de practicarse para indicar la condición del mismo, tomando en cuenta el cuarteo, la descarnadura, y el desplazamiento. La Figura 2-2, "Forma para la Evaluación de Pavimentos Asfálticos", y La Figura 2-3, "Forma sobre la Condición de Pavimentos Flexibles", indican un ejemplo de las formas que pueden ser usadas y el tipo de información que tiene que ser considerado. Una evaluación sobre la causa de cualquier deterioración debe de hacerse y luego el tipo de acción correctiva a tomar tiene que ser determinada. La condición relativa de cada sección tiene que determinarse para que así las prioridades puedan ser establecidas. Es también importante hacer notar que el mantenimiento preventivo se costea a sí mismo, en el sentido que evita la necesidad de reparaciones más caras en el futuro. El trabajo más importante desarrollado por un mantenimiento es el de detectar y corregir defectos menores tempranamente.

## 2.2 Principios Básicos sobre Concreto Asfáltico

Las superficies asfálticas son mezclas de agregados y materiales de asfalto. Los agregados incluyen rocas trituradas, grava triturada, arena, y rellenedor mineral. Los materiales asfálticos incluyen el cemento asfáltico, asfaltos reconstruidos y emulsión asfáltica de varias calidades.

El funcionamiento de los pavimentos asfálticos y la reparación durante el mantenimiento depende ampliamente de la estabilidad de la mezcla; el apego a los diseños de mezcla; la continuidad de la estructura pavimentada; la continuidad de la base subrasante o soporte; y la limitación de las cargas en los ejes y ruedas conforme al diseño de las cargas de diseño. El mantenimiento del pavimento asfáltico debe procurar una adecuada estabilidad en los materiales de bacheo, por un establecimiento de la base o subrasante igual al de las áreas adyacentes, y por superficies que resistan la penetración del agua.

Las mezclas asfálticas deben ser proporcionadas para que cuando sean compactadas tengan: (1) Resistencia estructural para distribuir las cargas de los ejes a la base, sub-base, o subrasante sin deformaciones permanentes; (2) Dureza para resistir la acción desgastadora del tránsito, y (3) Textura en la superficie para resistir la penetración del agua, la oxidación por el aire, y el deslizamiento de los vehículos.

Los agregados usados en la mezcla deben de estar bien proporcionados y tener un revestimiento adecuado de asfalto para producir la densidad deseada. Los materiales asfálticos deben de ser incorporados en la mezcla para revestir todas las partículas de agregados uniformemente; para que así la mezcla se mantenga junta, y los materiales deben proveerse en cantidades adecuadas, para llenar casi todos los huecos entre las partículas de agregados.

FIGURA 2-2 FORMA PARA LA EVALUACION DE PAVIMENTO ASFALTICO

Calle o Ruta \_\_\_\_\_ Ciudad o Condado \_\_\_\_\_  
 Longitud del Proyecto \_\_\_\_\_ Ancho \_\_\_\_\_  
 Tipo de Pavimento \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

(Nota: Una evaluación de "0" indica que no hay presencia de defectos)

DEFECTOS	EVALUACION
Fisuras transversales.....	0-5 _____
Fisuras longitudinales.....	0-5 _____
Cuarteo de cocodrilo.....	0-10 _____
Fisuras de contracción.....	0-10 _____
Huellas.....	0-10 _____
Ondulaciones.....	0-5 _____
Descarnadura.....	0-5 _____
Desplazamiento o empuje.....	0-10 _____
Baches de Nido.....	0-10 _____
Asfalto en exceso.....	0-10 _____
Agregados lisos.....	0-5 _____
Drenaje deficiente.....	0-10 _____
Calidad total de Rodadura (0 es excelente; 10 es muy pobre).....	0-10 _____
Suma de defectos	_____
Condición de Evaluación = $100 - \frac{\text{Suma de defectos}}{100}$	= 100 - _____
Condición de evaluación = _____	

Fuente: Instituto del Asfalto (Alphalt Institute)



La estabilidad de la mezcla depende de la combinación, de la fricción interna y de la adhesión. La fricción interna es proveída por la unión de las partículas de agregados; el asfalto provee la adhesión. Demasiado asfalto sobrellena los espacios entre las partículas de agregados, ésto da lugar a un pavimento o bacheo inestable y a una mezcla consolidada por el tránsito, lo cual genera un pavimento liso, con charcos, huellas u otras condiciones indeseables. Para un buen funcionamiento es absolutamente necesario usar agregados con buena clasificación y tener una buena graduación donde los con agregados de menor tamaño, llenarán los espacios entre otros agregados, y usar solo el asfalto suficiente para revestir uniformemente las partículas.

En la mayoría de las mezclas hechas en planta todos los diferentes tamaños de agregados son incorporados en la mezcla y uniformemente revestidos con asfalto. Cuando el material es esparcido y compactado éste llena los requerimientos para una superficie de rodamiento adecuada.

### 2.3 Mantenimiento Preventivo

Todos los pavimentos requieren de mantenimiento puesto que los esfuerzos y fuerzas de la naturaleza están constantemente actuando sobre ellos. Los esfuerzos naturales son causados por los cambios de humedad y temperatura. Mientras las cargas más ligeras eventualmente causan alguna fatiga en el pavimento con el tiempo, el tránsito de vehículos pesados rápidamente lo dañan. Fisuras y otros tipos de roturas de la superficie, que en etapas tempranas parecen ser invisibles, pueden desarrollarse en defectos serios los cuales pueden ser muy costosos en términos de tiempo, dinero y trabajo. En términos de esfuerzo en mantenimiento y de uso de las instalaciones, la corrección rápida de los defectos en el pavimento es eficiente en costo. La corrección de los defectos puede ser alcanzada sellando los pavimentos para evitar la intrusión del agua y así evitar una mayor deteriorización.

#### 2.3.1 Sellamiento de Fisuras

Existen muchas formas de cuarteo y de técnicas de reparación las cuales varían desde un simple relleno de las fisuras hasta la remoción completa del área con problemas. Algunas de las formas de cuarteo con ocurrencia más frecuente son las fisuras en la superficie (de cocodrilo), las fisuras en los bordes, y las fisuras en las juntas de las vías. Estas fallas y las técnicas que han resultado en reparaciones duraderas son descritas en este capítulo del manual.

#### 2.3.2 Cuarteo de Cocodrilo o por Fatiga

Una superficie cuarteada por fatiga o con fisuras de cocodrilo es reconocida por fisuras que se unen y forman polígonos. Después de una repetida carga de tránsito el área con fallas desarrolla un patrón de fisuras que son parecidas a la piel de cocodrilo. Las áreas afectadas son usualmente pequeñas, aunque, si no se toman medidas para corregirlas en corto tiempo, el área fallada puede extenderse sobre la sección entera del pavimento (Figura 2-4 "Fisuras de Cocodrilo", muestra un severo cuarteo de cocodrilo).

Cuando un cuarteo de mediana severidad no es corregido a tiempo, un alto nivel de severidad de cuarteo de cocodrilo se desarrollará. Fisuras adicionales aparecerán en el área dañada y el tamaño de los polígonos será reducido. La ruptura en lajas se hace más severa y los polígonos se aflojan hasta que éstos se desmoronan y algunos son removidos debido a la acción del tránsito, dejando entonces, hoyos en la superficie. La deformación de la superficie bajo cargas pesadas de vehículos es obvia y deterioro en la subrasante puede ocurrir.

Debido a que el cuarteo de cocodrilo es el resultado de fallas en la subrasante o en la base, el único método permanente de reparación es la remoción del material dañado y la reconstrucción de la subrasante, la base y la superficie. Sin embargo, el cuarteo del nivel bajo o del mediano puede ser temporalmente reparado aplicando una superficie de tratamiento de asfalto o un relleno de fisuras. Algunas veces el tratamiento de la superficie o el relleno de fisuras puede detener la penetración del agua en la superficie en la base o subrasante y el deterioramiento progresivo puede ser retrasado, o detenido. La eficiencia de este tipo de reparación depende de las condiciones de drenaje debajo de la superficie, del tipo de suelo de la subrasante, de la cantidad de distorsión en la superficie, y de las condiciones de drenaje en la superficie. El superintendente debe juzgar las circunstancias en cada lugar en el cual se presenten niveles bajos o medios de severidad de cuarteo de cocodrilo y debe determinar si un tratamiento de superficie o un relleno de fisuras resolverían el problema. En cualquier circunstancia, un retraso en las reparaciones probablemente pueda resultar en un daño más severo y más costoso. El relleno de fisuras no es apropiado en niveles altos de deterioro generado por las fisuras de cocodrilo.

FIGURA 2-4 CUARTEO DE COCODRILO



En el proceso de reparación, primero, el tránsito tiene que ser desviado del área de trabajo usando señales apropiadas de tránsito y otros implementos que sean seguros. El área a ser tratada y una región aproximadamente 1/8 de pulgada (0.3 mm) afuera de los límites de las fisuras, tiene que ser limpiada removiendo suciedad, polvo, y materiales sueltos. Si es necesario, aire comprimido puede ser aplicado para limpiar las fisuras. Luego un material bituminoso debe ser aplicado usando barras distribuidoras de rociamiento de asfalto o una manguera de mano, dependiendo del área a reparar, en una región que incluya el área previamente limpiada y un área aproximadamente 6 pulgadas (150 mm) fuera de ésta. Asfalto líquido RC-250 o RC-800 (emulsiones RS-2, CRS-2) deben ser aplicados a una razón de 1.4 a 2.3 l/m<sup>2</sup> (1/3 a 1/2 galones por yarda cuadrada). Cuando sea posible, deben usarse las barras de rociamiento del distribuidor para aplicar el asfalto líquido puesto que con este método un control más exacto en la razón de aplicación del asfalto es conseguido. Debido a que el ancho de aplicación de la barra rociadora del distribuidor puede ser disminuido en incrementos de 4 a 6 pulgadas (100 a 150 mm), un área de fallo sobre la senda dejada por las ruedas puede ser sellada efectivamente sin desperdicios de material. Un poco más de asfalto líquido RC-250 o RC-800 (emulsiones RS-2, CRS-2) tiene que ser aplicado cuando la superficie de pavimento fallada este limpia y seca. Inmediatamente después de haber rociado el asfalto, agregados de recubrimiento, o sea piedras No. 14 (1/4 de pulgada (6 mm) máximo), deben ser aplicadas. Los agregados deben ser esparcidos uniformemente sobre la superficie usando un espaciador de agregados autopropulsado a una razón de 1000 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> (823 pies<sup>2</sup>/yd<sup>3</sup>). El material de recubrimiento debe ser consolidado usando un consolidador de llantas de caucho antes de que el asfalto líquido se enfríe, asegurando un mínimo de tres pasadas del consolidador sobre toda la superficie remendada.

Tratamientos adicionales son aplicados si es necesario reconstruir la superficie con cuarteo de cocodrilo al mismo nivel que el pavimento adyacente. Las razones de aplicación de RC-250 o RC-800 (emulsiones RS-2, CRS-2) tienen que ser reducidas entre 1/4 y 1/3 gal/yd<sup>2</sup> (1.1 a 1.6 l/m<sup>2</sup>) cuando múltiples tratamientos son requeridos para propósitos de nivelación. Los agregados de recubrimiento para el primer tratamiento también tienen que ser reducidos a 660 pies<sup>2</sup>/yd<sup>3</sup> (80 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) (área cubierta por metro cúbico). Las razones de aplicación de RC-250 o RC-800 (emulsiones RS-2, CRS-2) deben de ser desde 1/3 a 1/2 gal/yd<sup>2</sup> (1.6 hasta 2.0 l/m<sup>2</sup>) y la de agregados de recubrimiento debe de ser de 1,360 pies<sup>2</sup>/yd<sup>3</sup> para el segundo tratamiento y otros subsecuentes. Después de la re-pavimentación el área debe de ser curada antes de permitir el tránsito de vehículos.

En áreas pequeñas con cuarteo de cocodrilo de mediana severidad con fisuras de 6mm (1/4 de pulgada) de ancho, o más y con polígonos (fisuras con numerosos ángulos y lados) sin estar sueltos, las fisuras pueden ser selladas rellenándolas por medio de la aplicación de un material sellador de fisuras asfáltico caliente. Refiérase al párrafo apropiado en este capítulo para el procedimiento recomendado.

En regiones de alta severidad de cuarteo de cocodrilo, los métodos de reparación requieren la remoción del material inestable de la base y de la subrasante y el reemplazo de éstos por un material estable aprobado. Cuando el problema esta relacionado con el drenaje, las mejoras en el sistema del



drenaje deben de hacerse antes de reemplazar la subrasante, la base y las capas de la superficie.

Cuando el superintendente determina que es necesario remover y reemplazar el material de la base o subrasante refiérase a la sección 2.7, "Técnicas de Reparación de Base y Subrasante", de este capítulo referente a métodos y procedimientos aprobados. Cuando una extensa área necesite reparación, el pavimento es colocado usando un pavimentador y la compactación es obtenida ocupando consolidadores aprobados.

La secuencia de reparación del cuarteo de cocodrilo es la siguiente:

- o Instalar implementos de control de tránsito en el área de trabajo;
- o Marcar los límites del área a reparar;
- o Remover la suciedad y materiales sueltos de las fisuras y superficie;
- o Rociar el área a reparar con asfalto;
- o Esparcir uniformemente los agregados de cobertura en el área a remendar;
- o Consolidar;
- o Repetir el paso cuarto, quinto y sexto sí es requerido para cumplir la calidad;
- o Remover los escombros del área de trabajo; y
- o Recoger los implementos de control de tránsito del área de trabajo.

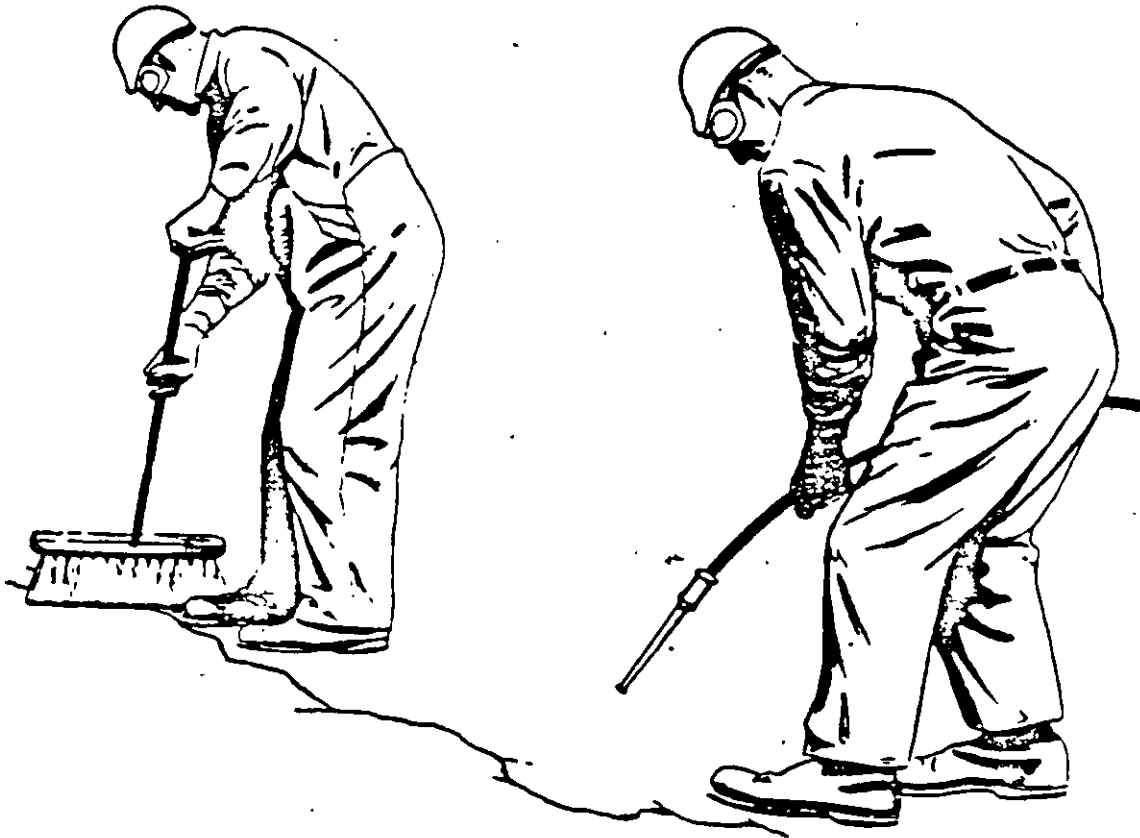
### 2.3.3 Fisuras de los Bordes

Las fisuras de los bordes son fisuras longitudinales que se desarrollan a una distancia aproximada de 1 pie (0.3 m) del borde del pavimento. Estas fisuras algunas veces están acompañadas de fisuras transversales dirigidas hacia los espaldones. Una niveladora puede esparcir el asentamiento, y una vez que el corte apropiado es obtenido con el requerido contenido de humedad, la compactación es obtenida por medio de una compactadora con llantas de caucho.

En zonas donde el espaldón esta muy bajo una cuna de concreto bituminoso caliente debe de ser construida para nivelar el espaldón con el borde del pavimento. Secciones cortas de este tipo de reparación deberán de ser hechas a mano, colocando el material en el borde del pavimento y nivelando con palas. Una reducción gradual del material disminuyendo hacia la superficie del espaldón debe de hacerse y luego con un compactador vibratorio de bacheos tiene que compactarse.

Las fisuras de los bordes de 1/4 de pulgada (6 mm) de ancho, o menos, deben de ser selladas con un sello de asfalto y arena debido que éstas son muy pequeñas como para permitir que sean selladas individualmente. El área a ser sellada debe de limpiarse barriéndola o por medio de aire comprimido.

FIGURA 2-5 LIMPIEZA DE FISURAS CON ESCOBAS Y AIRE COMPRIMIDO



(La Figura 2.5 "Limpieza de Fisuras con Escobas y Aire" muestra como limpiar las fisuras). Seguidamente, una mezcla uniforme de una emulsión asfáltica de rápido curado debe de ser aplicada a una razón de 0.15 a 0.25 gal/yd<sup>2</sup> (0.7 a 1 l/m<sup>2</sup>) gal/yd<sup>2</sup>). Inmediatamente después de la aplicación del asfalto, una capa de arena aprobada debe de ser tirada sobre el área en una cantidad un poco mayor de la que el asfalto pueda cubrir. Usando escobas las pilas de arena tienen que ser niveladas y luego consolidadas por un consolidador de 3 a 5 toneladas con llantas de caucho. El exceso de arena no es necesario barrerlo puesto que el paso de vehículos limpiará la zona reparada.

La secuencia de reparación de las fisuras y de los bordes es la siguiente:

- o Instalar implementos de control de tránsito en el área de trabajo;
- o Transportar el material selecto de préstamo, necesario para proveer soporte lateral;
- o Humedecer hasta alcanzar el contenido de humedad necesaria;
- o Esparcir el material de préstamo selecto con una moto-niveladora;
- o Consolidar con una compactadora con llantas de caucho;

- o Limpiar el área a ser sellada con una escoba o aire comprimido;
- o Esparcir el asfalto usando una manguera de mano o una barra rociadora del distribuidor;
- o Esparcir la arena usando palas;
- o Compactar la arena de cobertura con una compactadora con llantas de goma; y
- o Recoger los implementos de control de tránsito del área de trabajo.

#### 2.3.4 Fisuras de Bordos de Severidad Mediana

Las fisuras de mediana severidad en los bordes normalmente requieren no solo de sellamiento de la superficie pavimentada, sino también de la nivelación de las depresiones causadas por asentamiento. Si en lugares donde no existe soporte lateral se advierte la presencia de fisuras de borde, el procedimiento de reparación a seguir deberá de ser igual al descrito para la reparación de fisuras de bordes de severidad baja del tipo de espaldón.

Después que el espaldón sea constituido para dar el soporte lateral necesario, las fisuras deben de ser selladas. Esto se hace para fisuras de 1/4 de pulgada (6 mm), o más anchas, llenándolas con una mezcla caliente de un sellador de fisuras asfáltico aprobado (Figura 2-6 "Vertimiento del Sellador de Fisuras" muestra la aplicación de una emulsión en una fisura). Primero las fisuras deben de ser limpiadas usando aire comprimido, luego usando un recipiente, el material sellador debe de ser vertido adentro de las fisuras o áreas circundantes con un alisador de mano. También las fisuras pueden ser llenadas usando una manguera de mano alimentada por una caldera caliente; cualquier tipo de equipo es satisfactorio. Una cobertura ligera de arena seca tiene que ser tirada sobre la fisura recién sellada para evitar que el tránsito remueva el sellador.

Cuando ha ocurrido asentamiento, un material premezclado de bacheo de asfalto y arena es colocado para nivelar el área fallada con la pendiente del pavimento circundante. Refiérase a la Sección 2.3 "Mantenimiento Preventivo" de este capítulo el cual indica los procedimientos a seguir. Debe de tenerse cuidado de disminuir gradualmente el material de bacheo hacia el pavimento circundante para así proveer de una superficie de rodamiento pareja.

La secuencia para la reparación de las fisuras de bordes es la siguiente:

- o Instalar los implementos de control de tránsito en el área de trabajo;
- o Seguir los pasos segundo, tercero, cuarto y quinto recomendados en las fisuras de baja severidad;
- o Limpiar las fisuras usando aire comprimido;

- o Rellenar las fisuras con el material sellador;
- o Tirar arena sobre la fisura rellenada;
- o Colocar un bácheo de arena pero no remover la superficie original;  
y
- o Remover todos los implementos de control de tránsito del área de trabajo.

### 2.3.5 Fisuras de Borde de Severidad Alta

Las fisuras de severidad alta de los bordes son el resultado de fallas en la base y/o sub-base. Este problema requiere que todo el material fallado tenga que ser removido y remplazado.

### 2.3.6 Fisuras en las Juntas de las Vías

Las fisuras en las juntas de las vías son separaciones longitudinales a lo largo de las juntas entre dos vías pavimentadas, o entre un pavimento nuevo y uno viejo. Estas fisuras usualmente son el resultado de una incorrecta preparación de las juntas en frío durante el proceso de pavimentación.

Las fisuras de baja severidad en las juntas de las vías son demasiado angostas como para ser selladas con un material sellador asfáltico, por lo tanto, ninguna actividad de mantenimiento es requerida. Las primeras fisuras angostas son señales de la debilidad estructural del pavimento. Las fisuras deben de ser inspeccionadas frecuentemente y a la primera señal de hacerse éstas más severas, acciones apropiadas deben de ser tomadas.

Fisuras de mediana severidad en las juntas de las vías deben de ser rellenadas con una aplicación de un sellador caliente asfáltico aprobado que cumple con los requerimientos de las Especificaciones Generales de la Jurisdicción incumbente. El procedimiento de corrección es primero limpiar la fisura, y segundo rellenarlas con un material sellador. Las fisuras no deben de ser sobrellenadas para evitar un sobre flujo del sellador en las áreas de pavimento circundante. Una vez que las fisuras estén selladas, una capa ligera de arena seca debe de ser tirada para evitar que el tránsito de vehículos remueva el sellador.

Fisuras de alta severidad en las juntas de las vías deben de ser rellenadas con una emulsión de lechada aprobada. Usando un alisador de mano y una escoba la emulsión debe de ser distribuida y dirigida hacia adentro de la fisura. El proceso de reparación a seguir es, primero limpiar la fisura y las áreas con rotura en lajas usando aire comprimido, luego verter la lechada sobre esta área dejando un borde de 1/2 pulgada (12 mm) con respecto a la superficie del pavimento. Después que ésta haya curado, cubrir la fisura con un material sellador el cual proveerá de un sello impermeable. Por último tirar arena seca a la superficie con el material caliente para prevenir que el tránsito de vehículos remueva el sellador.

En situaciones donde las fisuras sean más anchas de 2 pulgadas (50 mm) un material pre-mezclado aprobado a base de arena y asfalto tendrá que ser usado. Después de haber limpiado las fisuras, este material es colocado y

forzado a penetrar en éstas usando una vara o una barra de refuerzo. El relleno del material tendrá que sobresalir 1/4 de pulgada (6 mm) de la superficie pavimentada circundante y luego éste debe de ser compactado usando un aplanador de bacheos. En lugares con roturas en lasaj, el área es imprimada y luego llenada con la misma mezcla de bacheo de asfalto, colocada con palas hasta un nivel aproximadamente 1/4 de pulgada (6 mm) más alto que la superficie de pavimento circundante, y finalmente consolidada con un consolidador con llantas de caucho.

FIGURA 2-6 VERTIMIENTO DEL SELLADOR DE FISURAS



## 2.4 Bacheo Ligero de Areas Deterioradas

Estas operaciones pueden ser utilizadas en la corrección de problemas como cuarteo de cocodrilo, corte de la empresa de servicios públicos, bacheos, agregados lisos, meteorización y descarnadura.

Hoyos en la superficie de 1 pulgada (25 mm) de profundidad o menos, pueden ser reparados usando métodos de bacheo con mezclas frías o calientes a base de arena y asfalto, o asfalto caliente líquido cubierto con agregados (método de tratamiento de la superficie). El uso de cualquiera de estos dos métodos requiere que la superficie afectada sea marcada con pintura o una quilla. Se debe asegurar que toda el área de fallo esté incluida dentro de las marcas y que el área de bacheo sea cuadrada o rectangular con 2 lados aproximadamente paralelos a la dirección del tránsito. Debe cortarse a lo largo de las líneas marcadas en la superficie con una sierra o con un taladro hidráulico o de aire comprimido equipado con una punta de barreno de espada. El corte debe resultar en un área de bacheo cuadrada o rectangular con bordes verticales. La siguiente fase de la operación, sin importar que método sea usado, es remover todo el material suelto del hoyo barriendo y soplando con aire comprimido."

### 2.4.1 Material de Bacheo Premezclado

Una capa ligera de imprimación es aplicada sobre el área marcada luego que el hoyo esté limpio. La capa es aplicada sumergiendo una escoba de mano en un recipiente que contiene el ligante líquido y cepillando el material sobre el área; también un rociador fino de asfalto puede ser usado. Las emulsiones SS-1, SS-1h, CSS-1 o CSS-1h son usadas frecuentemente puesto que pueden ser diluidas sin problemas con agua fresca limpia. La emulsión es adelgazada con una cantidad igual de agua, luego la capa de imprimación es aplicada a una razón de 0.05 a 0.15 gal/yd<sup>2</sup> (0.25 a 0.70 l/m<sup>2</sup>). Para conseguir una completa separación entre el asfalto y el agua después de haber aplicado la capa de imprimación suficiente tiempo debe dejarse pasar, luego debe colocarse el material de bacheo. Si es posible debe evitarse el paso de vehículos sobre el área imprimada.

El material es regado y nivelado con un rastrillo, dejando que el material suelto sobresalga aproximadamente 1/4 de pulgada (6 mm) con relación al pavimento circundante y luego el material es acunado. Luego éste es consolidado con un consolidador de 3 a 5 toneladas con llantas de caucho o tambor de acero. El material derramado fuera del área de trabajo debe ser removido antes de compactar el material de bacheo con la consolidadora.

El límite de graduación de los agregados para ambas mezclas, fría y caliente, y para el cemento asfáltico o líquido usado, debe estar de acuerdo con las recomendaciones del Instituto de Asfalto (Asphalt Institute), "Asfalto en el Mantenimiento de Pavimentos" ("Asphalt in Pavement Maintenance"), MS-16.

### 2.4.2 Tratamiento de Bacheos en la Superficie

Después que el área a remendar haya sido limpiada, aplique una emulsión de asfalto de fraguado rápido o de asfalto líquido diluido de curación rápida

con la manguera de mano del distribuidor. La razón de aplicación debe de estar entre un rango de 0.15 a 0.25 gal/yd<sup>2</sup> (0.7 a 1/1 l/m<sup>2</sup>). Asegúrese que la aplicación del asfalto líquido sea uniforme en toda el área a remendar y que el asfalto no se empoce lo cual puede causar que el bacheo fluya. Asegúrese que suficiente asfalto líquido es aplicado para ligar los agregados. Una cobertura de agregados es esparcida inmediatamente con palas después que el asfalto líquido haya sido aplicado. La especificación para los agregados deben de seguir las Especificaciones Generales de la jurisdicción incumbente. El manual del Instituto de Asfalto (Asphalt Institute), "Asfalto en Mantenimiento de Pavimentos" ("Asphalt in Pavement Maintenance), MS-16 puede ser consultado. Debe de tenerse cuidado en asegurar que la cobertura de agregados es esparcida en una forma pareja con un grosor aproximadamente igual al tamaño del agregado más grande. Nivela el recubrimiento de agregados con una escoba de mano y consolida el bacheo con una consolidadora de bacheos para incrustar los agregados en el asfalto. Aplique cuantas capas sean necesarias para nivelar la zona de bacheo con el pavimento circundante. El bacheo debe de dejarse curar completamente antes de permitir el paso de los vehículos pesados.

#### 2.4.3 Hoyos en la Superficie

Hoyos en la superficie con una profundidad de 1 a 2 pulgadas (25 a 50 mm) son remendados con un material bituminoso premezclado de bacheo, bien sea en caliente o frío. La extensión de la falla debe de ser determinada y debe incluirse en la zona de reparación toda el área dañada más un poco del área circundante a ésta, pero con cuidado de no incluir más área de la necesaria. Con una quilla o pintura marque el área a reparar, teniendo en mente que el bacheo debe de ser cuadrado o rectangular con dos lados aproximadamente paralelos a la dirección del tránsito.

Usando una sierra o un compresor hidráulico o de aire comprimido equipado con un barrenó de espada, corte a lo largo de las líneas que marcan el área de bacheo a una profundidad de aproximadamente 2 pulgadas (50 mm) dejando un hoyo cuadrado o rectangular con bordes verticales. Remueva todo el material suelto del hoyo barriendo o soplando con aire comprimido y disponga de este material adecuadamente. Luego que el área a reparar haya sido limpiada una emulsión bituminosa de imprimación de asfalto diluido, o emulsiones SS-1, SS-1h, CSS-1 o CSS-1h es aplicada al fondo y a los lados. La aplicación de la capa de imprimación puede ser hecha con un rociador fino o sumergiendo una escoba en un recipiente conteniendo la emulsión, y luego pasándola sobre el área a reparar a una razón de 0.15 gal/yd<sup>2</sup> (0.25 l/m<sup>2</sup>). Después de unos minutos, cuando la capa de imprimación haya curado, el material premezclado de bacheo puede ser colocado en el hoyo usando palas y nivelándolo con rastrillos. Ocupe suficiente material como para dejar el área remendada, aún sin compactar, 1/4 de pulgada (6 mm) más alta que la superficie circundante. Antes de consolidar, remueva cualquier material de bacheo derramado en áreas fuera de la reparada. Compacte el material con una compactadora de 3 a 5 toneladas con llantas de goma o tambor de acero, y asegúrese que toda el área remendada esté completamente compactada.

El tipo de cemento asfáltico o asfalto líquido y el límite de graduación de los agregados para ambas mezclas, calientes y frías, tiene que estar de

acuerdo con las recomendaciones publicadas por el Instituto de Asfalto (Asphalt Institute).

## 2.5 Sello de Pavimentos

Una parte muy importante de las operaciones de mantenimiento es la temprana detección y reparación de defectos. Fisuras y desquebrajamiento de la superficie, las cuales pasan casi desapercibidas, pueden desarrollarse en defectos serios si no son reparadas. Por lo tanto, se requiere una frecuente inspección de los pavimentos por personal calificado. A menudo las fisuras y defectos en la superficie son tan pequeñas que su detección desde un vehículo en movimiento no es posible, entonces frecuentes paradas son necesarias para hacer observaciones más de cerca. Una detallada investigación, la cual debe incluir una exploración de la sub-superficie del área fallada, tiene que llevarse a cabo cuando se detecten señales previsorias de daño para así determinar la reparación requerida.

La reparación de superficies incluye varias técnicas que usan asfalto, y mezclas de agregados y asfalto aplicadas en varios grosores. Estas técnicas son preventivas, correctivas o ambas.

Las técnicas de reparaciones de asfalto de las superficies son económicas, fáciles de aplicar y durables. El sello contra el aire y humedad prolonga la vida de uso de la base y superficie. Las técnicas varían desde aplicaciones ligeras de asfalto, hasta aplicaciones de múltiples capas compuestas de asfalto, agregados y calzadas de pavimento en una forma alterna. Todas estas técnicas sellan la superficie y cada una tiene uno o más usos de mantenimiento. Ellas pueden ser usadas para combatir problemas como calidad de rodadura, cuarteo de cocodrilo, cortes de la empresa de servicios públicos, bacheos, agregados lisos, meteorización y descarnadura.

### 2.5.1 Sellos de Niebla

Los sellos de niebla son aplicaciones ligeras de emulsiones de asfalto diluido y de fraguado lento, SS-1, SS-1h, CSS-1 o CSS-1h.

La emulsión de asfalto es diluida con agua en una proporción de 1:1 partes de emulsión a agua y luego aplicada a una razón de 0.2 gal/yd<sup>2</sup> (0.1 a 0.45 a 0.90 l/m<sup>2</sup>) dependiendo de la textura y porosidad del pavimento viejo. Los agregados de cobertura no son necesarios y bajo condiciones normales el comienzo de reacción es rápido, lo cual permite a los vehículos traficar después de una hora o dos. No hay que aplicar más material del que puede ser absorbido por la superficie.

El propósito del sello de niebla es reducir la entrada del aire y agua en el pavimento y prevenir que el pavimento tratado durante el final del otoño se desmorone. Al mismo tiempo éste repondrá, o rejuvenecerá la superficie del pavimento.

La emulsión asfáltica es una mezcla homogénea de agua y asfalto y es usada como cemento asfáltico. Esta emulsión tiene varias aplicaciones en el



trabajo de mantenimiento, pues puede ser mezclada con agua y agregados mojados y no requiere que sea calentada para ser manejada. Cuando el agua contenida en la emulsión se evapora, el residuo de asfalto queda como un cemento. La cantidad de residuo de asfalto en una emulsión varía desde 55 hasta 65 por ciento.

No diluya con agua emulsiones de asfalto de fraguado rápido; solamente aquellas de fraguado medio a lento pueden ser diluidas, recordando que el agua tiene que ser añadida a la emulsión de asfalto lentamente. Nunca añada la emulsión de asfalto a un tanque de agua al diluirla.

El área a sellar debe de estar seca. Debe de ser limpiada con una escoba mecánica para remover la suciedad, arena, grava, y otros escombros. Aplique la emulsión asfáltica a la superficie limpia con una barra rociadora de un distribuidor. La temperatura de aplicación deberá ser entre 20 a 70 C (70 F y 160 F).

El manejo del tránsito debe de ser seguro y apropiado siguiendo las indicaciones del Manual sobre Implementos para el Control Uniforme de Tránsito. Debe procurarse mantener el paso de vehículos fuera del área hasta que la emulsión selle o hasta que ésta se adhiera a las llantas de los vehículos.

La secuencia de reparación de sellos ligeros es la siguiente:

- o Instalar los implementos de control de tránsito;
- o Quitar los escombros y barrer la superficie con una escoba mecánica;
- o Esparcir la emulsión asfáltica diluida;
- o Repintar las franjas de centro de la vía y del borde de la vía; y
- o Remover todos los implementos de tránsito del área de trabajo.

#### 2.5.2 Sello de Arena

El sello de arena consiste en una aplicación de emulsión asfáltica rociada de fraguado rápido, usualmente emulsiones RS-1, RS-2, CRS-1 o CRS-2, seguidas por una cobertura ligera de arena limpia y angular. El sello de arena es usado para reponer una superficie seca, meteorizada u oxidada, éste sirve para prevenir la pérdida de materiales debido al desgaste por el tránsito y para prevenir la intrusión de humedad y aire, cuando la superficie de un pavimento en servicio comienza a agrietarse, la humedad y el aire pasan a través de el pavimento hasta la cara subyacente del mismo. El aire acelera la oxidación y la humedad reduce la capacidad de carga de la estructura. También el sello de arena provee de una superficie con textura antideslizante.

El sello de arena es aplicado usando el siguiente procedimiento. Los procedimientos para el control del tránsito deben de estar de acuerdo con el Manual apropiado sobre Implementos para el Control Uniforme del Tránsito. El área a sellar debe de ser barrida con una escoba mecánica para remover la suciedad, arena, grava y otros escombros. La emulsión de asfalto es aplicada a una razón de 0.15 a 0.20 gal/yd<sup>2</sup> (0.7 a 0.9 l/m<sup>2</sup>). La tempera-

FIGURA 2-7 GRADUACION DE ARENA PARA SELLOS DE ARENA

<u>Zaranda</u>	<u>Porcentaje Pasando</u>
3/8 Pulgada*	100
No. 4	90-100
No. 16	55- 75
No. 50	12- 20
No.200	0- 4

\*Tamaños basados en Equivalencias Inglesas.

---

tura de la emulsión de asfalto al momento de aplicación debe de estar entre 140 F y 85 F (50 C y 85 C).

Inmediatamente después de haber aplicado la emulsión de asfalto, se cubre ésta con arena limpia aplicada a una razón de 5.5 a 8.0 kg/m<sup>2</sup> (10 a 15 lb/yd<sup>2</sup>). Preferiblemente la arena es aplicada por una máquina esparcidora de tipo de tolva con compuerta de descarga; aunque una máquina de tipo de pínula puede ser también usada. La graduación de la arena debe de estar de acuerdo a la Figura 2-7 "Graduación de Arena para Sellos de Arena".

Después que la arena haya sido esparcida, la superficie es consolidada con un consolidador de llantas de caucho de 3 a 5 toneladas. La compactación puede empezar cuando una hoja de papel pueda ponerse sobre la superficie y una vez que un consolidador haya pasado sobre ella, la hoja queda impresa con agua solamente (sin asfalto).

La secuencia de reparación con sellos de arena a seguir es la siguiente:

- o Tener suficiente arena disponible cargada en camiones en el lugar de trabajo;
- o Instalar los implementos para el control de tránsito en el área de trabajo;
- o Remover los escombros y barrer la superficie con una escoba mecánica;
- o Esparcir la emulsión asfáltica;
- o Inmediatamente después de haber esparcido la emulsión asfáltica cubrirla con arena;
- o Compactar la arena de cobertura;
- o Remover el exceso de arena con una escoba mecánica;
- o Repintar la franjas al centro de las vías y a los bordes; y
- o Recoger todos los implementos para el control de tránsito del área de trabajo.

### 2.5.3 Sellos de Lechadas

Un sello de lechada es una mezcla de agregados finos bien graduados, de un relleno mineral (usualmente cemento portland) y de una emulsión asfáltica de fraguado lento (SS-1, SS-1h, CSS-1). La emulsión es usada cuando se requiere una pronta apertura al tránsito. Los sellos de lechada son usados como mantenimiento preventivo, así como para mantenimiento rutinario.

El propósito del sello de lechada es el de reparar defectos en la superficie; por ejemplo, sellar las fisuras que aparecen en ésta, detener la descarnadura, sellar superficies con aberturas y mejorar la resistencia antideslizante. Las aplicaciones a su debido tiempo corregirían problemas que surgen en la superficie como resultado de la oxidación del pavimento asfáltico existente.

El sello de lechada no incrementa la resistencia estructural del pavimento. Un pavimento que es estructuralmente débil en ciertas áreas localizadas, deberá de ser reparado antes de aplicar el sello de lechada. Huellas, túmulos, bordes bajos en el pavimento, ondulaciones y otras irregularidades en la superficie que reducen la calidad de rodamiento deben también ser corregidas antes de poner un sello de lechada.

Los sellos de lechada no deben de ser aplicados en áreas pequeñas. El área de sello tiene que abarcar el ancho de un carril y no menos de 0.1 millas (0.15 Km) de largo. Los espacios entre áreas selladas no deben de ser menores de 0.15 millas (0.20 Km). Cuando la distancia entre superficies a ser selladas es menor que 0.15 millas (0.20 Km) el sello deberá extenderse entre las áreas selladas.

El grosor de los sellos de lechadas es 1/8 a 1/4 de pulgada (3 a 6 mm). La lechada es mezclada en una planta de mezcla de sello de lechada transportable, ésta coloca la lechada en una caja de esparcimiento adaptada, la cuál esparce la lechada al grosor deseado.

Las plantas de mezcla transportables son unidades independientes de flujo continuo, capaces de mandar con exactitud predeterminadas cantidades de agregados, rellenos minerales, agua y emulsiones asfálticas, a las cámaras de mezcla. (Vea Figura 2-8, "Lechada", que muestra una máquina de sello de lechada, y la Figura 2-9, "Mezclador de Lechadas", que muestra un diagrama de flujo de un mezclador de lechada.) La caja esparcidora puede también estar equipada con orugas para mantener la lechada en movimiento y así ayudar a mantener la mezcla uniformemente distribuida a lo ancho de ésta.

La mayoría de los agregados duros son satisfactorios para usarlos en las mezclas de lechadas. Los agregados deben de estar limpios, ser angulares, bien graduados, y triturados. La graduación de éstos es seleccionada, dependiendo de los resultados deseados, de los 3 tipos de graduación de agregados para mezclas de lechadas mostrado en la Figura 2-10, "Graduaciones de Mezclas de Lechadas".

La parte más importante del diseño de una mezcla de lechada, es el contenido de emulsión de asfalto. El tipo y cantidad de emulsión asfáltica a ser usada es determinada por el superintendente. La temperatura de la emulsión asfáltica debe de ser entre 70 y 160 grados F (20 a 70 C).

Los materiales de relleno como el cemento portland o la cal hidratada, son usados para mejorar la calidad de la mezcla, manteniendo las partículas más pesadas y más grandes de los agregados dispersas uniformemente en toda la mezcla de la lechada. Los materiales de relleno también ayudan a dar una consistencia apropiada a la mezcla y a mejorar el proceso de curación. El tipo y cantidad de relleno a usar es determinado por el superintendente.

El agua es usada en la mezcla de lechada para ajustar y controlar la consistencia. La cantidad de agua necesaria depende del tipo y tamaño de los agregados, del porcentaje de emulsión de asfalto en la mezcla y de la cantidad de humedad en los agregados. Agua potable debe de ser usada.

Después que las proporciones de la mezcla han sido determinadas en el laboratorio, siempre es recomendable colocar una o más mezclas de ensayo. Esto puede ser hecho en el lugar de trabajo o en un lugar donde pequeñas aplicaciones de sellos de lechadas no traigan consecuencias. A menudo es necesario hacer varios ensayos para encontrar la mejor mezcla de materiales, aún cuando la mezcla primera haya sido determinada en el laboratorio.

Inmediatamente antes de la aplicación del sello de lechada, la superficie debe de limpiarse de toda suciedad, polvo, lodo, vegetación, y otras

FIGURA 2-8 LECHADA

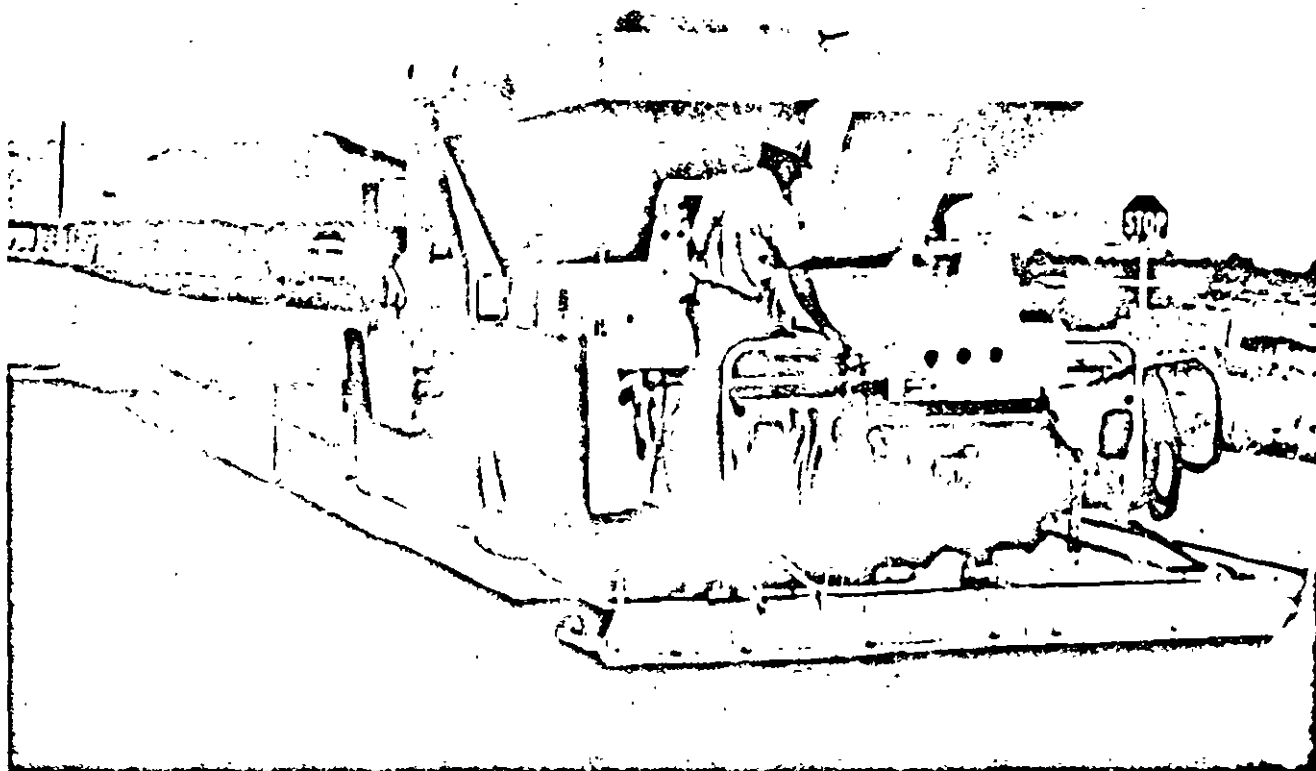


FIGURA 2-9

MEZCLADOR DE LECHADA

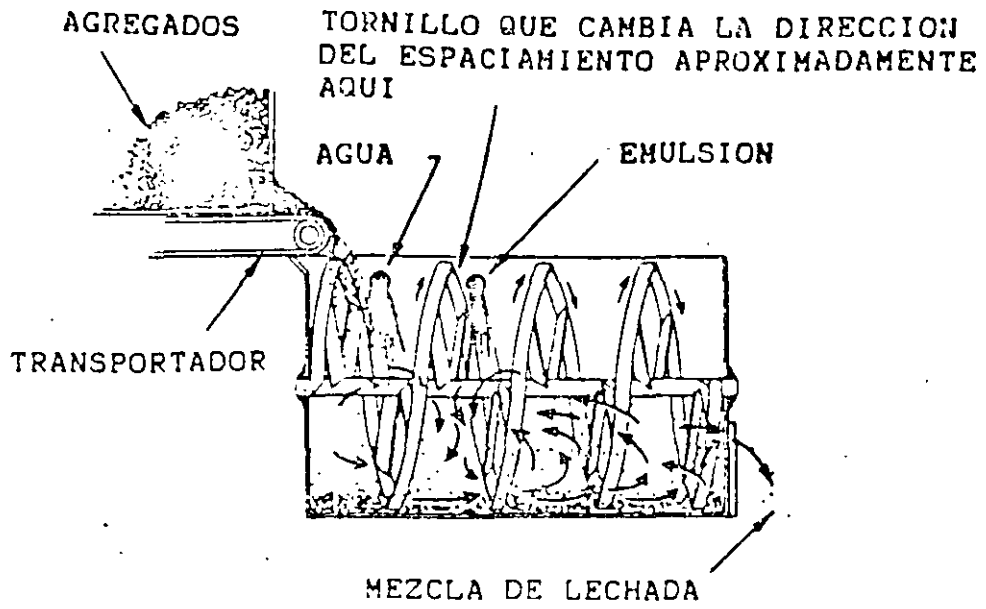


FIGURA 2-10 GRADUACIONES DE MEZCLA DE LECHADAS

TIPO DE LECHADA USO	I Relleno de Fisuras y Fino	II Sello General Superficies de Textura Media	III 1o. y/o 2o. Aplicación de 2 capas de lechada a superficies de alta textura.
	Porcentaje Pasando		
3/8 pulgada*	-	100	100
No. 4	100	90-100	70-90
No. 8	90-65	65- 90	45-70
No. 16	65-90	45- 70	28-50
No. 30	40-60	30- 50	19-34
No. 50	25-42	18- 30	12-25
No.100	15-30	10- 21	7-18
No.200	10-20	5- 15	5-15
Contenido de Residuo de asfalto % de peso	10-16	7.5-13.5	6/5-12
Razón de aplicación basado en el peso de agregados secos.	4.10 lb/yd <sup>2</sup> 2.2-5.5 kg/m <sup>2</sup>	10-15 lb/yd <sup>2</sup> 5.4-8.1 kg/m <sup>2</sup>	15-25 lb/yd <sup>2</sup> 8.1-13.6 kg/yd <sup>2</sup>

\*Tamaños basados únicamente en equivalencias Inglesas.

El tipo I es usado para penetración máxima de fisuras en áreas con bajo volumen en densidad de tránsito. También puede ser usado como pre-tratamiento de una superficie que va a recibir una capa de mezcla caliente o un sello de gravilla.

El tipo II es la graduación más usada en áreas con tránsito moderado. Es usado para sellar, para corregir una severa descarnadura y oxidación, o para mejorar la resistencia antideslizante.

El tipo III es usado como una capa primaria para corregir condiciones severas en la superficie donde se necesitan usar aplicaciones de varias capas.

materias extrañas. En superficies viejas una capa de imprimación hecha de emulsión asfáltica diluida (1:1) es esparcida antes de que el sello de lechada sea aplicado, a una razón de 0.05 a 0.15 gal/yd<sup>2</sup> (0.25 a 0.70 l/m<sup>2</sup>). La graduación y tipo de la emulsión usada en la capa de imprimación debe de ser igual a la usada en el sello de la lechada. En superficies de asfalto nuevo la capa de imprimación puede ser omitida, en caso de ser así, la superficie debe de ser mojada previamente por una capa ligera de agua. La superficie tiene que estar húmeda pero no encharcada.

En terrenos planos la lechada en la caja de esparcimiento debe de ser mantenida a un grosor uniforme. En pavimentos con coronas altas o curvas superelevadas, la mezcla de lechada debe de mantenerse con un espesor más alto en la parte más elevada de la caja de esparcimiento puesto que la acción de la gravedad mantendrá la parte baja llena. El regar lechada en áreas montuosas se hace más fácil si la máquina de lechada camina cuesta arriba. Si las circunstancias requieren que la lechada sea colocada cuesta abajo, ésta tiene que ser espesada para evitar que fluya hacia el frente de la máquina.

La consolidación del sello de lechada es necesaria en áreas selectas para mejorar la durabilidad. Areas como éstas incluyen terminales de buses e intersecciones de carreteras con alto nivel de tránsito, las cuales están sujetas a continuas fuerzas de maniobras, frenos y aceleración. Debe usarse una compactadora neumática de 3 a 5 toneladas con una presión en las llantas de 50 libras por pulgada cuadrada (3.5 Kg/cm<sup>2</sup>) debe usarse. La compactación puede comenzar tan pronto como cuando una hoja de papel presionada contra el área sellada absorba únicamente agua.

Una decoloración del papel indica que se debe de dejar pasar más tiempo antes de comenzar la compactación. En la mayoría de los casos el tránsito cerrará cualquier fisura fina presente y la compactación no es necesaria; a menos que el grosor de la capa sea mayor que 1/4 de pulgada (6 mm) o, que la temperatura sea templada.

La lechada debe de ser colocada únicamente cuando la temperatura ambiente sea de por lo menos de 60 F (15 C) y ésta continúe ascendiendo y cuando no se espere que llueva. La humedad relativa no debe de ser menor de un 86 por ciento. Una lechada recién colocada no debe ser abierta al tránsito hasta que ésta esté completamente curada. El tránsito puede ser permitido sobre la lechada, al igual que una compactación, tan pronto como pueda extraerse agua clara de la mezcla de lechada en una hoja de papel. Si el papel es decolorado, el tiempo de curado debe de extenderse. El tránsito debe de ser controlado evitando frenazos repentinos, aceleraciones y maniobras de vehículos sin éstos estar en movimiento, puesto que todo ello puede causar daño a la lechada.

La secuencia de reparación a seguir durante los sellos de lechadas es:

- o Determinar la mezcla necesaria;
- o Transportar y tener suficientes cantidades de agregados, emulsión asfáltica, rellenos y agua, para evitar retrasos;
- o Instalar los implementos para el control del tránsito;
- o Remover los escombros y barrer la superficie con una escoba mecánica;
- o Colocar una o más mezclas de prueba para determinar la mejor mezcla;
- o Rociar una emulsión de asfalto diluido produciendo una capa de imprimación en superficies viejas, o rociar una capa ligera de agua en superficies nuevas;

- o Esparcir la mezcla de lechada;
- o Compactar la mezcla de lechada (si fuese necesario);
- o Repintar las franjas del centro de la vía y los bordes; y
- o Recoger los implementos de control de tránsito del área de trabajo.

#### 2.5.4 Tratamiento Simple de la Superficie

Un tratamiento simple de superficie consiste en una única aplicación de asfalto a una superficie de la carretera, seguida inmediatamente por una única capa de agregados de tamaño aproximadamente uniforme. El espesor del tratamiento es casi igual al tamaño máximo de las partículas de agregado. El tratamiento de superficie es usado para corregir descarnadura de la superficie y oxidación del pavimento viejo, para proveer de impermeabilización al pavimento existente, y para corregir el desgaste por un tránsito excesivo. Este tratamiento es especialmente apropiado para carreteras con tránsito ligero y como un procedimiento provisional de mantenimiento. Es también usado después de una operación de sellado de fisura.

Quando un tratamiento de superficie debe de hacerse, tanto el tipo de asfalto como las razones convenientes de aplicación de asfalto y agregados deben de ser determinados. Agregados duros, como piedra triturada y grava, son usados para tratamientos de superficie. Los agregados seleccionados deben de cumplir con los requerimientos de tamaño, limpieza, forma y propiedades de la superficie. Los materiales usados en los tratamientos de superficie deben de estar de acuerdo con las Especificaciones Generales de la jurisdicción incumbente. Para el diseño de tratamientos de superficie referirse a la publicación "Tratamientos de Asfalto en la Superficie" ("Asphalt Surface Treatments") ES-11 y ES-12 del Instituto de Asfalto (Asphalt Institute).

La condición del equipo de construcción de tratamientos de superficie es de fundamental importancia para la calidad del producto final. El equipo debe de mantenerse ajustado; en una buena condición de operación por medio de mantenimiento rutinario, frecuentemente inspeccionado por desgaste excesivo y descomposturas, y también apropiadamente calibrado. Un distribuidor de asfalto es probablemente la pieza más importante de equipo usada en la construcción de tratamientos de superficie. (Vea la Figura 2-11, "Distribuidor de Asfalto".) Su función es la de aplicar asfalto uniformemente sobre una superficie a una razón especificada y uniforme. El distribuidor es un tanque aislado con una bomba movida por un motor, con un sistema de barras rociadoras, boquillas y controles, y montado sobre un camión, o bien, sobre un remolque (Vea la Figura 2-12 "Diagrama del Distribuidor de Asfalto"). A través de este sistema el asfalto es empujado a presión sobre la superficie. Las barras rociadoras pueden alcanzar a cubrir anchos entre 6 a 30 pies (1.8 a 4.8 mm) con una pasada simple; éstas están únicamente limitadas por la capacidad de la bomba. El tanque distribuidor tiene una capacidad de 800 a 5,500 gal (3,000 a 25,000 l), éste esta equipado con un calentador, o más, los cuales calientan el asfalto hasta una temperatura de rociamiento. Un sistema completo de circulación el cual incluye la unidad de barras rociadoras y la bomba de motor, está conectado al tanque. Un

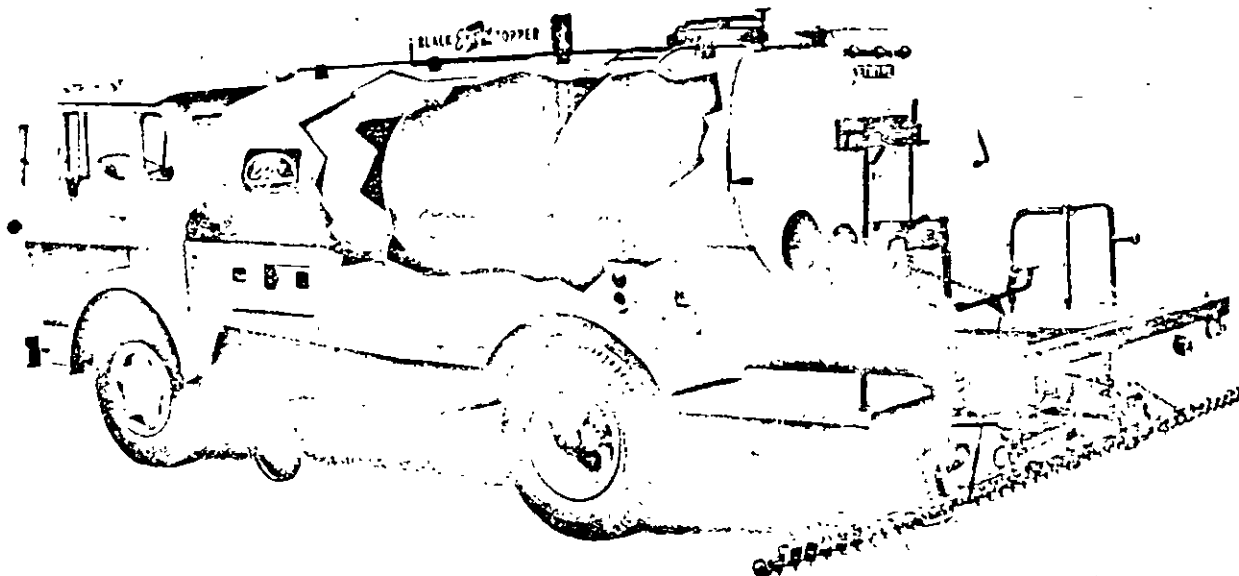


rociador de mano está incluido para aplicar asfalto en áreas pequeñas o irregulares que no pueden ser rociadas con las barras rociadoras.

Tanto la colocación del ángulo de la boquilla de rociamiento como la altura de la barra de rociamiento requieren de ajustes. El ángulo entre el eje longitudinal de las aberturas de la boquilla y la barra rociadora debe de ser ajustado para que el asfalto rociado por una boquilla no interfiera con el rociado por otras. (La Figura 2-13 "Boquilla", muestra el ajuste adecuado del ángulo de las boquillas.) El ángulo recomendado, medido con respecto al eje de la barra rociadora, es de 15 a 30 grados. La barra de rociamiento debe de ser mantenida a una altura adecuada por encima de la superficie del pavimento para asegurar una distribución uniforme. Si ésta es colocada muy arriba, el viento puede azotar los abanicos de rociamiento y una distribución desuniforme ocurre. Los mejores resultados son obtenidos con una doble cobertura. (La Figura 2-14, "Barra de Rociamiento", muestra la altura adecuada de la barra.)

Conforme el asfalto es usado, la carga en el distribuidor es disminuida y la barra de rociamiento sube por acción de la suspensión trasera del distribuidor. Esto induce una razón de aplicación menor. Para mantener las barras de rociamiento a una altura constante, la armazón del distribuidor es encadenada al eje del vehículo o remolque. Esto evita que los resortes de suspensión actúen cuando la carga es disminuida. Cadenas o cables con fuertes tornillos tensores son usadas como anclaje. También existen distribuidores que tienen las barras de rociamiento montadas sobre ruedas separadas para mantener una altura constante.

FIGURA 2-11 DISTRIBUIDOR DE ASFALTO



Los controles normales en un distribuidor consisten en un sistema de válvulas, las cuales gobiernan el flujo del material; un tacómetro o manómetro el cual registra la potencia de la bomba y un medidor de material bituminoso con un odómetro el cual indica el número de metros por minuto y el total de la distancia recorrida. Todos estos elementos son usados en la forma siguiente:

FIGURA 2-12 DIAGRAMA DE DISTRIBUIDOR DE ASFALTO

**BOMBA IMPULSADA POR MOTOR**

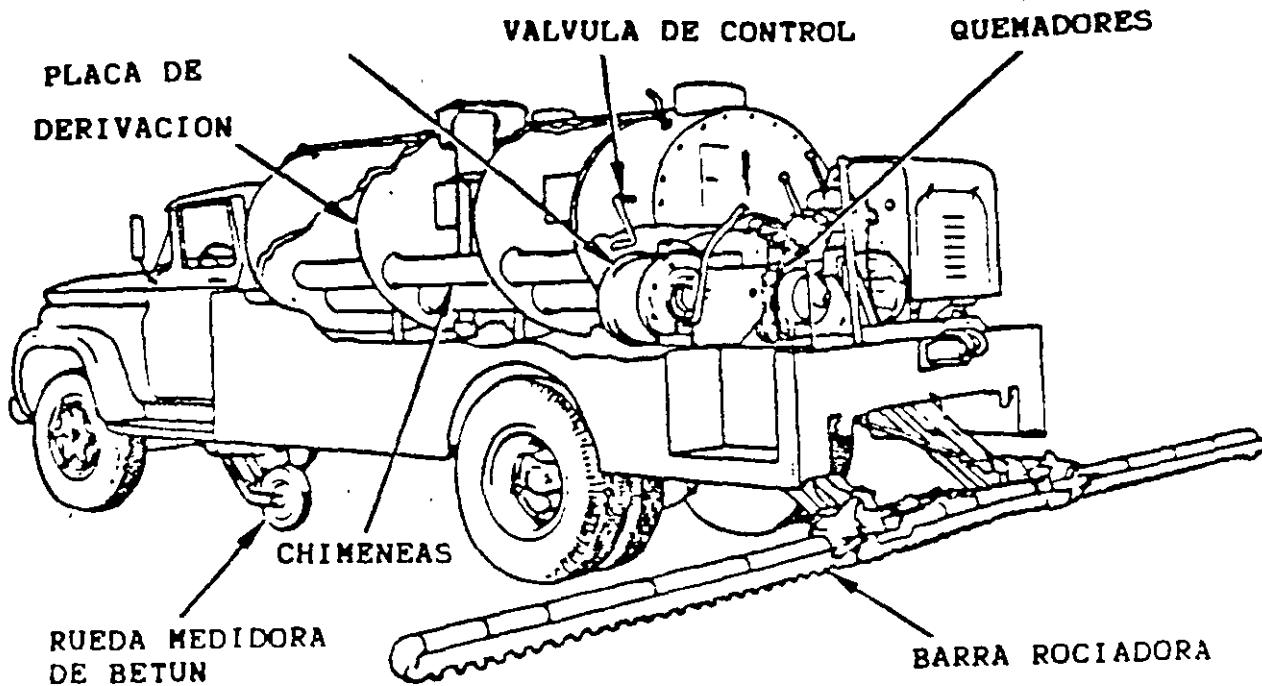


FIGURA 2-13 BOQUILLA

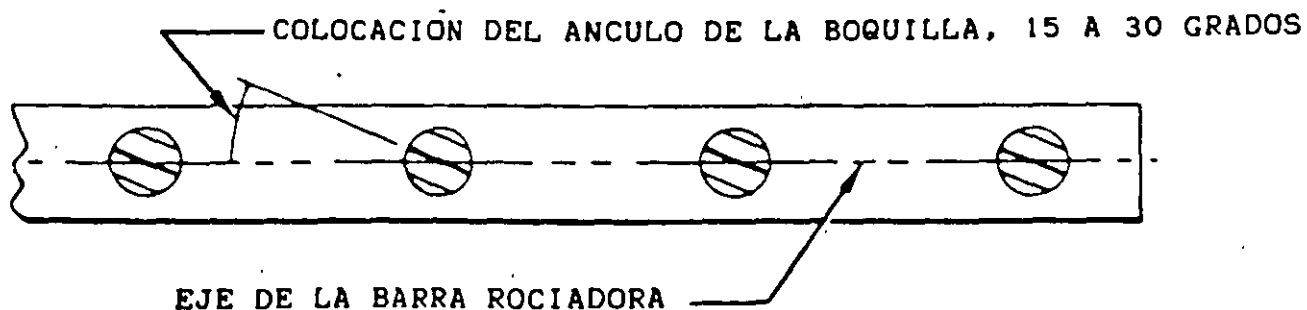
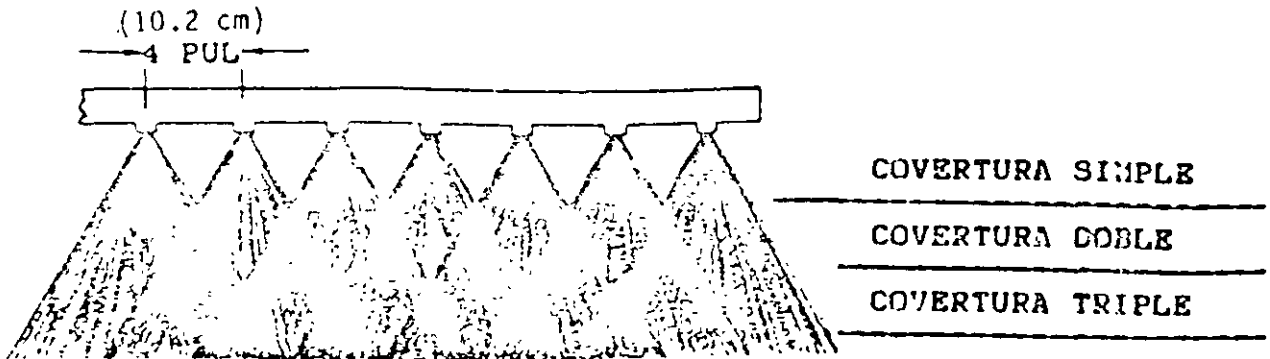


FIGURA 2-14 BARRA DE ROCIAMIENTO



Antes de que cualquier cantidad de asfalto sea esparcida, las válvulas deben de ser revisadas bajo presión para confirmar que no hay escapes. Para examinar las válvulas y la presión, una pequeña cantidad de asfalto es descargada a través de las boquillas. Este examen debe hacerse en áreas donde no existe objeción en descargar pequeñas cantidades de asfalto.

Revise en el área de trabajo la razón de aplicación. Esto es hecho con una bandeja poco profunda de metal que tenga un área exacta de un metro cuadrado. Si una bandeja no está disponible, papel grueso o cartón puede ser usado. La bandeja tiene que ser pesada y colocada sobre la superficie a rociar, inmediatamente después de haberla rociado con el distribuidor, la bandeja tiene que volverse a pesar y la diferencia entre el peso original y éste último es igual al peso del asfalto rociado. La razón de aplicación es encontrada por medio de la ecuación  $R = PM$  para el sistema métrico y  $R = 0.12 PM$  para el sistema Inglés; donde:

- R = Razón de aplicación gal/yd<sup>2</sup> (l/m<sup>2</sup>)
- P = Peso del asfalto lb/yd<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)
- M = Factor de corrección de volumen y temperatura

Sí la razón de aplicación encontrada es menor que la deseada, la velocidad del distribuidor debe de reducirse. Sí ésta es mayor que la deseada, la velocidad del distribuidor debe de aumentarse.

Un esparcidor de agregados tiene igual importancia que un distribuidor de asfalto durante los trabajos de tratamientos de la superficie. La función del esparcidor de agregados es la de aplicar una cobertura de agregados a una razón uniforme previamente especificada. Los tipos de esparcidores varían desde esparcidores de paleta simple conectada a una compuerta de salida de un camión, hasta esparcidores autopropulsados altamente eficientes.

Los esparcidores con compuerta trasera son usualmente de 2 tipos. Uno consiste en una placa de acero con una serie de paletas conectadas a ésta para proveer de una cobertura completa a lo ancho de la vía. El otro es una tolva montada a un camión con rodillos de alimentación activado por pequeñas

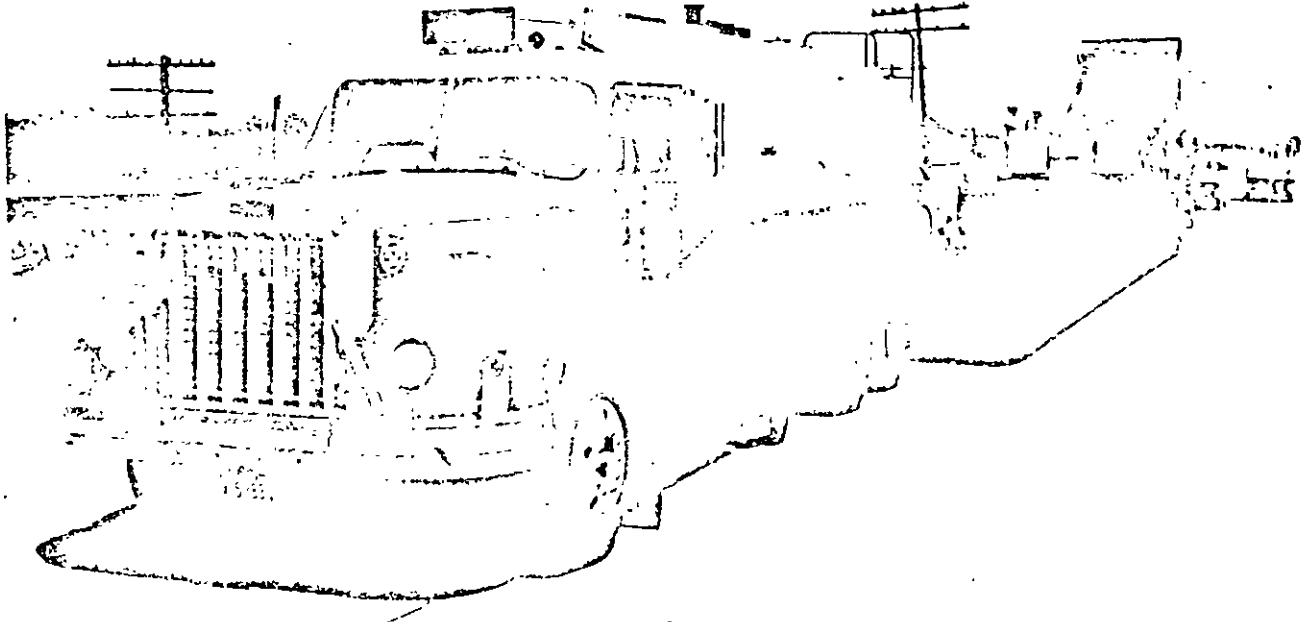
ruedas, las cuales son accionadas por las ruedas del camión. En cualquier caso, el camión debe conducirse en reversa para esparcir la piedra. Esto previene que las llantas del camión pisen el asfalto fresco recién aplicado.

Los esparcidores de agregados mecánicos tienen tolvas montadas sobre llantas neumáticas, y también un sistema de distribución que asegura un esparcimiento uniforme de agregados a lo ancho de toda la vía. Los esparcidores mecánicos pueden estar empotrados o pueden ser de autopropulsión, en ambos casos, los agregados son vertidos desde un camión a la tolva de recibimiento del esparcidor. Los esparcidores de agregados empotrados a un camión tienen una oruga y un rodillo áspero de regado en la tolva que asegura una alimentación uniforme y positiva de material. Las unidades auto-propulsadas tienen un sistema de alimentación similar. También éstos tienen una zaranda preliminar sobre la tolva recibidora de agregados y una zaranda inclinada sobre la cual éstos pasan. Este sistema asegura que las partículas de agregados grandes estén suficientemente sumergida en el asfalto manteniéndose así ligadas unas con otras, mientras las partículas finas caen luego sobre las grandes. Las unidades auto-propulsadas son capaces de seguir de cerca al distribuidor de asfalto y solo se detienen por ratos muy cortos para cambiar de camiones alimentadores cargados con agregados.

Los esparcidores deben de ser calibrados para aplicar la cantidad adecuada de piedra de cobertura. El equipo requerido para su calibración consiste en varias hojas de lona, fieltro, o madera; y también, de una balanza. Cada hoja de lona es finamente pegada a la superficie usando pernos de 6 a 8 pulgadas (15 a 20 cms) clavados a las esquinas. La razón de aplicación especificada por yarda cuadrada (metro cuadrado) es determinada haciendo pasar al esparcidor sobre la hoja de lona a diferentes velocidades y aperturas de compuerta y cuidadosamente pesando los agregados esparcidos sobre ésta después de cada pasada.

La piedra de cobertura debe estar adecuadamente sumergida en la película de asfalto para prevenir su pérdida bajo la acción de desgaste a causa del tránsito. El material de cobertura luego es presionado hacia adentro del ligante asfáltico para prevenir su descarnadura. La primera consolidación deberá consistir en una cobertura completa, ésta debe de empezarse inmediatamente detrás del esparcidor como es mostrado en la Figura 2-15 "Secuencia de Operaciones en el Tratamiento de Superficies". Una cobertura completa consolidada por una consolidadora de tambor de acero debe de estar completada a los 30 minutos después de que el material de cobertura haya sido aplicado. No debe esparcirse ligante ni agregados a más de 250 pies (750 m) del área completamente consolidada por primera vez. Una consolidación por medio de consolidadores con llantas de caucho debe comenzar inmediatamente después de completar la consolidación inicial. La cantidad de ésta segunda consolidación tiene que ser suficiente como para asentar los agregados finos; sin embargo, ésta debe de consistir de por lo menos de tres pasadas completas. Muchos prefieren consolidadores con llantas de caucho pues éstos no trituran los agregados. Cuando la consolidación esté terminada, puede permitirse el tránsito de vehículos sobre la superficie recién tratada, pero éste debe de ser controlado por autos piloto caminando a una velocidad no mayor de 15 millas (25 Km) por hora por un período de 2 a 4 horas. El tiempo exacto es determinado por el superintendente.

FIGURA 2-15 SECUENCIA DE OPERACIONES EN EL TRATAMIENTO DE SUPERFICIES



Después que los agregados estén asentados en el ligante asfáltico, pero no antes de 24 horas y no más tarde de 4 días, el exceso de agregados debe de removerse de tal forma que los agregados sumergidos no sean desplazados.

Cualquier exceso de agregados que haya quedado en la superficie después de la primera aplicación, en un tratamiento múltiple de superficie, deberá removerse antes de la segunda aplicación del ligante bituminoso.

Para asegurar que la operación se realiza con un mínimo de interrupción, debe disponerse de un suficiente número de camiones. Debe evitarse que los equipos que realizan la operación estén parando y arrancando puesto que esto causa variaciones en la distribución del asfalto rociado y en el porcentaje de aplicación de agregados de cobertura; a la vez, todo esto resulta en un tratamiento de superficie no uniforme.

Inspeccione todo el equipo antes que la construcción comience, para asegurarse que éste trabaja correctamente. Asegúrese que un aprovisionamiento suficiente de agregados esté a disposición en el lugar de trabajo, o que se haya organizado el transporte de éstos en intervalos apropiados. Exija que las operaciones de esparcimiento sean continuas. Las cantidades de asfalto requeridas deben de ser almacenadas en el lugar de trabajo; si esto no fuera así, deben de hacerse arreglos para organizar un horario apropiado para el transporte de éste y así prevenir que existan retrasos en

la construcción. Asegúrese de que el manejo del tránsito sea seguro y apropiado siguiendo el Manual de Ayudas para el Control Uniforme del Tránsito, puesto en vigor por la jurisdicción respectiva.

El asfalto no se podrá adherir a la superficie a menos que ésta esté completamente limpia. Para limpiarla use una escoba mecánica giratoria antes de rociar el asfalto. Si la superficie está polvosa o sucia ésta deberá limpiarse con aire comprimido. Un lavado con agua quizás sea necesario para completar la limpieza de la superficie.

Muchos de los problemas relacionados con los tratamientos de superficies son causados por no seguir buenas prácticas de construcción. La mejor calidad de agregados y asfalto pueden producir un pavimento de calidad inferior, a menos que las normas de construcción sean estrictamente seguidas. Tomar los atajos o sellar durante un clima lluvioso probablemente resultará en una superficie que requerirá mayor mantenimiento.

Un equipo de operación limpio y afinado es esencial. Esto se aplica especialmente al distribuidor. Algunas cosas que mantendrán a éste en buena condición son las siguientes:

- o Al final de cada día de operación, limpie el sistema de circulación, las barras rociadoras, válvulas, y boquillas usando un agente limpiador compatible con el asfalto. Este agente debe tener un punto de inflamación más alto que la temperatura a la que se encuentra el sistema;
- o Al principio de cada día, revise las boquillas y los rociadores para asegurarse que éstos estén ajustados y que rocíen apropiadamente;
- o Al principio de cada día lubrique el distribuidor de acuerdo a las recomendaciones del fabricante;
- o Por lo menos una vez al día, revise la posición del ángulo de la boquilla;
- o Al principio y al final de cada rociada, revise la barra rociadora asegúrese que la altura de ésta se mantiene en la posición correcta; y
- o Mientras se esté rociando, mantenga la presión de rociamiento para asegurar una salida de asfalto uniforme en cada boquilla.

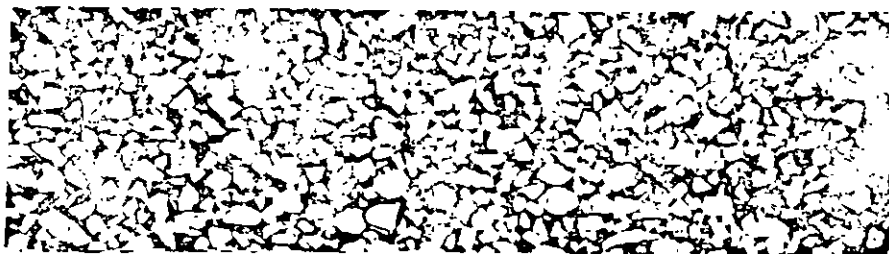
Los tratamientos de superficie no deben ser llevados a cabo durante períodos de clima frío o lluvioso. Mejores resultados serán obtenidos si la temperatura ambiente es de por lo menos 15 grados C (60 grados F) a la sombra. La construcción de tratamientos de superficie no debe llevarse a cabo durante la lluvia o cuando exista la amenaza de ésta, puesto que el agua puede causar que la emulsión parcialmente curada sobre los agregados de cobertura se pierda, o también, el agua puede evitar que haya una apropiada cobertura. El clima caliente y seco acelerará el proceso de "ruptura" de la emulsión.

La emulsión asfáltica debe de sellar justo después que la compactadora haya pasado una vez. Esto supone que la compactadora va siguiendo lo mas cerca posible al esparcidor de agregados y que éste último opera lo más cerca posible del distribuidor de asfalto. Esta secuencia resulta en un buen remojo de asfalto a los agregados de cobertura y en un desarrollo satisfactorio de adhesión entre la emulsión y los agregados de cobertura. Estos últimos serán también retenidos cuando la superficie tratada sea abierta al tránsito. Si las prácticas de construcción seguidas son buenas y los materiales usados son aceptables, ha de dar como resultado una superficie económica, impermeable y con buena utilización. (Vea La Figura 2-16 "Tratamientos de Superficie Simple".)

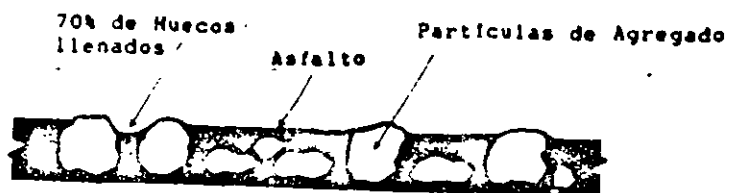
La secuencia de reparación durante un tratamiento de superficie simple es la siguiente:

- o Remendar los hoyos en la superficie y reparar las áreas dañadas en ésta de acuerdo a la Sección 2.3 de este capítulo.
- o Programar el transporte de materiales para asegurar un mínimo de retrasos;
- o Inspeccionar el distribuidor, esparcidor, y compactadoras para asegurar que estén en buenas condiciones de operación;

FIGURA 2-16 TRATAMIENTO DE SUPERFICIE SIMPLE



TRATAMIENTO DE SUPERFICIE SIMPLE



TRATAMIENTO DE SUPERFICIE TIPICO

- o Hacer pasos de ensayo con el distribuidor y esparcidor para determinar la presión de operación, la abertura de compuertas, y las velocidades para conseguir las razones de aplicación especificadas;
- o Instalar los implementos de control de tránsito en el área de trabajo;
- o Remover los escombros, arena, suciedad y polvo de la superficie;
- o Esparcir la emulsión de asfalto en la proporción de aplicación especificada;
- o Esparcir los agregados de cobertura en la proporción de aplicación especificada inmediatamente después (detrás) de la aplicación de la emulsión asfáltica;
- o Controlar el tránsito usando autos piloto por un período de tiempo y a una velocidad determinada por el superintendente;
- o Recoger todos los implementos de control de tránsito;
- o Repintar la franjas de las vías;
- o Pasar una escoba de arrastre sobre la superficie un día después de haber hecho el tratamiento de superficie; y
- o Remover y disponer del exceso de agregados después de cuatro días de haber hecho el tratamiento.

#### 2.5.5 Tratamiento de Superficie Múltiple

Un tratamiento de superficie múltiple consiste en dos o más tratamientos hechos sucesivamente uno tras otro. El tamaño máximo de agregados de cada tratamiento sucesivo es usualmente un medio del tamaño de agregados usados en el tratamiento previo, y el grosor total de cada tratamiento es aproximadamente igual al tamaño nominal de los agregados usados en la primera capa. La pérdida de agregados de cobertura es minimizada puesto que el tamaño de la piedra de cobertura de la segunda capa es menor que el de la primera.

Los tratamientos de superficie múltiple pueden producir pavimentos con grosores en el orden de 1/2 a 3/4 pulgadas (13 a 19 mm). Un refuerzo adicional puede ser añadido con este tipo de tratamiento, y si éste es diseñado y colocado adecuadamente, proporcionará una vida de servicio aproximadamente 3 veces mayor que la vida de un tratamiento de superficie simple por un costo cerca de 1 1/2 de veces mayor.

Los materiales, equipo, y procedimientos de colocación para los tratamientos de superficie múltiple son iguales a los descritos para los tratamientos de superficie simple. El tipo de asfalto y el tipo de graduación de los agregados debe estar de acuerdo con las Especificaciones Generales de la jurisdicción incumbente, o con las publicaciones ES-11 y ES-12 "Tratamientos de Superficie" ("Surface Treatments") del Instituto de Asfalto (Asphalt Institute).



### 2.5.6 Mezcla en Caminos

La mezcla en caminos es un reproceso de toda la capa de superficie usando una moto-niveladora, una mezcladora, o una planta transportable. Es usada en caminos poco transitados donde defectos como ondulaciones, huellas, desplazamientos y baches se han hecho extensivos.

Antes que las operaciones de mezcla en caminos comiencen, las fallas en la base o sub-base debe de ser reparadas de acuerdo con la Sección 2.7 "Técnicas de Reparación de la Base y Sub-Base". Un adecuado planeamiento sobre el control del tránsito debe de ser iniciado. Debe asegurarse de que haya un manejo del tránsito seguro y adecuado siguiendo el Manual de Implementos para el Control Uniforme del Tránsito.

La superficie es escarificada, cortada, y allanada con la cuchilla de una explanadora, o procesada por una mezcladora pulverizadora hasta que el material pase una zaranda de 1 pulgada (25 mm). Luego, ésta es amontonada en forma de cordón y se lleva a cabo un análisis de zaranda sobre muestras representativas de este material para encontrar deficiencias en la graduación. Estas deficiencias son corregidas añadiendo agregados en una cantidad y con una graduación tal que cuando éstos sean mezclados con el material amontonado resulten con una graduación como la tabulada en la Figura 2-17 "Tamaño de Agregados en Mezclas en Caminos".

Los materiales añadidos y los amontonados son mezclados usando una explanadora pasándola una y otra vez sobre el camino. Cuando el proceso de mezcla es completado, el material es amontonado en dos cordones de igual tamaño. La mitad de los agregados ya mezclados es esparcido uniformemente sobre la mitad del camino. Asfalto de tipo MC-250 o MC-800; o emulsiones asfálticas MS-2, CMS-2 o HFMS-2 de curación mediana son aplicadas usando un distribuidor operado a una razón determinada por el superintendente. Una mejor uniformidad es conseguida rociando el asfalto en 2 o más aplicaciones. Después de cada aplicación mezcle los materiales haciendo pasar la motoniveladora una y otra vez. La tabla de moldeo de la niveladora debe de ser ajustada para llevar a cabo una acción de mezcla rotativa en el material, pero debe tenerse cuidado para evitar remover material de la superficie de la mezcla.

FIGURA 2-17 TAMAÑO DE AGREGADOS EN MEZCLAS EN CAMINOS

<u>Tamaño de Zaranda</u>	<u>Porcentaje Pasando</u>
1 Pulgada*	100
3/4 Pulgada*	80 - 100
3/8 Pulgada*	60 - 80
No. 4	48 - 65
No. 8	35 - 50
No. 30	19 - 30
No.200	0 - 8

\* Tamaños basados en Equivalencias Inglesas únicamente.

Cuando la aplicación del ligante bituminoso haya terminado, el material debe de mezclarse hasta alcanzar uniformidad. Si la mezcla muestra exceso o deficiencia de asfalto líquido, o muestra una distribución dispareja, la condición de la mezcla debe de corregirse antes de esparcirla y compactarla añadiendo agregados o asfalto líquido - cualquiera que fuese necesario - y remezclando. Después de mezclar el material, éste es amontonado en un cordón a un lado del área de mezcla y el material al lado opuesto es procesado usando el procedimiento descrito anteriormente.

Después de que el material de ambos lados haya sido mezclado, éste debe de ser amontonado en un solo cordón en el centro del área de mezcla y luego debe de ser revuelto por lo menos cuatro veces completas.

El material mezclado en un día debe de compactarse a más tardar al siguiente día de trabajo, sin embargo, con la aprobación del superintendente, el material mezclado puede permanecer amontonado por un período mayor de tiempo.

Después que las operaciones de mezcla hayan sido completadas, la mezcla es esparcida uniformemente sobre lo ancho del camino y en cantidad suficiente para que cuando el material sea compactado, éste tenga el grosor requerido. Si el grosor requerido es mayor de 3 pulgadas (80 mm), la mezcla debe de ser esparcida y compactada en dos capas.

Después de que el material sea esparcido, éste es compactado usando consolidadores con tambor de acero empezando el proceso en las orillas más bajas y prosiguiendo hacia las partes más elevadas. Bajo ninguna circunstancia el centro del área deberá ser compactada primero. Durante el esparcimiento y compactación, todos los terrones o masas comprimidas de mezcla deberán de ser remezclados y compactados una vez más. Una consolidadora de llantas neumáticas deberá ser usada durante la última compactación. Las orillas de la superficie recién compactada deben de ser recortadas uniformemente hasta que el camino alcance el ancho requerido. Una vez que el proceso de poner la nueva superficie sea completado, ésta tiene que ser bien compactada y no debe de permitirse la presencia de huellas, túmulos, depresiones o irregularidades. Cuando un escantillón de 10 pies (3 m) de largo es colocado en dirección paralela con el centro de la corona del camino y sobre la superficie recién terminada, el nivel de la superficie no debe de variar por más de 1/4 pulgada (6 mm) en relación al borde inferior del escantillón. Por lo menos una semana después que el camino haya sido abierto al tránsito, un tratamiento de superficie debe de ser aplicado.

Pueden obtenerse buenas mezclas en caminos solamente durante los períodos no lluviosos y con temperaturas que no sean frías. Si por alguna razón los agregados y el material amontonado en cordones llega a mojarse, éstos deberán ser secados antes de que el asfalto sea añadido. El proceso de secado puede lograrse revolviendo el material con una niveladora sobre el camino.

La secuencia de reparación para mezclas en caminos es la siguiente:

- o Instalar los implementos de control de tránsito en el área de trabajo;
- o Escarcificar la superficie vieja;

- o Mezclar suficientes agregados con el material escarcificado para obtener la graduación deseada;
- o Añadir asfalto a los materiales premezclados;
- o Combinar la mezcla hasta que tenga una apariencia uniforme;
- o Esparcir el material uniformemente sobre el área donde la superficie será repuesta;
- o Compactar la mezcla;
- o Remover todos los escombros del lugar de trabajo;
- o Quitar los implementos para el control del tránsito; y
- o Por lo menos después de una semana de haber abierto al tránsito la superficie reparada, se debe aplicar un tratamiento de superficie y repintar las franjas del camino.

## 2.6 Reparación

La necesidad de reparación de los pavimentos es importante para proteger las grandes inversiones que el público ha hecho en éstos y para asegurarse que el mismo público pueda usarlos en su totalidad.

Para determinar cuáles son las reparaciones críticas y qué debe de hacerse para llevar a cabo éstas, la oficina de trabajos públicos no debe de olvidarse del hecho de que las fallas observadas usualmente son el efecto de otros problemas que no son evidentes a simple vista. Cuando existe distorsión o desplazamiento del pavimento el problema puede que radique en la mezcla, sin embargo, es más probable que las fallas sean causadas por un material defectuoso en la subrasante, o por excesiva humedad en ésta, o los problemas puedan ser originados parcial o totalmente por camiones sobrecargados.

A menudo las fallas pueden ser corregidas temporalmente dando tratamiento al efecto del problema, pero la cura permanente usualmente está en corregir la causa de éste. Por ejemplo, cuando el pavimento está distorsionado debido a una subrasante pobre y mojada, la solución real sería instalar un drenaje y quitar el material pobre reemplazándolo por uno satisfactorio. A menudo la solución correcta está fuera de la capacidad de la oficina encargada, entonces, otras soluciones, no permanentes, deben de tratarse; como colocar una capa niveladora que contenga agregados gruesos bien entrelazados con una capa de pavimento diseñada para reforzar el pavimento existente y así distribuir las cargas de los ejes de los caminos más efectivamente. Esta no es la cura más efectiva pero quizás sea todo lo que se pueda hacer en ese momento.

Los siguientes tipos de reparación representan métodos satisfactorios, pero cada municipalidad debe examinar cada problema individualmente y encontrar un tipo de reparación que esté económicamente a su alcance y que sea lo más efectiva posible.

#### 2.6.1 Bacheos Profundos de Areas Deterioradas

Esta reparación puede ser usada en aquellos tipos de problemas que requieran un bacheo profundo como cuarteo en bloques, cortes de la empresa de servicios públicos, bacheos, baches, hinchazones, y fisuras severas localizadas.

De los problemas asociados con pavimentos asfálticos, la mayoría tendrá como resultado superficies con hoyos cóncavos de diferentes tamaños y profundidades, éstos son conocidos como baches. Estos hoyos son causados probablemente por la filtración de agua en una fisura abierta en la superficie, o por inestabilidad en la base como resultado de una compactación inadecuada, o por graduación de agregados inadecuada, o por saturación debido a la humedad, o por materiales inadecuados, o por falta de asfalto en la superficie que puede resultar en una descarnadura debido a la acción del tránsito en movimiento.

Los hoyos en la superficie con una profundidad de 2 pulgadas (50 mm) o más requerirán de un bacheo profundo usando un material de bacheo bituminoso aprobado premezclado caliente. La fase inicial consiste en determinar la extensión de la falla incluyendo aproximadamente 300 cms (12 pulgadas) de pavimento en buenas condiciones circundando ésta, y luego marcar los límites con una quilla o con pintura. Es recomendado marcar el área a reparar en una forma de cuadrado o rectángulo usando un taladro hidráulico o de aire comprimido equipado con un barreno de espada. Luego debe de cortarse a lo largo de los límites marcados a una profundidad igual a la porción más profunda del hoyo para que los lados de éste sean verticales. El fondo del hoyo preparado debe de proveer un soporte firme, esto puede requerir que el material inestable de la subrasante tenga que ser removido. Si el fondo del hoyo es concreto bituminoso o base granular que forma parte de la estructura del pavimento, los lados y el fondo deben de ser imprimados con emulsiones de asfalto diluido SS-1, SS-1h, CSS-1, o CSS-1h a una razón de aplicación y métodos de aplicación previamente descritos. Si el fondo del hoyo preparado llega hasta la subrasante y un bacheo bituminoso de profundidad va a ser hecho en todo éste, la capa de imprimación es requerida únicamente a los lados del hoyo.

Después que la capa de imprimación haya curado, el hoyo es rellenado en capas con el material de bacheo. Las capas no deben de exceder una profundidad de 3 pulgadas (80 mm) cuando el material aún no haya sido compactado. Cada una de éstas debe de ser esparcida cuidadosamente con un rastrillo o una pala con punta cuadrada para prevenir que haya segregación. Luego, cada capa debe de ser compactada (una herramienta excelente a usar en bacheos pequeños es un compactador vibratorio de placa). Las capas son colocadas sucesivamente y compactadas hasta que el hoyo esté lleno. La última capa debe de ser nivelada cuidadosamente haciendo que sobrepase a la superficie circundante por 1/2 pulgada (12 mm). Luego, la capa debe de ser compactada. El bacheo final debe de quedar aproximadamente 1/4 pulgada (6 mm) más alto que la superficie circundante para permitir una futura compactación por la

acción del tránsito. Los pasos de reparación están ilustrados en la Figura 2-18, "Reparación de Hoyos en la Superficie."

La secuencia de reparación durante los bacheos de profundidad es la siguiente:

- o Instalar implementos para el control de tránsito en el área de trabajo;
- o Marcar el área a bachear;
- o Cortar el área a bachear;
- o Remover todo el material suelto del área a bachear;
- o Rociar una capa de imprimación bituminosa o material primario donde sea necesario;
- o Esparcir el agregado de cobertura o material premezclado de bacheo sobrepasando el nivel de la superficie;
- o Consolidar o pisonear el material de cobertura o el material elevado de bacheo;
- o Repetir los pasos quinto, sexto, y séptimo si capas adicionales son requeridas;
- o Remover los escombros del lugar de trabajo; y
- o Recoger los implementos de control de tránsito del área de trabajo.

#### 2.6.2 Nivelación

Muchos de los problemas encontrados en los pavimentos asfálticos resultan en una distorsión de la superficie. Estos problemas incluyen la calidad de rodadura, los túmulos y depresiones, huellas, desplazamientos, cuarteos por deslizamiento y las ondulaciones; todos estos pueden ser reparados por varias operaciones de nivelación.

La reparación de distorsiones y depresiones genera una superficie de rodamiento pareja al mejorar la pendiente y el corte de la carretera. Esto es conseguido rellenando la distorsión con una mezcla de bacheo bituminoso adecuada. El método preciso de reparación dependerá de la profundidad de la distorsión.

#### 2.6.3 Reparación de Ligera Nivelación

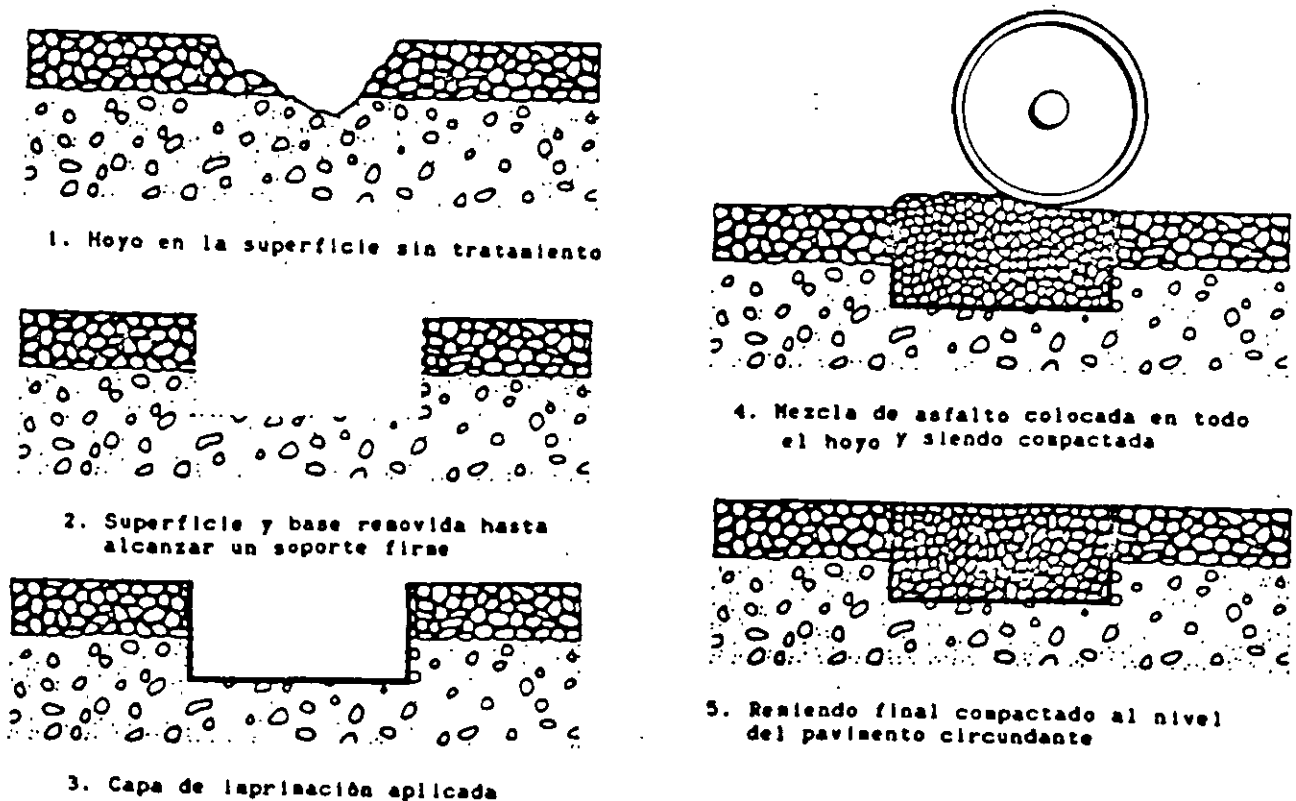
Las distorsiones con un nivel de severidad muy bajo puede que no requieran de reparación alguna, sin embargo, ésta condición debe de ser evaluada periódicamente para asegurarse que ninguna otra forma de deterioramiento comience como consecuencia de la distorsión de baja severidad. Cuando el superintendente determina que se necesita reparar una depresión inesperada de baja severidad, un escantillón o un cordel es usado para determinar sus límites, los cuales son luego marcados con una quilla o con pintura. El

área a reparar es limpiada con una escoba para remover la suciedad y después imprimada con una emulsión asfáltica SS-1, SS-1h, CSS-1 o CSS-1h, aplicada a una razón uniforme no mayor de 0.05 gal/yd<sup>2</sup> a 0.15 gal/yd<sup>2</sup> (0.25 l/m<sup>2</sup> a 0.70 l/m<sup>2</sup>). Tan pronto como la capa de imprimación haya curado, en un corto lapso un material de bacheo premezclado de arena y asfalto es colocado usando palas, después éste es nivelado con rastrillos a un nivel que sobrepase la superficie circundante por 1/8 pulgada (3 mm). Luego, usando los rastrillos, el material debe de ahusarse cuidadosamente hasta el nivel del pavimento adyacente y después debe de consolidarse con un consolidador de bacheos con llantas de caucho.

La secuencia de reparación a seguir para la nivelación de ligera severidad es la siguiente:

- o Instalar los implementos para el control del tránsito en el área de trabajo;
- o Usando un escantillón o un cordel determinar y marcar los límites a reparar;
- o Barrer el área para remover la suciedad y los escombros;
- o Aplicar una capa de imprimación de asfalto bituminoso;

FIGURA 2-18 REPARACION DE HOYOS EN LA SUPERFICIE



- o Esparcir el material de bacheo premezclado de arena y asfalto;
- o Consolidar el material con una consolidadora con llantas de caucho;
- o Remover los escombros del área de trabajo; y
- o Quitar los implementos para el control del tránsito.

#### 2.6.4 Reparación de Mediana Nivelación

Las secciones que muestran problemas y que requieren de reparaciones de mediana nivelación son reparadas con una capa de concreto asfáltico. El proceso de nivelación tiene la capacidad de corregir, por un período relativamente largo de tiempo, un problema que traiga como efecto la presencia de huellas en la superficie. Esta capacidad dependerá del tipo de origen del problema. Si el problema es causado por un error en el diseño del pavimento, o en la mezcla, o por un problema en la construcción de la subrasante, o en cualquiera de los elementos básicos de la estructura del pavimento, entonces, las reparaciones temporales tendrán que dejar de efectuarse, y otras medidas como quitar y reemplazar la superficie, o como reciclarla serán necesarias. El pavimento a ser nivelado debe de barrerse para quitar el polvo, la suciedad y materiales sueltos; una capa de imprimación debe aplicarse en una región que incluya el área a reparar más 6 pulgadas (150 mm) del pavimento adyacente a ésta, usando una emulsión diluida de asfalto SS-1, SS-1h, CSS-1, o CSS-1h y aplicada a una razón de 0.05 a 0.15 gal/yd<sup>2</sup> (0.25 l/m<sup>2</sup> a 0.70 l/m<sup>2</sup>). El material de la capa de nivelación es esparcido sobre las huellas en diferentes grosores y las orillas de la capa de nivelación deben de ahusarse hacia el pavimento existente usando rastrillos. Inmediatamente después que la capa haya sido ahusada y antes que el material de la capa de nivelación se haya enfriado, éste es compactado usando una consolidadora con llantas de caucho. Las huellas deben de rellenarse con el material de la capa de nivelación, compactado hasta un nivel igual al del pavimento circundante, sin dejar depresiones ni túmulos en el área reparada.

La secuencia de reparación durante la nivelación mediana es la siguiente:

- o Instalar los implementos para el control del tránsito;
- o Remover los escombros y barrer con una escoba mecánica;
- o Rociar la capa de imprimación;
- o Esparcir el material de la capa de nivelación;
- o Consolidar la capa de nivelación con un consolidador de llantas de caucho;
- o Remover los escombros del área de trabajo; y
- o Quitar todos los implementos para el control del tránsito.

### 2.6.5 Reparación de Alta Nivelación

La reparación de alta nivelación es usada en pavimentos que tengan grandes distorsiones y que, naturalmente, requieren de reparaciones más extensas que aquellos casos con distorsiones menos severas. Además del proceso de nivelación previamente descrito, una capa superpuesta debe de colocarse para proveer al pavimento de una estructura adicional. Toda la superficie debe de limpiarse usando una escoba mecánica. Una vez que la superficie esté limpia, una capa de imprimación de una emulsión de asfalto diluido SS-1, SS-1h, CSS-1, o CSS-1h deberá de ser aplicada a una razón de 0.05 a 0.15 gal/yd<sup>2</sup> (0.25 l/m<sup>2</sup> a 0.70 l/m<sup>2</sup>). Para asegurar una cobertura uniforme, la capa de imprimación deberá de rociarse usando la barra rociadora del distribuidor. Después que ésta haya curado, la capa sobrepuesta de concreto asfáltico es colocada con un asfaltador. Esta es compactada inmediatamente por una compactadora con llantas de goma o tambor de acero operando justo detrás de la asfaltadora. La compactación debe de completarse antes que la capa sobrepuesta se enfríe a una temperatura de 85 grados C (185 grados F).

La secuencia a seguir durante la reparación de alta nivelación es:

- o Instalar los implementos para el control del tránsito en el área de trabajo;
- o Remover los escombros y barrer la superficie con una escoba mecánica;
- o Rociar la capa imprimadora de asfalto;
- o Esparcir los materiales de la capa niveladora;
- o Compactar con una consolidadora con llantas de caucho;
- o Rociar el material de imprimación sobre la superficie de la capa de nivelación;
- o Esparcir la capa sobrepuesta de asfalto con un asfaltador;
- o Compactar la capa sobrepuesta de asfalto con un consolidador con tambor de acero;
- o Remover los escombros del área de trabajo;
- o Repintar las franjas en los bordes y centro de las vías;
- o Remover los implementos para el control del tránsito del área de trabajo.

### 2.6.6 Desplazamientos

Nótese que a pesar de que las fallas de desplazamiento se parecen a algunos tipos de falla que requieren de una capa niveladora para su reparación, las primeras son causadas por una mala mezcla y su reparación requiere que el material sea quitado y reemplazado.



### 2.6.7 Reparación de las Fallas en los Bordes

Las fallas en los bordes pueden ser el resultado de varios factores, como: la falta de soporte lateral, una base insuficiente, una falla en la base, excesivas cargas en las ruedas de los camiones, una compactación inadecuada, falta de asfalto en la mezcla, la oxidación y el endurecimiento del ligante asfáltico, o un drenaje inadecuado. Es más seguro que estas fallas sean causadas por una combinación de los factores señalados anteriormente y no únicamente solo por uno de ellos.

Para guiar el proceso de reparación debe de determinarse cuál es la causa probable que genera las fallas en los bordes. Por ejemplo, si se creyera que la causa principal del problema es la insuficiencia de base, cuando en realidad es el peso excesivo de los camiones; cualquier reparación a seguir puede que no tenga ningún efecto si los pesos de los vehículos no son controlados.

### 2.6.8 Fallas en los Bordes de Baja Severidad

Las fallas en los bordes de baja severidad pueden ser reparadas por un sello asfáltico de arena. Marque el área a sellar con pintura y luego bárrala removiendo la suciedad y los materiales sueltos. El área limpiada debe de incluir por lo menos 1 1/2 pies (0.5 m) de la región adyacente al área a reparar. Aplique el material asfáltico con una manguera de mano, o si el área reparar es muy grande con la barra rociadora de asfalto del distribuidor. Incluya dentro de la región rociada 6 pulgadas (150 mm) del pavimento circundante a aquel que se va a reparar. El material bituminoso (RC-250 ó RC-800) o las emulsiones asfálticas (RS-2, CRS-2) son aplicadas en un rango entre 1/3 a 1/2 gal/yd<sup>2</sup> (1.5 a 2.0 l/m<sup>2</sup>). Esparza un material fino de agregados aprobado en una forma pareja usando palas, un esparcidor con compuerta trasera, o un esparcidor auto-propulsado. Compacte inmediatamente antes de que el material bituminoso se enfríe usando un compactador con llantas de caucho. El soporte lateral de espaldón adyacente a la falla de borde debe de ser cuidadosamente inspeccionado. Si este soporte no existiera o fuera débil, tendrá que reestablecerse reconstruyendo el espaldón.

La secuencia para reparar las fallas en los bordes es la siguiente:

- o Instalar los implementos para el control del tránsito;
- o Marcar los límites del área a reparar;
- o Barrer el área a bachear para evitar la suciedad y otros materiales extraños;
- o Rociar una capa imprimadora sobre el área a sellar;
- o Esparcir los agregados hasta cubrir uniformemente el área a bachear;
- o Compactar para ahogar los agregados de cobertura;
- o Repetir los pasos cuarto, quinto y sexto si un tratamiento de superficies múltiple es requerido;

- o Recoger todos los escombros del área de trabajo;
- o Reemplazar las franjas en las orillas de las vías; y
- o Recoger todos los implementos para el control del tránsito del área de trabajo.

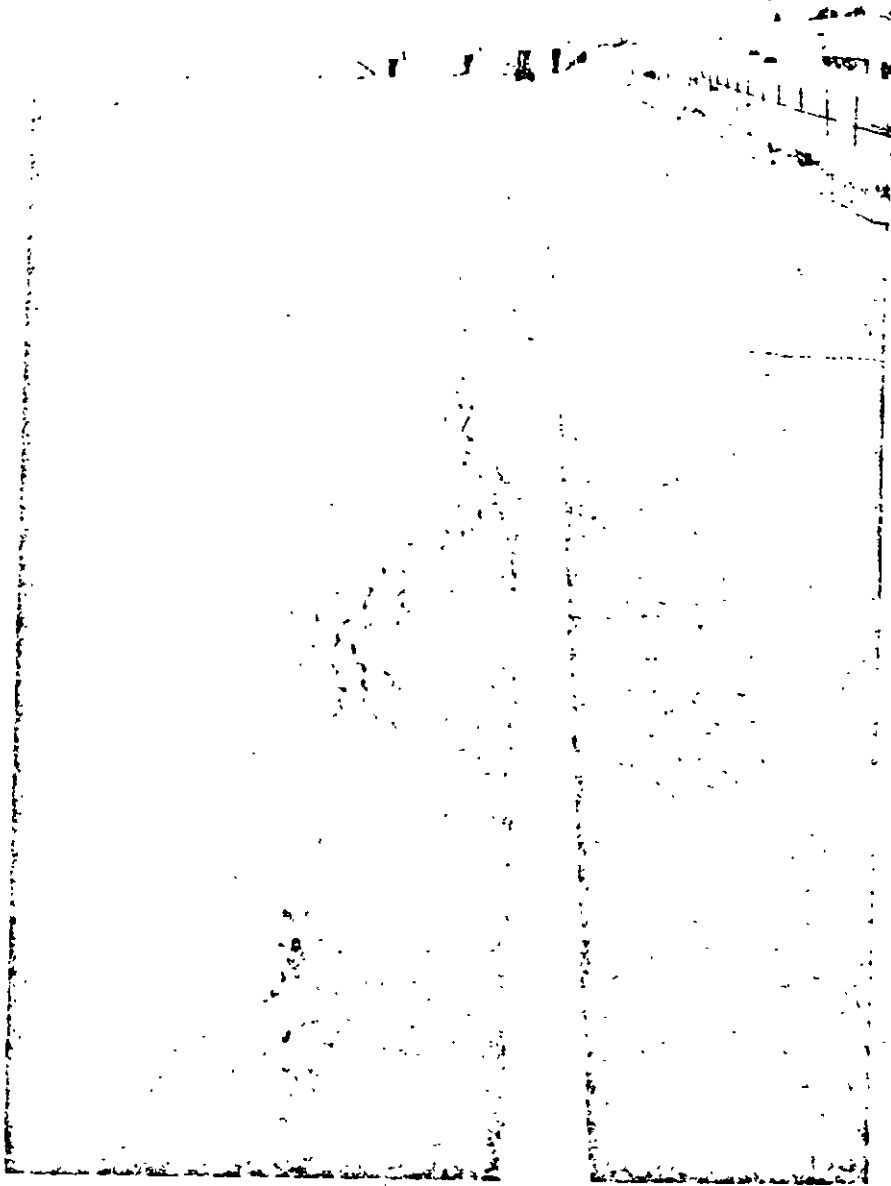
#### 2.6.9 Nivel de Mediana Severidad

Las fallas en los bordes de mediana severidad pueden ser reparados usando los procedimientos antes mencionados siempre y cuando la superficie dañada esté intacta. Cuando la superficie existente este severamente agrietada y floja, independientemente de la cantidad existente de distorsión, la superficie vieja debe de ser removida y el soporte lateral del pavimento tiene que ser restablecido. Inspeccione cuidadosamente la base antes de reemplazar la superficie. Si la base ha sido empujada hacia arriba y hacia afuera en dirección al espaldón, éste último deberá de ser corregido reemplazando la base fallada usando el procedimiento descrito para fallas severas en los bordes.

Cuando la base está intacta a profundidades hasta de 6 pulgadas (150 mm), el área debe de ser bacheada con una capa asfáltica de rodadura. Bacheos

FIGURA 2-19 DESPLAZAMIENTO





más profundos de 6 pulgadas (150 mm) deben ser reparados usando una capa asfáltica como base y un material bituminoso como capa de rodadura. Para preparar el área a bachear, remueva el material no deseado de ésta, dejando un hoyo con lados verticales. Luego el área es limpiada usando escobas o aire comprimido para remover todo el material suelto. Una capa de imprimación compuesta de emulsiones SS-1, SS-1h, CSS-1, o CSS-1h debe de ser aplicada adentro del hoyo y en una región de 150 mm afuera de éste. La razón máxima de aplicación del material de imprimación es de 0.05 a 0.15 gal/yd<sup>2</sup> (0.2(0.25 l/m<sup>2</sup> a 0.70 l/m<sup>2</sup>). Luego, la base de asfalto, o la capa de rodadura, cualquiera que fuera necesaria, dependiendo de la profundidad del bacheo, debe de colcarse en capas sucesivas, las cuales no deben de ser más gruesas de 4 pulgadas (100 mm) cuando aún no han sido compactadas. Cada capa es compactada usando apisonadores mecánicos o compactadoras (vibratorias o llantas de caucho), teniendo cuidado en consolidar las orillas del bacheo

antes de proseguir con la siguiente capa. La última capa, la de rodamiento bituminoso, debe compactarse dejándola que sobrepase al pavimento adyacente aproximadamente en 3/16 pulgadas (5 mm) para permitir su consolidación por la acción del tránsito. El objetivo es el de tener un hoyo completamente relleno con un material compactado y que no existan depresiones, ni túmulos después que el área sea abierta al tránsito.

La secuencia de reparación para las fallas en los bordes es la siguiente:

- o Instalar los implementos para el control del tránsito en el área de trabajo;
- o Marcar el área a reparar;
- o Remover el material no deseado;
- o Remover todo el material suelto del área a reparar;
- o Rocíar una capa de imprimación;
- o Esparcir en capas el material bituminoso de base o el material bituminoso de rodadura;
- o Compactar con una consolidadora con llantas de caucho o usando un apisonador mecánico;
- o Remover los escombros del lugar;
- o Reemplazar la franja de la orilla de la vía; y
- o Recoger todos los implementos para el control del tránsito.

#### 2.6.10 Nivel de Alta Severidad

La reparación de fallas en los bordes de alta severidad requiere que se remueva toda la superficie, base y subrasante dañada. Debe de tenerse un buen juicio para poder determinar cuál superficie, base y subrasante está en condiciones satisfactorias cuando la remoción de éstos está siendo llevada a cabo, y determinar cuando una mayor excavación es necesaria. El objetivo es únicamente el de remover las capas de pavimento o subrasante que estén dañadas.

La remoción a consecuencia de las fallas de alta severidad en los bordes incluye cualquier excavación necesaria para corregir las fallas en los espaldones, la cual reduce el soporte lateral del pavimento. También debe inspeccionarse el área adyacente a la falla al igual que zonas de varios metros de largo a cada lado de ésta. Cualquier evidencia que indique la causa posible de la falla debe de considerarse antes que el proceso de reparación esté terminado. Por ejemplo, si el exceso de agua es el que a contribuido a la falla en los bordes, la pendiente de las zanjas deberá ser revisada. Si ésta estuviera en buenas condiciones deberá considerarse la instalación de desagües, si no estuvieran en buenas condiciones, la remodelación de las pendientes de las zanjas deberán de incluirse en la reparación.

Al terminar la excavación de la superficie, base y subrasante falladas, los lados del hoyo excavado deberán ser verticales y todo el material suelto deberá de ser removido barriéndolo o soplándolo con aire comprimido. Todo el hoyo, más aproximadamente 6 pulgadas (150 mm) del pavimento adyacente, deberá de recibir una capa de imprimación hecha de emulsiones asfálticas SS-1, SS-1h, CSS-1, o CSS-1h, a una razón máxima de aplicación de 0.05 gal/yd<sup>2</sup> (0.25 l/m<sup>2</sup>). Luego, capas de material asfáltico de base son colocadas sucesivamente sin exceder cada una de ellas un grosor de 4 pulgadas (100 mm) sin haber sido aún compactadas. Cada capa tendrá que ser completamente compactada usando apisonadores mecánicos y/o consolidadoras, teniendo cuidado en compactar las orillas del bacheo antes de colocar la siguiente capa. El material asfáltico de base deberá ser colocado hasta una profundidad aproximadamente igual a la de la parte superior de la base existente. El bacheo será completado con una capa asfáltica de rodadura de un grosor aproximadamente igual al de la superficie existente. La capa final del material bituminoso deberá de compactarse hasta una altura cerca de 3/15 pulgadas (5 mm) mayor que el nivel del pavimento adyacente. El objetivo es el de tener un hoyo completamente relleno con un material compactado sin la presencia de depresiones o túmulos.

Después de que el pavimento haya sido bacheado el espaldón es reconstruido; si éste fuera de tierra, una compactación adecuada deberá llevarse a cabo con un óptimo contenido de humedad del material, si no fuera de tierra, pero sí de agregados, la reconstrucción deberá hacerse en capas a un contenido de humedad que permita su compactación. La estabilización de los espaldones tiene igual importancia como la colocación del material asfáltico de base.

La secuencia de reparación de las fallas de los bordes en la siguiente:

- o Inspeccionar una zona de varios metros a lo largo del área donde la falla de bordes esté presente para determinar su posible causa;
- o Instalar los implementos para el control de tránsito en el área de trabajo;
- o Marcar el área a reparar;
- o Remover todo el material dañado de la superficie, base y subrasante;
- o Remodelar o reconstruir el espaldón;
- o Colocar capas sucesivas de material asfáltico de base;
- o Compactar cada capa usando una consolidadora de llantas de caucho, o apisonadores mecánicos;
- o Colocar una capa asfáltica de rodadura;
- o Consolidar la capa asfáltica de rodadura con una compactadora de tambor de acero;
- o Recoger los escombros del área de trabajo;

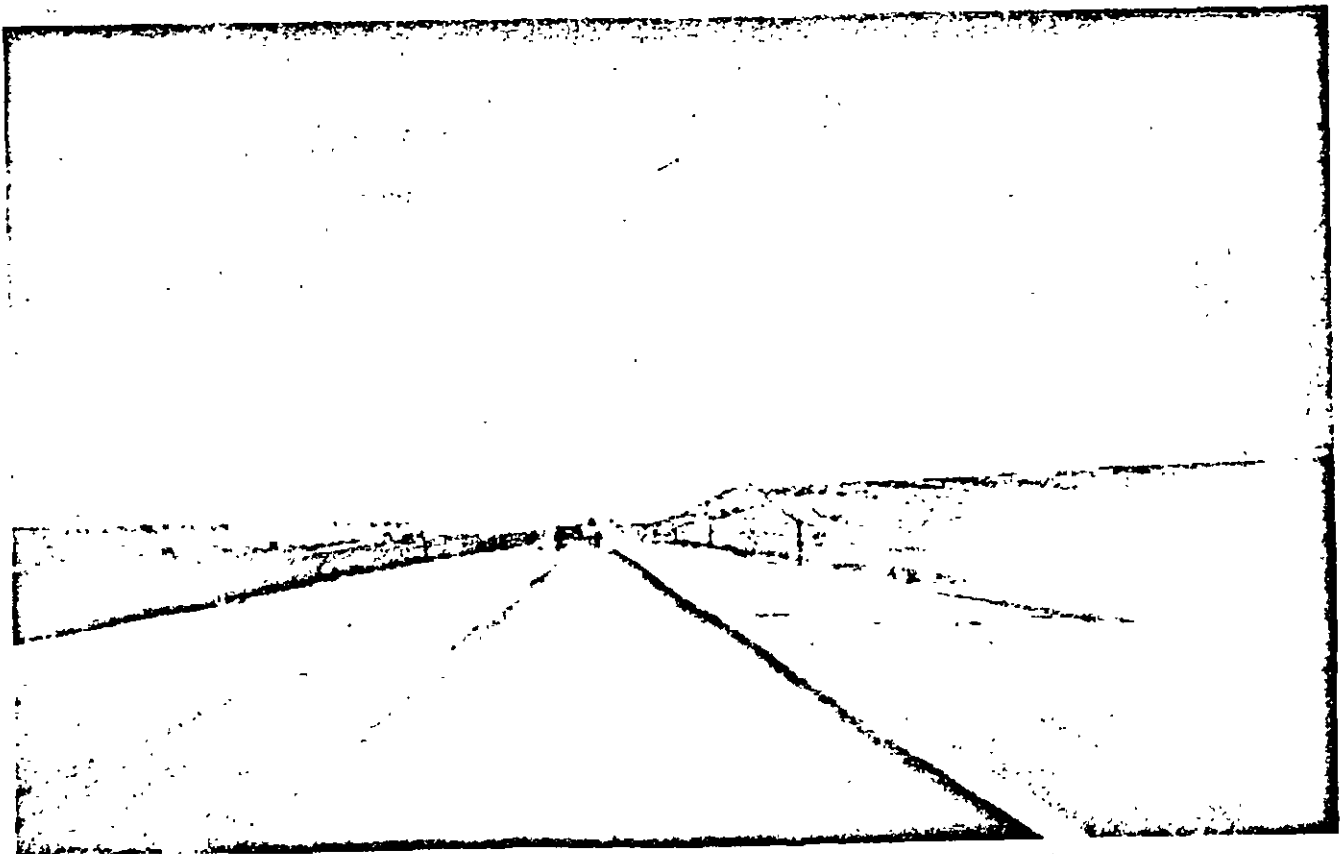
- o Repintar las franjas de los lados de las vías; y
- o Recoger los implementos para el control del tránsito del área de trabajo.

#### 2.6.11 Afloramiento

El afloramiento es una concentración de asfalto sobre la superficie pavimentada que usualmente comienza en la senda que dejan las ruedas de los vehículos. Esto produce una superficie brillante que a menudo se vuelve pegajosa durante los días calientes. La superficie también se vuelve resbaladiza cuando se moja. Cuando se conduce sobre áreas con afloramiento, frecuentemente las llantas de los vehículos producen un sonido parecido a cuando pasan sobre una superficie mojada. (Vea la Figura 2-21, "Afloramiento", que muestra un pavimento con afloramiento.)

El Afloramiento puede resultar por mezclas con mucho asfalto, o por demasiada compactación debido al paso de vehículos pesados u otro tipo de tránsito, o por demasiado asfalto en los bacheos, o mezclas inestables, o dispersión de los agregados, o por una aplicación excesiva de capas de imprimación, derrames de asfalto, o cualquier otra circunstancia que resulte en demasiado asfalto en el pavimento.

FIGURA 2-21 AFLORAMIENTO



Durante días con temperaturas altas el volumen de asfalto aumentará, y si éste llega a ser mayor que el volumen de aire entre los huecos de los agregados, entonces el asfalto aflorará a la superficie. Esto ocurre frecuentemente en la línea de trayectoria de las ruedas de los vehículos, y más a menudo cuando se ha hecho un tratamiento de superficie. Puede también ocurrir en bacheos asfálticos.

Los niveles de severidad del afloramiento no pueden definirse. Este puede reconocerse cuando es lo suficientemente intenso como para causar peligro debido a la reducción en la resistencia al patinaje. Pueden también ocurrir irregularidades en la superficie como huellas, ondulaciones, y desplazamientos.

El afloramiento en áreas tan pequeñas como de 0.1 pies<sup>2</sup> (0.01 m<sup>2</sup>) o menos, puede producir hoyos y escabrosidad en la superficie si las reparaciones se retrasan. Los pavimentos que padecen de afloramiento son peligrosos puesto que se vuelven resbaladizos. La presencia de un afloramiento previene de antemano de un deterioro estructural progresivo y deberá de corregirse.

La reparación de áreas de 20 pies<sup>2</sup> (1.9 m<sup>2</sup>) o menos que presenten afloramiento, han de repararse removiendo todo el material que contenga un exceso de asfalto y siguiendo los procedimientos previamente discutidos para el Bacheo Profundo de Hoyos.

Cuando existe un afloramiento en una superficie sin tener ésta irregularidades, la reparación a seguir es la de darle un tratamiento de secado con arena caliente o agregados porosos calientes como la escoria. Dependiendo del tamaño del área, la arena o los agregados deberán ser esparcidos usando palas o métodos mecánicos. Inmediatamente después de haberse esparcido éstos, el área deberá consolidarse usando consolidadoras con llantas de caucho. Cuando la arena o los agregados se hayan enfriado, el exceso de material de cobertura deberá barrerse. El proceso deberá de repetirse cuantas veces sea necesario para secar todo el exceso de asfalto en la superficie.

Frecuentemente un afloramiento excesivo está acompañado de distorsiones, ondulaciones, desplazamientos, o huellas y puede que se requiera de un equipo para cepillar o alisar o pulir la superficie. En algunos bacheos podría ser mejor usar materiales mezclados en planta con un contenido bajo de asfalto. En situaciones donde otros métodos de reparación han sido inefectivos para corregir el problema, será necesario remover la porción de la superficie donde el afloramiento esté presente y reemplazarla con un material de bacheo asfáltico más estable.

La secuencia para reparar el afloramiento es la siguiente:

- o Instalar los implementos para el control del tránsito;
- o Marcar los límites del área a bachear;
- o Esparcir agregados calientes sobre el área a bachear;
- o Consolidar la capa de cobertura de agregados calientes;

- o Recoger los implementos para el control del tránsito del área de trabajo.

## 2.7 Técnicas de Reparación de la Base y Sub Base

Las secciones transversales típicas pueden variar desde una capa única de base o sub-base hasta capas múltiples de varios tipos de base y sub-base.

Se diseñan los pavimentos para transferir la carga de las ruedas a la subrasante. Cada vez que pasa una carga, un poco de deformación ocurre en la superficie y en la base. Repetidas aplicaciones de ruedas sobrecargadas, y su consecuente deformación del pavimento, causarán una falla de la base y superficie. Las señales prematuras del desarrollo de fallas son las distorsiones y el cuarteo en la superficie. Un mantenimiento hecho a tiempo puede evitar un deterioro más serio de ésta; sin embargo, esto no podrá solucionar problemas causados por diseños inadecuados o por excesivas cargas en los camiones. Las fallas en la base son la causa de severos problemas como túmulos y pandeos, cuarteo en bloque, baches, huellas, hinchazones, ondulaciones, y depresiones.

Las fallas también pueden ser el resultado de una penetración excesiva de agua en la base o subrasante. El agua puede saturar la subrasante y la base infiltrándose desde fuentes profundas o lateralmente a causa de un mantenimiento pobre de las zanjas o de la falta de desagües. También el agua puede penetrar hasta la base o subrasante desde la superficie colándose entre las fisuras. La causa de las fallas también puede ser debido al desempeño de los materiales de la base y de la superficie.

Antes de hacer reparaciones a una superficie bituminosa de rodadura, deberá de determinarse si el daño es el resultado o no de una falla en la base o en la subrasante. Si una falla en la base es evidente, ésta deberá de ser reparada.

La secuencia de reparación de la base es la siguiente:

- o Marcar con pintura los límites de las áreas, o área, a repararse en la superficie de la carretera;
- o Cortar a través de la capa bituminosa de rodadura a lo largo de las líneas que marcan el área a repararse, usando un taladro de aire con un barrenado de espada; y luego remover el material de esa capa;
- o Remover el material dañado de la base y/o sub-base en una forma similar. Las orillas del corte en la base deberán de estar a una distancia de 2 a 3 pulgadas (50 a 75 mm) hacia la parte de adentro de las orillas del corte en la superficie, para que así una porción de la base vieja quede para darle soporte al nuevo material de superficie;



- o Remover el material dañado de la subrasante. Los lados de la excavación tendrán que ser verticales y el fondo paralelo a la superficie;
- o Instalar drenajes o mantas permeables sí fuese necesario;
- o Rellenar la excavación en la subrasante con un material adecuado colocándolo en capas de grosor uniforme sin excederse de 6 pulgadas (150 mm) una vez compactadas;
- o Reemplazar el material de la base y/o sub-base, por uno que esté de acuerdo con el de las siguientes subsecciones: Sub-Base, Capas de Agregados de la Base y Capa Asfáltica de la Base. Este material nuevo tendrá que ser similar al usado en la estructura original del pavimento; sin embargo, debido a razones de economía, disponibilidad, tamaño de la operación, manejo del tránsito, etc., quizás fuera deseable usar un material con una mayor calidad estructural. Por ejemplo, en lugar de reemplazar una capa asfáltica de base y sub-base, podría usarse una capa asfáltica de base solamente; y
- o Aplicar una capa de imprimación y luego colocar una capa de rodadura de acuerdo a las provisiones escritas en las Especificaciones Generales para la jurisdicción en cuestión.

#### 2.7.1 Sub-Base

Las capas de la sub-base constan de mezclas de agregados y de suelo, y para ser éstas compactadas y colocadas correctamente, las mezclas deben de cumplir con los requerimientos de graduación y humedad. La sub-base, cuando es necesario usarla, forma la capa más profunda de la estructura del pavimento y es colocada sobre una subrasante preparada.

El procesamiento y producción de los agregados de la sub-base requiere que se controle el porcentaje de agregados pasando la zaranda número 200, y también, que se controle el índice de plasticidad, la segregación y el contenido de humedad, pues éstos son los factores más significativos que afectan el buen desempeño de una capa en la sub-base.

Los agregados de la capa de la sub-base son controlados tomando muestras periódicas de: (1) la amasadera; (2) el material amontonado en hileras; o tomando muestras en (3) la trituradora. La aceptación de los agregados dependerá de los resultados de las pruebas de calidad y graduación, los cuales deberán de mostrar que éstos cumplen con los requerimientos de las Especificaciones Generales de la jurisdicción incumbente.

El Superintendente puede proveer información acerca de los métodos correctos de muestreo y de los procedimientos y frecuencia de las pruebas.

La segregación de los agregados puede minimizarse construyendo en capas las pilas de material almacenado. Si se usan correas transportadoras, deben de nivelarse los conos de material. También se debe evitar el uso de equipo con tracción de oruga durante la nivelación de las pilas de almacenamiento pues este equipo puede producir una degradación de los agregados. Cuando deban cargarse camiones de una pila de almacenamiento, el material debe de

tomarse de varios lugares. Las pilas de almacenamiento que sean relativamente altas deberán de construirse usando grúas con cucharones de conchas de almeja colcando el material en capas; la remoción de material de estas pilas deberá hacerse usando el mismo equipo y el mismo procedimiento. Cuando las pilas de almacenamiento sean relativamente bajas, la remoción del material puede hacerse por medio de cargadores, pero el material no deberá de empujarse hacia el cargador. Deberá evitarse cualquier forma de manejo del material que cause que éste ruede hacia abajo en las pendientes de las pilas de almacenamiento, porque las partículas de mayor tamaño siempre se separan de las de menor tamaño durante ese movimiento y entonces, el resultado es el de una segregación.

La subrasante está lista para recibir la capa del material de la sub-base cuando la primera esté compactada a un nivel y pendiente de acuerdo a las dimensiones típicas de la sección. Debe de evitarse la remoción o desplazamiento del material de la subrasante a causa del tránsito de construcción. Estas irregularidades producen variaciones en la estructura del pavimento y establecen condiciones que pueden contribuir a futuras fallas, entonces, el equipo de mantenimiento y los camiones deben de evitar cruzar o dar vueltas sobre la subrasante. Debe de revisarse qué el corte transversal esté de acuerdo a las especificaciones midiendo el nivel de la subrasante con una cuerda tensionada y colocada entre puntos de elevación conocida. La superficie debe de ser aprobada por el superintendente antes que sea cubierta con el material de la sub-base.

El material de sub-base es colocado en capas de grosor uniforme no mayores de 6 pulgadas (150 mm) y no menores de 3 pulgadas (75 mm). Debe usarse un esparcidor mecánico aprobado por el superintendente. Puede que sea necesario un poco de trabajo manual para mantener el nivel adecuado, pero este trabajo debe de ser minimizado para reducir la segregación y pérdida de humedad del material. Las áreas que presentan segregación deben remezclarse y re-compactarse. Cada capa debe de ser aprobada por el superintendente antes de cubrirla con otra.

El material de la capa de la sub-base tiene que compactarse tan pronto como se coloque. Si se ha perdido humedad durante el transporte o durante la colocación del material, éste debe de ser reemplazado. El material tiene que tener el contenido de humedad apropiado al momento de compactación. La capa debe de regarse con precaución puesto que un exceso de agua puede dar como resultado la presencia de áreas débiles. Es el superintendente quien debe determinar el contenido de humedad adecuado del material que está siendo usado y quien también debe de dirigir el proceso de secado o añadidura de agua, dependiendo de lo que sea requerido.

La densidad se consigue compactando con una cilindradora adecuada. En la mayoría de los casos, una compactadora vibratoria o neumática puede ser usada. Exámenes de densidad en el lugar de trabajo son la mejor forma de determinar que tan adecuado ha sido el proceso de compactación. Los procedimientos deberán de seguir las recomendaciones de las Especificaciones Generales de la jurisdicción incumbente. Las pruebas de compactación son una excelente manera de establecer los procedimientos efectivos de consolidación.

La superficie de la capa de la sub-base debe de tener un acabado de tal forma que en ésta no hayan lugares más bajos de 1/4 pulgada (6 mm) en relación al borde inferior de un escantillón de 10 pies (3 m.) de largo colocado sobre la superficie; esta tolerancia es requerida tanto en una dirección longitudinal como en una transversal. Las correcciones en el acabado de esta superficie deberán hacerse añadiendo material, o removiéndolo, donde sea necesario. La sub-base deberá de ser aprobada por el superintendente antes de colocar el material de la base.

Deberán de programarse las operaciones para procurar un mínimo de pérdida de humedad en la sub-base mientras se cubre ésta con el material de la base. Durante este tiempo se requerirá que la sub-base sea mantenida; que se reestablezca la humedad perdida; y que se proteja la superficie para evitar el desplazamiento, la presencia de huellas y otros daños.

#### 2.7.2 Capa de Agregados de la Base

Las capas de agregados de la base están hechas con mezclas de agregados y ligantes que cumplen con los requerimientos de graduación y humedad cuando son colocados y compactados; éstos forman parte de la estructura del pavimento y pueden colocarse sobre subrasantes preparadas o sobre una capa de sub-base, conforme a los requerimientos del diseño.

La producción y procesamiento de los agregados que forman parte de las capas de base requieren de un control de graduación y humedad. La colocación de los agregados requiere que sean esparcidos en capas de grosor uniforme usando una motoniveladora o un esparcidor mecánico, y que este grosor no sea mayor a (6 pulgadas) 150 mm. Cuando el diseño exija grosores mayores, los agregados de la base deberán de colocarse en capas múltiples, las cuales deberán tener aproximadamente igual grosor.

Los agregados usados en las capas de la base son controlados tomando muestras periódicas de la planta central de mezcla o de los hiladas de material amontonado. Exámenes de graduación y humedad deben de hacerse usando los procedimientos prescritos en las Especificaciones Generales de la jurisdicción incumbente cuantas veces sean recomendados, y los resultados de estos exámenes también deberán de cumplir con las recomendaciones hechas por el mismo documento. Cuando los resultados de las pruebas de calidad no cumplan con lo recomendado se deberán tomar acciones para corregir los problemas, por ejemplo, el contenido de humedad puede ajustarse secando los agregados o añadiéndoles más agua; la graduación puede corregirse añadiendo y mezclando los agregados en un tamaño y una cantidad adecuada o revisando las proporciones de agregados finos, gruesos y de ligante.

Es preferible colocar la base con los agregados con un esparcidor mecánico que hacerlo con una motoniveladora. El esparcidor debe de operarse con una carga de material relativamente constante sobre todo el ancho nivelado. El grosor de la capa puede revisarse midiendo la profundidad de ésta y/o comparando el volumen de material usado con el volumen teóricamente calculado necesario a usarse sobre una distancia de pocos metros. Cuando una motoniveladora es usada es necesario que el volumen correcto de material a usarse esté amontonado en hiladas para así obtener una capa con un grosor y un ancho uniforme, por lo tanto, el material amontonado en hiladas deberá dejarse en una sección con un corte transversal uniforme durante la fase

final de mezcla. El ancho de la capa deberá de controlarse por medio de estacas temporales y el grosor de ésta deberá de confirmarse usando el procedimiento explicado anteriormente. Los agregados colocados con la niveladora generalmente se consolidarán más que aquellos colocados con la esparcidora cuando el mismo esfuerzo de compactación es usado.

Los agregados en las capas de la base tienen que ser manejados de tal forma que la segregación sea minimizada. La remoción de materiales de las pilas de almacenamiento es hecha en capas, usando una grúa con cucharón de almeja en pilas relativamente altas, y un cargador en aquellas relativamente bajas, procurando no empujar el material hacia el cargador. Cuando se manejan los agregados de una manera en la cual se hace que éstos rueden sobre la pendiente de las pilas de almacenamiento, las partículas grandes se separan de las pequeñas y se produce la segregación. Equipos con tracción de orugas no deben de permitirse sobre una pila de almacenamiento.

El superintendente debe de determinar el contenido adecuado de humedad del material, y también debe de dirigir los procedimientos de secado o de riego cuando éstos sean requeridos. Cuando se añada agua deberá hacerse con cuidado pues un exceso de ésta puede resultar en áreas débiles en la superficie subyacente.

Las bases con capas de agregados deben de compactarse tan pronto como se coloquen. Si existe pérdida de humedad durante el transporte y colocación de los materiales, éstos debe de ser reemplazados, pues es necesario que al momento de la compactación los agregados tengan el contenido adecuado de humedad. La compactación puede llevarse a cabo usando consolidadores neumáticos o vibratorios y los requerimientos de ésta deben de estar especificados en las Especificaciones Generales de la jurisdicción incumbente.

La superficie subyacente está lista para aceptar los agregados de la base cuando la primera esté compactada hasta un nivel y en una pendiente las cuales cumplan con las dimensiones típicas de la sección. Esta superficie, bien sea parte de la subrasante o de la sub-base, deberá de ser remodelada, cuando ha sido desplazada, hasta alcanzar el corte transversal apropiado; la remodelación puede obtenerse regando, luego escarcificando, cortando y finalmente compactando, todo esto hasta donde sea necesario. Este trabajo de remodelación debe de restablecer la superficie deseada evitando alterar, hasta donde sea posible, la corona del camino. Los camiones y otro equipo de mantenimiento pueden alterar severamente la superficie mientras maniobran; es por esto que no deben de permitirse maniobras sobre ésta. Cuando un daño ocurra, éste deberá repararse antes de proseguir con el trabajo.

La superficie de la capa de agregados de la base debe de tener un acabado tal que, cuando un escantillón de 10 pies (3 m) de largo es colocado sobre ella, la variación entre el nivel de la superficie y el borde inferior del escantillón no sea mayor de 1/4 pulgada (6 mm), tanto en la dirección longitudinal, como en la transversal. Cuando sea necesario corregir la superficie final, se deberá de remover o añadir material, conforme sea necesario, en las regiones con exceso o carencia de éste, respectivamente. Las tolerancias en la superficie deben de revisarse a medida que la compactación tome lugar para que así las correcciones puedan hacerse con un mínimo de desplazamiento de la capa y luego ésta pueda volver a compactarse.

Una excelente forma de establecer procedimientos efectivos de producción de consolidación es la de hacer pruebas de compactación.

Después de la compactación, los agregados de la base deberán ser mantenidos y protegidos de cualquier daño, hasta que una capa asfáltica de imprimación u otro tipo de superficie sea aplicado. El mantenimiento puede que requiera de añadidura de agua, ligeros cortes y compactación. Las bases de agregados requieren de tiempo para secarse y desarrollar una estabilidad, es por eso que no deben de usarse como caminos para transportar materiales durante el período de curación; una vez este período haya terminado, debe de tenerse cuidado en proteger la base de agregados de daños a consecuencia de cargas pesadas.

Una vez la capa de agregados de la base esté terminada, ésta deberá ser aprobada por el superintendente antes que se prosiga a cubrirla con otras capas de la estructura del pavimento.

### 2.7.3 Capas Asfálticas de la Base

Las capas bituminosas en la base tienen requerimientos con determinadas especificaciones cuando éstas han de ser colocadas y compactadas. Estas son parte de la estructura del pavimento y pueden colocarse sobre una sub-base, o sobre una capa de agregados de la base, dependiendo de como sea requerido.

El superintendente tiene que haber aprobado la capa subyacente antes que la capa asfáltica de la base sea colocada. Tanto la subrasante, como las capas de agregados de la base deberán ser imprimadas de acuerdo a las Especificaciones Generales de la jurisdicción incumbente.

Cuando una capa asfáltica de base es colocada en caminos con un ancho mayor que el de una vía, una mitad de la corona del camino deberá de pavimentarse primero; la otra mitad deberá comenzarse a pavimentar, bien sea cuando la distancia pavimentada de la primera mitad es de 1,500 pies (1/2 kilómetro) o menos, o al día siguiente después de haber comenzado la producción de ésta. Esto requerirá que al comienzo de cada segundo día la pavimentadora tenga que retrocederse hacia la mitad sin pavimentar, a menos que dos pavimentadoras sean usadas. Las juntas longitudinales de las capas sucesivas deberán de estar entre 6 a 12 pulgadas (150 a 300 mm) alejadas hacia la derecha o izquierda del centro de la vía alternadamente, conforme nuevas capas sean colocadas, de tal forma que las juntas de dos capas sucesivas no coincidan.

La capa asfáltica de la base debe colocarse con una pavimentadora aprobada. Esta debe de ser ajustada al ancho de la corona del camino donde se trabajará y debe de operarse con una carga relativamente constante de material sobre el ancho marcado con el listón-guía. Las compuertas traseras de descarga de los camiones transportadores de material deben de encadenarse para prevenir escapes excesivos de material cuando se levanten las camas de éstos. La pavimentadora debe de operarse a una velocidad que sea consistente con la rapidez con que el material es transportado a ésta, para así minimizar las condiciones que hagan detener la operación.

El grosor de la capa asfáltica de la base puede controlarse midiendo la profundidad de ésta y comparando las medidas con el grosor compactado. La cantidad calculada teóricamente de material requerido en una distancia de pocos metros puede compararse con la cantidad de material realmente colocada. Por ejemplo, ésto puede hacerse calculando teóricamente la distancia que puede pavimentarse con 5 camionadas de material y luego compararla con la distancia realmente pavimentada con las 5 camionadas; con un poco de ajustes y repitiendo este proceso de cómputo, el grosor correcto puede obtenerse al ir convergiendo al grosor deseado, y luego la experiencia irá enseñando que tipo de ajustes son necesarios para cambiar el grosor en cantidades pequeñas.

Materiales aprobados pueden usarse para prevenir que la mezcla se pegue a la cama de los camiones, pero el uso excesivo de estos materiales puede ser dañino para la mezcla y es por eso que solamente deben de usarse cuando sea requerido prevenir la adhesión. La cama de los camiones debe de levantarse permitiendo que todo el material sea descargado excepto una capa delgada de éste, cuando las camas tengan depresiones en el fondo, entonces puede que los materiales se empocen y ésto puede resultar en una capa de la base con regiones débiles o suaves; es por esta razón que estos camiones requieren una atención especial y no deben de usarse sí, al ser descargados, quede otro tipo de residuos que los de una capa delgada de material en el fondo de las camas.

Los agregados usados en la capa asfáltica de la base y en la fórmula de mezcla requieren la aprobación del superintendente, y esta aprobación tiene que ser confirmada antes de comenzar la producción. Las mezclas asfálticas hechas en plantas debe de ser inspeccionadas para confirmar que cumplen con los requerimientos de las Especificaciones Generales de la jurisdicción incumbente. Debe de inspeccionarse que las camas de los camiones transportadores de la mezcla sean hechas de un metal ajustado, que estén limpias y llanas. El superintendente deberá de aprobar todo el equipo y material antes que la producción comience.

El control de la graduación, del contenido de asfalto, y de la estructura debe de hacerse a través de muestreos y exámenes periódicos. La frecuencia con que los procedimientos de muestreo y exámenes deben hacerse está detallada en los manuales del Instituto de Asfalto (Asphalt Institute) al igual que los procedimientos que deben de usarse para controlar la producción y la aceptación del material asfáltico de la capa de la base. Los resultados de los exámenes deben mostrar que las mezclas cumplen con los requerimientos de las Especificaciones Generales de la jurisdicción respectiva. Cuando la calidad mostrada en los resultados de los exámenes no esté de acuerdo con la especificada deben de tomarse acciones para que las deficiencias sean corregidas.

Un proceso inadecuado de carga de los materiales en y fuera de las pilas de almacenamiento puede resultar en una desproporción de la mezcla. También los ajustes hechos inadecuadamente en los alimentadores de agregados fríos pueden resultar en múltiples problemas de mezcla. Tienen que usarse las especificaciones para asegurar el control de las numerosas acciones que deben de ejecutarse al producir un material asfáltico satisfactorio de la base.

La producción del material asfáltico de la base requiere control en la graduación de los distintos agregados, y control del contenido de asfalto así como de la temperatura. La colocación del material requiere que se controle el esparcimiento de la mezcla en capas de grosor uniforme hecho por una máquina pavimentadora aprobada, continuado con la compactación por medio de una aplanadora aprobada antes de que la mezcla baje a una temperatura menor que los 185 Grados F (85 Grados C). Cuando capas delgadas son colocadas durante un tiempo frío, la compactación deberá hacerse tan pronto como sea posible, por ejemplo, si la capa subyacente está a una temperatura de 50 Grados F (10 Grados C) y la mezcla está aproximadamente a 300 Grados F (150 Grados C), la compactación de una capa de 1 pulgada (25 mm) de grosor deberá de completarse entre un tiempo de 8 a 10 minutos.

La secuencia para reparar la capa asfáltica de la base es la siguiente:

- o Instalar los implementos para el control del tránsito;
- o Hacer exámenes en las muestras del material para asegurarse que éste cumple con los requerimientos de las Especificaciones Generales;
- o Marcar los límites del área a repararse;
- o Cortar a través de la capa asfáltica de rodadura, removerla y disponer de ella;
- o Remover el material inadecuado de la base, sub-base y subrasante;
- o Instalar drenajes o una manta permeable si es requerido;
- o Compactar la subrasante y rellenar;
- o Reemplazar y compactar la sub-base y la base con un material aprobado;
- o Rociar una capa de imprimación sobre el material de la base;
- o Colocar una capa asfáltica de rodadura;
- o Repintar las líneas del centros de la vía y de las orillas; y
- o Recoger todos los implementos para el control del tránsito del área de trabajo.

## 2.8 Capa Sobrepuesta

Una capa sobrepuesta está hecha de agregados calientes mezclados y de un ligante asfáltico. Esta es mezclada en una planta central y colocada con una máquina pavimentadora. El grosor de una capa sobrepuesta es aproximadamente de 3/4 de pulgada (18 mm), y el tamaño máximo de los agregados en una capa delgada no debe de ser mayor que un medio del grosor total de ésta, pues cuando los agregados son más grandes que lo recomendado, éstos usualmente son separados por la pavimentadora.

La capa sobrepuesta es usada para:

- o Cubrir superficies de asfalto viejo cuando muestran un cuarteo excesivo, o baches, bacheos o huellas;
- o Cubrir una superficie de asfalto viejo cuando muestra extensa descarnadura y picaduras;
- o Aumentar la resistencia estructural en regiones donde han ocurrido desplazamientos como huellas, ondulaciones y depresiones;
- o Mejorar la resistencia de patinaje de la superficie;
- o Mejorar la calidad de la superficie de rodadura; y
- o Sellar efectivamente la superficie vieja contra aire y agua.

A pesar de que una capa sobrepuesta delgada cuesta mucho más dinero y tiempo que un tratamiento de superficie, tiene las ventajas siguientes:

- o El ligante asfáltico y los agregados son calentados antes de mezclarse, esto permite que se usen asfaltos con un nivel más alto de viscosidad;
- o La planta de mezclado puede cerrarse durante un clima lluvioso, evitando así el tiempo perdido en las operaciones de secado necesarias durante los tratamientos de mezcla de caminos;
- o La interferencia con el tránsito es menor porque las mezclas de planta pueden ser abiertas al tránsito cuando éstas se enfrían, y también porque no es necesario amontonar el material de las mezclas de caminos en hiladas largas; y
- o A diferencia de los tratamientos de superficie, no existen piedras sueltas sobre la superficie terminada.

Los pasos para los preparativos que deben tomarse en cuenta, cuando una superficie vieja de asfalto vaya a recibir una capa sobrepuesta, son los siguientes:

- o Las secciones de la base que estén dañadas tienen que removerse y reemplazarse con un material nuevo de base;
- o Las fisuras anchas tienen que rellenarse con una mezcla liviana de arena y asfalto;
- o Los baches tienen que limpiarse y bachearse;
- o Deben de hacerse los ajustes necesarios para que los sumideros, las bocas de caídas, las tapaderas de las bocas de inspección, etc. se ajusten a la nueva pendiente de la superficie; y



- o Las áreas con depresiones mayores de (1/2 pulgada) 13 mm sean bacheadas con materiales bituminosos hasta que alcancen el nivel de la superficie existente.

Después que la superficie haya sido barrida, una capa de imprimación hecha de una emulsión asfáltica SS-1, SS-1h, CSS-1 o CSS-1h diluida debe de aplicarse en proporciones que no excedan 0.05 gal/yd<sup>2</sup> a 0.15 gal/yd<sup>2</sup> (0.25 l/m a 0.70 l/m). Antes de colocar la capa ligera sobrepuesta, la capa de imprimación debe de dejarse curar sin ser alterada, una vez ésta se haya curado el material tendrá una consistencia pegajosa. El proceso de curado toma más tiempo durante un tiempo frío y nublado que durante un tiempo caliente y soleado.

Una máquina pavimentadora controlada automáticamente esparce la mezcla asfáltica y le da el alizado final a ésta siguiendo la pendiente y corona del camino. Métodos manuales para el esparcimiento y alizado de las mezclas asfálticas deben de ser usados solamente cuando no haya posibilidades de usar métodos mecánicos.

La asfaltadora controlada mecánicamente debe de esparcir la mezcla asfáltica sin romper la superficie y el resultado final debe de ser el de una superficie pareja; alineada con el corte transversal; de densidad y textura uniforme; libre de hoyos, ondulaciones transversales, y otras irregularidades.

Las mezclas asfálticas deben de ser transportadas a la pavimentadora a una temperatura lo suficientemente alta para así permitir la compactación antes que la temperatura de éstas baje a 185 Grados F (85 Grados C), aquellas transportadas a temperaturas menores se tendrán que desechar. También las mezclas deben de transportarse a la pavimentadora con suficiente tiempo para permitir que las operaciones de esparcimiento, alizado, y compactación de éstas sean completadas con la luz del día, a menos que se provea de iluminación durante la noche para terminar estas operaciones.

La consolidación se puede llevar a cabo por medio de cilindradoras con tambor de acero, o por medio de consolidadoras vibratorias o con llantas neumáticas. Estas deberán moverse tan lento como se requiera para evitar el desplazamiento de la mezcla.

La construcción de las juntas transversales en un material que haya sido previamente colocado, deberá hacerse cortando el material verticalmente en toda su profundidad hasta exponer una superficie fresca.

Refiérase a las Especificaciones Generales de la jurisdicción pertinente para informarse sobre los requerimientos que involucran a las mezclas bituminosas, al equipo de mezcla, a la compactación de las mezclas, etc. El manual publicado por el Instituto de Asfalto (Asphalt Institute), "Capas Sobrepuestas de Asfalto para Carreteras y para la Rehabilitación Estructural" (Asphalt Overlays for Highway and Structural Rehabilitation) MC 17 puede consultarse para buscar información más detallada.

La secuencia en la reparación de capas sobrepuestas es la siguiente:

- o Hacer todas las reparaciones de la base y de la superficie;

- o Instalar los implementos para el control del tránsito en el área de trabajo;
- o Aplicar una capa de imprimación asfáltica con el distribuidor;
- o Esparcir la mezcla asfáltica con una máquina pavimentadora;
- o Consolidar la mezcla asfáltica;
- o Remover los escombros del lugar de trabajo;
- o Repintar las franjas del centro de la vía y de los bordes; y
- o Remover los implementos para el control del tránsito del área trabajo.

## 2.9 Labrado y Reciclado

El labrado es la remoción de una capa de rodadura asfáltica por medio de métodos mecánicos. Es usado para nivelar superficies que han sufrido ondulaciones o huellas, para remediar el afloramiento y para mejorar la resistencia al patinaje. Es también usado antes de la colocación de una capa sobrepuesta donde existen factores críticos como niveles de bordillos, recorridos de filtración, coronas añadidas, etc.

Las máquinas de labrado han sido desarrolladas para poder remover una franja de la superficie de pavimento de más o menos 12 pies (3.8 m) de ancho y 2 pulgadas (50 mm) de profundidad, sin aplicar calor a la superficie. La razón de remoción depende de la dureza de los agregados, de la densidad de la mezcla, de la cantidad de asfalto en la mezcla, de la temperatura, etc. La razón normal de remoción es de aproximadamente 50 yd<sup>2</sup>/min (45 m<sup>2</sup>/min), y la mayoría del material suelto es mandado a los camiones usando una correa transportadora. Este material tiene que almacenarse en pilas para reciclarse o para usarse en un futuro como material de base o sub-base.

Es el superintendente quien determina si el labrado es el método correctivo adecuado a usarse. Es él quien tiene que marcar los límites de las áreas a ser labradas usando pintura o una quilla y además quien debe determinar la profundidad y el número de cortes necesarios.

Las operaciones de labrado deben de progresar en la dirección del tránsito y deben de limitarse a una línea de la carretera hasta que esta línea esté terminada. Antes de permitir al tránsito usar cualquiera de las líneas labradas, éstas deben barrerse con una escoba mecánica.

El trabajo debe de programarse de tal forma que no existan desniveles longitudinales al final de cada día de operación, puesto que éstos son peligrosos para el tránsito.

El reciclamiento es un método por el cual se calienta y se mezcla el material combinado, y cuando es necesario se le añade a éste asfalto o agregados. Las máquinas recicladoras actualmente reducen el material a un tamaño adecuado y lo vuelven a depositar sobre áreas que han sido labradas anteriormente. Otro método de reciclamiento hace uso de pequeñas plantas portátiles de mezcla no continuas (de carga); en este caso, el material labrado es recogido por un cargador de tractor, transportado a la planta, procesado, y regresado al área originalmente labrada o almacenado en pilas para su uso futuro como material de mezcla en frío. Información sobre los reciclamientos en frío y caliente está disponible a través del Instituto de Asfalto (Asphalt Institute).

Las superficies labradas tienen una textura estriada con acanaladuras de una profundidad menor a los (3/8 pulgada) 9 mm. Estas superficies pueden ser simplemente labradas o pueden recibir una capa sobrepuesta que forme parte de la superficie bituminosa de rodadura, sí así lo determinase el superintendente. Una capa fina de imprimación debe de aplicarse sobre las superficies labradas que vayan a recibir una capa sobrepuesta; la proporción de aplicación del material no debe excederse de los 0.05 gal/yd<sup>2</sup> a 0.15 gal/yd<sup>2</sup> (0.25 l/m<sup>2</sup> a 0.70 l/m<sup>2</sup>).

La colocación de las franjas de las vías debe de hacerse de acuerdo con el capítulo 9 de este manual. Al tránsito debe de permitirsele pasar a través del área de trabajo siguiendo las indicaciones del Manual de los Implementos para el Control Uniforme del Tránsito.

La secuencia de reparación usando métodos de labrado es la siguiente:

- o Instalar los implementos para el control del tránsito en el área de trabajo;
- o Marcar el área a ser labrada;
- o Cortar la superficie con una máquina labradora;
- o Transportar el material a un lugar donde se puedan almacenar desechos;
- o Barrer la superficie con una escoba mecánica;
- o Aplicar una capa ligera de imprimación a la superficie que vaya a recibir la capa sobrepuesta;
- o Colocar una capa asfáltica de rodadura;
- o Recoger todos los implementos para el control del tránsito.

## 2.10 Cortes de la Empresa de Servicios Públicos

Una de las causas mayores de los problemas en los pavimentos asfálticos son los cortes de la empresa de servicios públicos. Es importante que las

empresas de servicios públicos sean informadas por anticipado de las políticas, los procedimientos, y las regulaciones que la agencia tiene con respecto a los cortes de dicha empresa. La agencia también debe de inspeccionar con frecuencia los cortes hechos por la empresa de servicios públicos para asegurarse que estos sigan los procedimientos y las regulaciones fielmente. Los puntos que deben de ser considerados cuando se planifiquen las regulaciones son los siguientes:

- o Todos los lugares de excavación deben de estar indicados en el permiso;
- o Las condiciones sobre el perfil del suelo y sobre las aguas subterráneas deben de ser determinadas;
- o Se debe averiguar la localización de otras instalaciones de servicios públicos en el área.
- o Se debe determinar el diseño de las excavaciones incluyendo las de control superficial y subterráneo del agua.
- o La remoción de los espaldones y del pavimento debe de hacerse de tal forma que se provea de una restauración adecuada de la sección reemplazada. Los cortes en el pavimento deben de ser rectos y verticales, el pavimento que esté socavado debe de ser cortado y debe de removerse el material dañado hasta alcanzar la base que esté intacta;
- o El relleno debe de ser colocado y compactado de acuerdo a los requerimientos de las Especificaciones Generales en vigencia;
- o Los cortes generalmente deben de ser rellenados al final de cada día de trabajo. También pueden ser usadas placas de cubierta con aprobación, dependiendo del sitio quizás haya que retirar las placas de la superficie del pavimento.
- o La capa de la sub-base debe de tener un grosor de 12 pulgadas (30 cm) y el material en ésta debe cumplir con las provisiones que están contenidas en las Especificaciones Generales en vigencia;
- o La composición y textura del pavimento reemplazado debe de ser similar al del pavimento existente. El límite del reemplazo debe de ser tal que, el pavimento reemplazado esté apoyado por un material de sub-base completamente compactado y de tal forma que el pavimento sea restaurado hasta alcanzar la pendiente, calidad, y perfil adecuado.
- o Cuando capas de concreto asfáltico son requeridas para reemplazar el pavimento, la mezcla debe de cumplir con los requerimientos de las Especificaciones Generales en vigencia;
- o El pavimento temporal debe de ser o una mezcla caliente de concreto asfáltico, o bien una mezcla bituminosa fría de bacheos. Cuando la última mezcla es usada, ésta debe consistir en agregados y material bituminoso, proporcionado y mezclado en una planta procesadora de

tipo amasadera con ejes y paletas. Prescindiendo del tipo de material usado, la mezcla debe de colocarse sobre una base preparada y debe de ser completamente compactada. Debido que las mezclas en frío son a menudo alteradas por el tránsito, debe de dárselos mantenimiento a los bacheos para así proveer condiciones parejas de rodamiento. Frecuentemente el uso de un bacheo temporal resultará en un consolidamiento del relleno, y por consiguiente el resultado es el de un bacheo permanente.

## 2.11 Limpieza de Pavimentos

Existen numerosos lugares donde el terreno está compuesto de arena suelta, la cual está sujeta a movimientos debido a los fuertes vientos que prevalecientes. Las autopistas que atraviesan este tipo de terreno están sujetas a un cubrimiento ligero de arena lo que representa un peligro menor para la seguridad para completar el bloqueo que detiene el movimiento del tránsito.

Los derrames de petróleo sobre pavimentos bituminosos son muy perjudiciales para la superficie y resultan en una superficie peligrosa debido a baldeos y descarnadura. Los fragmentos dejados en la carretera por accidentes de vehículos o los fragmentos que caen de las cargas de camiones presentan un peligro para el público viajero.

### 2.11.1 Acumulación de Arena

Dependiendo de la profundidad de la acumulación de arena esta puede ser quitada con un tractor de escoba; una niveladora, una niveladora con cargador de banda o un tractor con pala al frente.

En localidades donde hay sola una pequeña cobertura de arena, el pavimento puede ser limpiado barriendo con una escoba mecánica. Cuando se barra una sección abierta de la carretera, la arena debe ser movida hacia el lado de la carretera en la misma dirección del viento, sobre el espaldón hasta afuera de la vía. Se debe tener cuidado de no obstruir alguna estructura de drenaje durante esta operación. Además cualquier estructura de drenaje que haya sido obstruida por la arena debe ser limpiada antes de abandonar el lugar.

En situaciones en las cuales la profundidad de la acumulación es muy grande para ser barrida, una niveladora debe ser usada para mover la arena fuera del pavimento hacia el lado de la carretera en la misma dirección del viento. En áreas de acceso limitado, tales como pasadas bajo puentes, donde la profundidad de la acumulación es tal que una niveladora no la puede mover, una cargadora de banda debe ser usada. La niveladora debe hacer hileras de arena de un tamaño que pueda ser recogida por una cargadora de banda y cargada en camiones. La arena cargada será luego acarreada a un lugar de vaciamiento. Después de que la niveladora, o la niveladora y cargadora hayan completado su trabajo, el pavimento debe ser barrido con una escoba mecánica y cualquier estructura de drenaje que haya sido obstruida debe ser limpiada.

En lugares donde la profundidad de la acumulación de arena es demasiado grande para usar una niveladora, un tractor de pala al frente debe ser usado para cargar la arena en camiones y luego llevarla al lugar de vaciamiento. Después de esta operación el pavimento debe ser barrido y las estructuras de drenaje que hayan sido obstruidas deben ser limpiadas.

#### 2.11.2 Derrames de Petróleo

Cuando se tenga información de un derrame de petróleo, es importante llegar al lugar lo más rápido posible, pero sin arriesgarse en el viaje. Será necesario usar un camión con un tanque de agua equipado con bomba y manguera. Un lavado del pavimento hecho lo más rápido posible reducirá los daños al mismo y eliminará un peligro al público viajero.

Después de que el lavado haya sido completado la superficie del pavimento debe ser examinada para ver si el conglomerante asfáltico ha sido dañado por el petróleo. De ser este el caso, una reparación debe ser programada. Normalmente esta reparación corregirá los problemas de intemperización y descarnadura.

#### 2.11.3 Fragmentos

Los fragmentos de cualquier origen que sean del tamaño y tipo que puedan presentar un peligro en la carretera deben de ser recogidos y botados en un lugar apropiado cuando sean descubiertos en la carretera. Cualquier empleado de carreteras que descubra fragmentos o peñascos sobre esta debe detenerse y removerlos, siempre que sea posible. En los casos en que el empleado viaje en un camión y los fragmentos sean de un tamaño que se puedan cargar en el mismo, el empleado debe de hacerlo y llevar los fragmentos a un lugar de vaciamiento. En los casos en que el empleado viaje en un automóvil, o lleve su camión completamente cargado, o cuando los fragmentos son muy grandes para que él los pueda cargar en el camión, estos deben ser movidos a un lado de la carretera, o por lo menos hasta el extremo exterior del espaldón. La recogida y botada de los fragmentos debe ser programada para cuando se disponga del equipo y del número necesario de empleados.

En situaciones en las que los peñascos son muy grandes para ser removidos de la vía, se deben de colocar rótulos para prevenir al público de que se acercan a una zona de peligro y de que deben de conducir con cuidado. Cuando los peñascos o, el derrumbe o desperdicios sean recogidos, y la vía esté limpia, los rótulos también deben de ser recogidos.

La secuencia de eventos para limpiar pavimentos es de la siguiente manera:

- o Instale los implementos para el control del tránsito en la zona de trabajo;
- o Dependiendo de la profundidad del depósito de arena y del equipo disponible, mueva la arena hasta el lado de la carretera con una niveladora, o bien, haga cordones de arena;

- o—Carge los camiones con arena usando un-cargador-de banda o un tractor con pala al frente;
- o Acarree y deshágase de la arena;
- o Barra el pavimento con una escoba mecánica despues de que la arena haya sido removida;
- o Recoja todos los implementos para el control del tránsito usados en el área de trabajo.

## 2.12 Mezclas de Agregados y Emulsión de Asfalto

Las mezclas de agregados y asfalto emulsificado, diseñadas y fabricadas adecuadamente funcionan tan bien como otros tipos de mezclas de asfalto. Estas mezclas pueden ser usadas para todo tipo de pavimento, desde pavimentos para uso liviano hasta para uso pesado.

La creciente preocupación sobre el medio ambiente en lo que respecta a la calidad del aire, hará que esta mezcla, relativamente libre de emisiones, adquiera mayor importancia en trabajos de pavimentación en el futuro.

Las mezclas son más eficientes energéticamente, ya que muchas de ellas no requieren de calor para ser usadas, ni tampoco de destilados de petróleos, los cuales son caros.

Las emulsiones asfálticas están siendo cada vez mas usadas en el reciclaje en frío de asfaltos ya existentes.

Las mezclas de agregados y emulsión asfáltica pueden ser usadas para mejorar agregados marginales para una base granular o para una superficie de rodadura temporal; y pueden ser usadas para reducir el grosor del pavimento. También pueden ser usadas como una base de graduación abierta, como una mezcla de graduación abierta para superficies, como una superficie de rodadura de graduación densa y como una sub-base.

Las mezclas de agregados y emulsión asfáltica pueden ser diseñadas como de graduación abierta, de graduación densa, o mezclas de arena. Los diseños de las mezclas pueden ser diseñados de acuerdo con los manuales del Instituto de Asfalto, "Un Manual Básico de Emulsiones Asfálticas", MS 19 y "Manual de Mezclas Frías de Asfalto", MS 14.

Las mezclas de emulsiones de asfalto pueden ser hechas en plantas en caliente o en frío. Estas mezclas también pueden ser hechas en plantas móviles, en mezcladoras rotatorias o bien, mezcladas con cuchilla después de haber regado una hilera aplanada de material importado o de material escarificado en el lugar.

Las mezclas de emulsión hechas en plantas calientes son colocadas con equipo de esparcimiento convencional. Al igual que para mezclas de

cemento asfáltico hecho en plantas calientes, una buena compactación es necesaria y los mismos métodos de compactación pueden ser usados.

Las mezclas frías deben ser regadas a un espesor uniforme. Esto es para eliminar la posibilidad de que puedan ocurrir puntos delgados en la capa final. Las mezclas que no necesitan ventilación pueden ser esparcidas al espesor indicado tan pronto como sean mezcladas. Estas deben ser compactadas con aplanadoras de ruedas neumáticas, de ruedas vibratorias o de ruedas de acero.

El regado con cuchilla debe ser hecho en capas, sin que ninguna capa sea más delgada que el doble del diámetro de las partículas de mayor tamaño. Después de poner cada capa, ésta debe ser compactada inmediatamente con una aplanadora de llantas neumáticas.

El cilindrado de la mezcla de asfalto emulsificado debe de empezar durante o antes de que la emulsión empieza a descomponerse. La descomposición se manifiesta por un marcado cambio de color de café a negro. Cuando esto sucede todavía hay la suficiente cantidad de agua en la mezcla para que actúe como lubricante entre las partículas del agregado, pero no hay la suficiente cantidad para llenar los espacios vacíos. Los espacios vacíos pueden ser reducidos cilindrando la mezcla. En esta etapa la mezcla debe ser capaz de soportar la aplanadora sin desplazamiento excesivo.

Dado que las llantas de la aplanadora compactan la mezcla recién esparcida, sus huellas aparecerán como estrías u ondulaciones en la capa final, a menos que haya un cilindramiento adecuado entre el esparcimiento de cada capa. La aplanadora neumática debe de seguir detrás de la niveladora para eliminar estas marcas sobre la superficie final.

La compactación no debe de hacerse, hasta que haya una reducción en el contenido de fluidos. Esta reducción de fluidos puede ser abreviada ventilando la mezcla.

Después de que una capa es compactada completamente, otras capas pueden ser puestas sobre ésta. Esta operación debe ser repetida las veces que sea necesario hasta que la carretera tenga la corona y pendiente apropiadas. Para obtener una superficie de rodamiento lisa, una niveladora debe ser usada para nivelar después de que las aplanadoras completen la compactación de la última capa.

Después de que a la última capa se le ha dado la forma final, con la sección transversal adecuada, se le debe dar una cilindrada como acabado, preferiblemente con una aplanadora de acero, hasta que todas las huellas de aplanadoras o niveladoras hayan sido eliminadas.

#### 2.12.1 Sellados de Mezclas Frías

Hasta hace unos pocos años era muy común poner un sellante con gravilla sobre los pavimentos de mezcla fría, unas pocas semanas después de completada la construcción. La razón es porque las mezclas de graduación densa se pueden descarnar bajo el efecto del tránsito mientras no estén bien curadas. Lo mismo es cierto para mezclas de arena. Las mezclas de graduación abierta son muy resistentes y el descarnamiento es poco probable,



pero aún en este caso se pensaba que un sellante con gravilla era ventajoso para la superficie. Esta práctica es usada todavía por la mayoría de las agencias. Sin embargo, en algunos proyectos con mezcla de graduación múltiple el sellante con gravilla ha sido eliminado cuando un sellante de humedad positiva ha sido incluido dentro o debajo de la estructura del pavimento. En algunos proyectos del Servicio Forestal de Estados Unidos, donde se han usado mezclas de agregados de graduación densa, bien triturados, un buen sellante ha sido usado en lugar del sellante con gravilla. La emulsión asfáltica es diluida con agua y aplicada con un distribuidor o con un camión con tanque. Aplicaciones sucesivas de este tipo de sellante han sido usadas también en mezclas de graduación abierta en un esfuerzo por obtener un mejor sellado para la humedad en el fondo del pavimento.

Una mezcla de graduación densa tiene mas probabilidad de presentar fisuras o rajaduras reflectivas que una mezcla de graduación abierta. Por lo tanto, el uso de un tratamiento para la superficie del asfalto, ofrecerá alguna protección en esta situación. También, esto ayudará a evitar la entrada del agua, la cual puede dañar las capas inferiores de la estructura.

#### 2.12.2 Capas Superiores de Mezcla de Emulsión Modificadas con Latex

Los ingenieros de pavimentos e investigadores han estado prestando gran atención al mejoramiento de prácticas y materiales para el mantenimiento y la restauración. Ellos han reconocido que la adición de caucho o latex a las mezclas mejora la resistencia y elasticidad, con menos susceptibilidad a los cambios de temperatura.

Los ingenieros Europeos también han hecho investigación sobre esto y han desarrollado sistemas de pavimento de baja energía que contienen una mezcla de emulsión modificada con latex, agregados, cemento portland tipo I, agua y un aditivo, tal como Ralumac, desarrollado en Alemania. Este material puede usarse en capas muy finas.

Las capas superiores de mezclas de emulsión modificadas con latex pueden ser usadas para rellenar carriles, para restaurar las pendientes transversales del pavimento sin ajustar o cambiar respiraderos o bocas de inspección, para rellenar fisuras y hoyos poco profundos y para proveer superficies no resbalosas. Las superficies con mezcla de emulsión modificada pueden ser abiertas al tránsito 1 hora despues de haber sido colocadas. Estas superficies previenen el sangrado durante clima caliente y previenen las fisuras durante clima frío; contienen muy pocos espacios vacíos, así que impermeabilizan muy bien y pueden cubrir las superficies de puentes sin necesidad de usar brochales.

El material a colocar asemeja una suspensión, pero es una mezcla tixotrópica que requiere la colocación mecánica siguiente:

- o El pavimento es limpiado de toda vegetación, materiales sueltos, tierra y lodo y es premojado.
- o Las fisuras de más de 1 pulgada (25 mm) son rellenadas con un rellenedor de articulaciones aprobado.

- o Una mezcladora automotora o montada en un camión dosifica y mezcla los materiales.
- o La mezcladora es de eje doble, montada debajo de una banda de agregados con una tolva de cemento colocada arriba de la banda de agregados.
- o El agua y aditivo deben ser mezclados con los agregados y el cemento antes de añadir la emulsión en un proceso de flujo y mezclado volumétrico continuo.
- o Una caja esparcidora es arrastrada detrás de la mezcladora. La caja está equipada con aletas de barreno. El material es movido hacia el centro a lo largo del frente de la caja, asegurándose una distribución uniforme de la mezcla. (El rellenado de carriles requiere una caja de diseño especial).
- o Un rodillo de caucho conectado a una hoja metálica ajustable en la parte posterior de la caja es usado para afinar la superficie.

El material es colocado sobre la superficie cuando la temperatura ambiente es mayor de 40° F (4.5° C) y no hay probabilidad de congelamiento durante las 24 horas después de puesto el material.

### 2.13 Patrones

El mantenimiento de pavimentos y las actividades de reparación consisten en un trabajo intensivo. Para poder alcanzar una productividad satisfactoria es conveniente desarrollar patrones de rendimiento. Estos patrones indican los mejores métodos de reparación incluyendo la combinación apropiada de destreza de los trabajadores, equipo y material y establecen los patrones de rapidez de productividad. La figura 2-22, "Patrones de Rendimiento para el Tratamiento de Superficie - Bacheo a Mano" y la figura 2-23, "Patrones de Rendimiento para el Tratamiento de Superficies - Bacheos con Máquina", son ejemplos de patrones de rendimiento bien formulados.

Patrón de Desempeño para el Mantenimiento de Carreteras

<b>Actividad</b>  TRATAMIENTO DE SUPERFICIE, BACHEO A MANO	<b>Fecha</b>	<b>No.</b>
<b>Aprobado</b>		
<b>Descripción</b>  La reparación de fallas de la superficie con asfalto líquido caliente y con agregados finos o grandes resultando en una capa selladora, principalmente usando herramientas de mano.		
<b>Propósito</b>  El propósito de este tipo de reparación es el de restablecer la integridad del pavimento y evitar daños intensos al afirmado que afectan adversamente la calidad del viaje, la seguridad e inversiones de capital. Los bacheos a mano con tratamiento para superficies son usados típicamente para corregir las situaciones siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Cuarteo de cocodrilo (áreas pequeñas y aisladas)</li> <li>(2) Fisuras lineales (secciones cortas)</li> <li>(3) Descarnadura y intemperización (áreas pequeñas)</li> <li>(4) Fallas en los bordes (nivel de severidad bajo)</li> </ul>		
<b>Unidad de Trabajo</b>  Metro Cuadrado	<b>Productividad</b>	
<b>Personal</b> 1-Capataz 4-Operarios Calificados 3-Obreros 2-Bandereros Entrenados*  *Incluir cuando se requiera	<b>Equipo</b> 1-Camioneta (transporte) 1-Distribuidora de Asfalto 1-Camión de Acarreo 1-Niveladora de Llantas de Caucho 1-Compresor de Aire con Herramientas para Cortar	<b>Materiales</b> Asfalto RC-2 Asfalto RC-4 Emulsión Asfáltica Agregados CM-A  <b>Herramientas de Mano</b> Palas Escobas

**FIGURA 2-22 (CONTINUACION)**

**Procedimiento**

1. Precaliente al asfalto en el distribuidor (que un operario llegue temprano).
2. Inicie los procedimientos apropiados de seguridad para el control del tránsito en el lugar de la obra.
3. El capataz marcará el área a bachear, con quilla o pintura, asegurándose de incluir toda el área fallada y resultando en un bacheo bien hecho, rectangular o cuadrado, con dos lados aproximadamente paralelos a la dirección del tránsito.
4. Barra el área marcada con escobas de mano para quitar la tierra, el polvo y todo material suelto.
5. Aplique asfalto líquido, calentado a la temperatura de aplicación apropiada, con una manguera de mano a razón de 0.68 a 1.13 litros por metro cuadrado, manteniéndose dentro del área marcada para hacer un bacheo bien hecho.
6. Inmediatamente después de aplicar el asfalto riegue los agregados en una capa uniforme, cuidándose de no usar una cantidad excesiva. Todo exceso de agregados puede ser barrido hacia puntos donde estos hagan falta.
7. Inmediatamente después de regar y nivelar la capa de agregados, ésta será acilindrada, dando por lo menos tres pasadas completas al bacheo.
8. Si es necesario poner nuevas capas, repita los pasos 5, 6 y 7.
9. Limpie y recoja todo el exceso de agregados en el lugar de la obra.
10. Cargue todo el equipo implementos de control de tránsito del lugar de la obra y diríjase al sitio del trabajo siguiente.



Control de Tránsito



Marque el Area



Barra



Aplique el Asfalto



Riegue los Agregados



Cilindro



Limpie



Retírese

**Patrón de Desempeño para el Mantenimiento de Carreteras**

<b>Actividad</b>  TRATAMIENTO DE SUPERFICIE, BACHEOS - A MAQUINA	<b>Fecha</b>	<b>No.</b>
		<b>Aprobado</b>
<b>Descripción</b>  La reparación de fallas de superficie con asfalto líquido caliente y agregados finos o grandes resultando en una capa selladora.		
<b>Propósito</b>  El propósito de este tipo de reparación es de restablecer la integridad del pavimento y evitar daños intensos al afirmado que afectan adversamente la calidad del viaje, la seguridad e inversiones de capital. Los bacheos a máquina con tratamiento de superficie son usados típicamente para corregir las siguientes situaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Cuarteo de cocodrilo (áreas grandes)</li> <li>(2) Fisuras lineales (secciones largas)</li> <li>(3) Descarnadura y intemperización (áreas grandes)</li> <li>(4) Fallas en los bordes (nivel de severidad bajo)</li> </ul>		
<b>Unidad de Trabajo</b>  Metro Cuadrado	<b>Productividad</b>	
<b>Personal</b>  1-Capataz 8-Operarios Calificados 3-Obreros 2-Bandereros Entrenados*  *Incluir cuando se requiera	<b>Equipo</b>  1-Camioneta (transporte) 1-Distribuidora de Asfalto 1-Regadora de Agregados 3-Camiones de Acarreo** 1-Tractor de Escoba 1-Aplanadora de Llantas de Caucho  **El número de camiones dependerá del tamaño de la obra y de la distancia al depósito de material.	<b>Materiales</b>  Asfalto RC-2 Asfalto RC-4 Emulsion Asfáltica Agregados CM-A  <b>Herramientas de Mano</b>  Palas Escobas

JRA 2-23 (CONTINUACION)

Procedimiento

1. Precaliente el asfalto en el distribuidor (que un operario llegue temprano)
2. Inicie los procedimientos apropiados de seguridad para controlar el tránsito en la obra. Use bandereros entrenados cuando sea necesario.
3. El capataz marcará los límites del área a reparar con quilla o pintura. Usualmente para reparaciones extensas solo se marca el principio y el final del área.
4. Barra toda el área a bachear con un tractor de escoba y quite toda la tierra, el polvo y materiales sueltos.
5. La barra de eyección del distribuidor es reajustada a la anchura deseada del bache y la temperatura del asfalto es revisada para asegurarse de que es la temperatura apropiada de aplicación.
6. Reajuste el regador de agregados a la anchura deseada de riego para que cubra exactamente la aplicación de asfalto.
7. Aplique el asfalto a la velocidad de aplicación especificada pero no sobre un área mas grande que la que puede ser cubierta con los agregados disponibles.
8. Inmediatamente después ponga una capa de agregados con el regador a la velocidad especificada.
9. Revise la cobertura y el nivel usando escobas de mano. De ser necesario ponga mas agregados.
10. Inmediatamente después de poner la capa de agregados empiece a cilindrar y continúe hasta completar tres pasadas.
11. Si se necesitan otras capas de agregados repita los pasos 7, 8, 9 y 10.
12. Limpie y recoja todo exceso de agregados u otros desperdicios y deshágase de ellos de una manera adecuada.
13. Cargue todo el equipo e implementos de control de tránsito y retírese hacia el siguiente lugar de trabajo.



Control de Tránsito



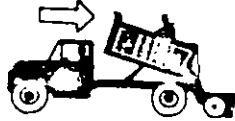
Aplique el Asfalto



Limpie



Marque el Área



Riegue los Agregados



Barra



Cilindro



Retírese



CAPITULO 3  
MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND

### 3.1 Introducción

El pavimento de hormigón usando cemento portland (pcc) provee un servicio excelente, pero, como toda estructura, necesita mantenimiento para poder proveer un servicio económico a través de su vida estructural. Cuando el mantenimiento es descuidado, daños progresivos ocurren y eventualmente serán necesarias reparaciones costosas.

Dos clases de mantenimiento son requeridos; preventivo (rutina) y correctivo (reparación).

Tan pronto como un segmento del pavimento de hormigón esté programado para mantenimiento es extremadamente importante darse cuenta de que por lo general la estrategia más económica y eficaz es la de resolver todos los problemas y deficiencias.

Los tipos más comunes de fallas que se pueden dar en pavimento de pcc son explicados en publicaciones del APWA-COE, "Paver", resumido en la Figura 3.1, "Tipos de Falla en Pavimentos de Hormigóns de Cemento Portland".

Antes de determinar qué reparaciones son necesarias, es mejor hacer una inspección completa del pavimento. Un formulario que ilustra un método de registrar tal inspección es expuesto en la Figura 3.2 "Planilla o Formulario de Evaluación para Pavimento Rígido", que particulariza los procedimientos para una evaluación.

Los tipos de reparaciones examinados en esta sección son los siguientes;

- 3.3 Compuesto Sellador de Juntas.
- 3.4 Inyección de Asfalto Caliente bajo Losa de Hormigón.
- 3.5 Levantamiento de Losa.
- 3.6 Pulimento
- 3.7 Bacheo Parcial Profundo
- 3.8 Bacheo Completo Profundo
- 3.9 Capa (pcc) Adhesiva Delgada sobre Pavimento de Hormigón Existente
- 3.10 Capa para Realzamiento de Concreto Asfáltico sobre los Pavimentos de Hormigón Existente.
- 3.11 Reparaciones de Corte de Servicios Públicos (Servicios de Luz, Agua etc.)

### 3.2 Elementos Comunes en Hormigón de Cemento Portland (pcc)

Existen tres tipos generales de pavimentos de pcc; hormigón reforzado, hormigón no reforzado y hormigón de refuerzo continuo. El tipo que se usa en la mayoría de las entidades locales es pavimento de hormigón reforzado.

FIGURA 3.1 TIPO DE FALLA EN PAVIMENTOS DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND

Ampliación	Movimiento hacia arriba localizado en la orilla de la losa, debido a la escasez de aperturas para acomodar el movimiento de juntas.
Fractura de Esquina	Una fisura que cubre menos de la mitad de la losa y que intercepta la junta y que se extiende verticalmente a través de la losa, causada generalmente por la pérdida de soporte y cargas reiterativas.
Losa Dividida Losa Fracturada	La losa es dividida en cuatro o más pedazos, debido a sobrecarga y soporte inadecuado.
Cuarteo "D" Permanente	Generalmente debido a fisuras similares que corren paralelas y cerca de una junta, causadas por fracturas en el agregado grande debido a la expansión por congelación y deshielo.
Falla	Diferencia en elevación a través de una junta causada por el asentamiento, bombeo, o curvatura de las orillas de la losa, debido a un cambio de temperatura y humedad.
Daño de Sello de Junta	Cualquier daño de material en la junta, que permite la intrusión de material ajeno.
Desnivel entre Carril-Espolón	Diferencia en elevación entre el carril y el espolón, causada por erosión o asentamiento.
Cuarteo Lineal	Fisuras que dividen la losa en dos o tres pedazos debido a la repetición de cargas térmicas y humedad.
Bacheo Grande	Areas de más de 5 pies cuadrados (0.45 m <sup>2</sup> ) cuadrados donde el pavimento ha sido reemplazado debido a fallas o cortes por la empresa de servicios públicos.
Bacheo Pequeño	Area de menos 5 pies cuadrados (0.45 m <sup>2</sup> ) cuadrados donde el pavimento ha sido reemplazado.
Agregado Pulido	Agregado liso, el cual causa una reducción considerable en la adhesión de neumáticos al pavimento, debido al desgaste causado por el tránsito.
Baches	Un vacío, dejado por la pérdida de pedazos de agregado que han sido desalojados a través de expansiones causadas por la acción de congelación y deshielo.
Punzadas	Quebradura localizada en pedazos de la losa, causada por carga pesada, espesor inadecuado, pérdida de sostén o deficiencia de hormigón.

FIGURA 3.1 TIPO DE FALLA EN PAVIMENTOS DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND  
(CONT.)

Bombeo	La expulsión del material debajo de la losa, causado por la deflexión de la losa, que actúa en el agua localizada debajo del pavimento.
Quebrantamiento Cuarteo en Mapa, y en Escamas	Una red de rajaduras delgadas a través de la superficie superior del pavimento causada por acabado en exceso, acción de la sal y construcción inepta.
Fisuras de Contracción	Fisuras que no se extienden de un extremo a otro ni completamente a través de la losa, generalmente debidas a un curado inepto.
Esquina Astillada	Rompimiento completo, dentro de 2 pies (0.6 m) de la esquina.
Juntas Astilladas	Las fracturas de las orillas de la losa dentro de una longitud de 0.6 m de la junta, debido al exceso de carga o a un hormigón poco resistente.

---

### 3.2.1 Mezclado

El PCC consiste en una mezcla homogénea de cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y los aditivos correspondientes mezclados de conformidad con las especificaciones en vigor en las respectivas entidades locales. Estas especificaciones indican la proporción de la mezcla, tal como 1:2:4 (una parte de cemento, dos partes de agregado fino, cuatro partes de agregado grueso) y el asentamiento tal como 1 1/2 a 2 1/2 pulgadas (3.8 a 6.2 cm). El cuál determina la cantidad de agua requerida.

Es importante que el diseño de la mezcla sea conocido y aplicado en la planta mezcladora. Sea que el hormigón es mezclado usando una mezcladora para hormigón en la obra, mezclado en planta fija, en tránsito o mezclado en camión, la carga debe ser mezclada por un período de tiempo suficiente para conseguir una mezcla homogénea. Las especificaciones deben ser consultadas para verificar con qué anticipación se puede agregar el agua a la mezcla.

Las principales aplicaciones de concreto polímero son las siguientes:

- \* Reparaciones de astillamiento de concreto
- \* Reparaciones de junta de concreto
- \* Capas adhesivas delgadas 1/4 - 1 in. (6.2 - 25.0 mm)
- \* Impregnación de tablero y sellado
- \* Soporte de almohadilla

### 3.2.2 Materiales

Concreto polímero (MMA) utiliza una resina reactiva de alta calidad como el único aglomerante, el cual, al ser combinado con químicos y agregados, se

FIGURA 3-2

FORMULARIO PARA EVALUACION DE PAVIMENTO RIGIDO

CALIFICACION DE LA COMODIDAD DE VIAJE (a 80 Km/h)		EXCELENTE	BUENO	ACEPTABLE	MALO	MUY MALO											
MANIFESTACIONES DE LAS FALLAS DEL PAVIMENTO		SEVERIDAD DE LAS FALLAS DEL PAVIMENTO					DENSIDAD DE LAS FALLAS DEL PAVIMENTO (% DE OCURRENCIA)		CARACTERISTICAS DE LAS FALLAS DEL PAVIMENTO								
		DEMASIADO LEVE	LEVE	MODERADO	SEVERO	DEMASIADO SEVERO	POCO	INTERMITENTE	FRAGMENTADO	EXTENSIVO	TOTALMENTE	CUARTEO POR REFLEXION	SEPARAMIENTO DEL CUARTEO TRANSVERSAL	JUNTA O CUARTEO CON BACHEO	JUNTA O CUARTEO CON DESGASTO		
							10%	10-20	21-50	50-80	80-100		(a)				
DEFECTOS DE LA SUPERFICIE	Pulimiento																
	Pérdida de los agregados gruesos																
	Bache																
	Descascaración																
DEFICIENCIAS DE LAS JUNTAS DE LA SUPERFICIE	Descarnadura																
	Por falla																
	Por asentamiento																
	Junta por reptación																
DEFICIENCIAS DE LAS JUNTAS DE LA SUPERFICIE	Junta sin sellante																
	Junta por astilladura																
	Juntas por fallas (Estalladura, etc.)																
	Longitudinal																
CUARTEO	Serpenteado																
	Esquina																
	Transversal	Una sola															
	Transversal	Varias															
	Diagonal																
	Borde en media luna																
	Cuarteo																
	Miscelaneo																
	FALLAS MISCELANEAS	Separación de carriles															
		Losa con alabeo															
Desgaste por las huellas de las ruedas																	
Otros																	
MANTENIMIENTO	Junta de reparación del ancho total																
	Junta de alivio de profundidad total																
	Losa prefabricada																
	Bacheo con mezcla en frío																
	Bacheo al del ancho total																
OBSERVACIONES ADICIONALES																	

polimeriza sólido. Las reparaciones de concreto polímero (MMA) requieren dos pasos. El primer paso es la imprimación. El imprimador es un líquido de metilo metacrilato de baja viscosidad con consistencia de aceite. Al ser mezclado y aplicado al concreto, es absorbido parcialmente a través de los poros y tubos capilares del concreto, creando un lazo químico y mecánico. La mezcla del concreto polímero cuando es colocada, temporalmente disolverá la superficie del imprimador. Luego las dos superficies se juntan.

Los materiales son empacados como dos componentes de concreto polímero. El componente en polvo es preempacado en bolsas de 30 lb. (14 kg), con bolsas de plásticos para mezcla a mano y bolsas de 75 lb. (34 kg), para mezcla mecánica. El componente líquido es empacado en barriles de 5 o 55 gal. (19 o 190 lts). El imprimador es empacado en barriles de 5 gal. (19 lts). La mezcla debe hacerse de conformidad a las intrucciones del fabricante.

### 3.2.3 Propiedades

Algunas de las ventajas en utilizar concreto polímero, son las siguientes:

- o Fraguado rápido, resistencia a la compresión en exceso de 5000 libras por pulgada cuadrada (352.kg/cm) en un período de 45 minutos a dos horas, dependiendo de la temperatura. Reduce el período de paralización de trabajo.
- o Permanente. Fuertemente adherido al concreto, experiencia de años para su uso. Elimina un mantenimiento contínuo.
- o Facilidad en su uso. Mezcla fácil y rápida. Facil de colocar con paleta o plantilla, no se pega a las herramientas, la consistencia puede ser controlada y no deja lengüeta.
- o Uso a través del año. Los límites de aplicación de la temperatura es de 15 grados F (10 grados C) a 100 grados F (39 grados C).
- o Resistencia al agua y sal. Impermeable al agua, sal y químicos descongeladores.

Estas especificaciones mencionadas anteriormente también indicarán el período de tiempo dentro del cual, la mezcla debe ser descargada de la mezcladora, después de ser completada.

### 3.2.4 Ensayo

Todo ingrediente en la mezcla, debe ser ensayado para asegurarse de que satisface las especificaciones. Se debe realizar la prueba de asentamiento, para asegurar la relación exacta de agua y cemento. Estas pruebas deben hacerse frecuentemente, desde la iniciación, y subsecuentemente durante el proyecto. Cualquier indicación de cambio en la consistencia, debe alertar al inspector de la necesidad de realizar una prueba de asentamiento. Un cilindro de la mezcla debe ser preparado, curado y probado, para asegurar que la mezcla desarrolla la resistencia necesaria. El concreto debe ser colocado unicamente cuando la temperatura del aire es de una temperatura ascendiente de 40 grados F (5 grados C) y en una subrasante que es de por lo menos 40 grados F (5 grados C).

### 3.2.5 Curado y Apertura al Tránsito

El pavimento de hormigón debe ser protegido, de tal manera que no sea sujeto a fatigas causadas por una curación rápida o cargas, hasta que el pavimento desarrolle suficiente resistencia para soportar estas fatigas sin causar cuarteo.

En la mayoría de las condiciones, una cobertura temprana y adecuada con un compuesto de curación (membrana blanca), resultará en un curado satisfactorio. Si la temperatura es alta (más de 50 grados C) o si la humedad es baja y la velocidad del viento es relativamente alta, es recomendable cubrir la superficie acabada con un rocío liviano, hasta que el hormigón haya endurecido suficientemente, de manera que pueda ser protegido con una arpillera mojada y así evitar daños al acabado. Este material debe mantenerse húmedo por un período de 8 a 24 horas. La evaporación de agua de la arpillera, disminuirá materialmente la temperatura del hormigón durante el período inicial de curación. La arpillera se puede dejar en lugar y mantenerla mojada, hasta que las pruebas de resistencia flexión demuestren que el concreto ha obtenido la resistencia necesaria para prestar servicio al tránsito de vehículos de la manera especificada por la entidad constructora, o el removimiento de la arpillera después del período inicial de curación. En el último caso, el pavimento puede ser cubierto con un papel impermeable, o se puede aplicar un compuesto de curación (membrana blanca).

Antes de abrir el pavimento al tránsito todas las juntas deben ser limpiadas con aire comprimido y correctamente selladas.

El pavimento no debe ser abierto al tránsito hasta que desarrolle la suficiente resistencia. Para mezclas convencionales, es requerido un período de 10 días bajo clima caliente y 15 días en primavera y otoño.

### 3.2.6 Concreto Polímero, Metilo Metacrilato (MMA)

En reparaciones de concreto, el largo período de curación puede ser reducido con el uso de este material. El concreto polímero fué desarrollado en los Estados Unidos como respuesta a los problemas producidos por el deterioro rápido del material existente, previamente usado en tableros de puentes, y los problemas que este deterioro presentaba a los oficiales de obras públicas y carreteras.

La Administración Federal de Carreteras (FHWA), ha cooperado en el desarrollo de productos y técnicas para ayudar a resolver estos problemas. Uno de los materiales más prometedores es concreto polímero (MMA). Se han hecho notables investigaciones bajo el patrocinio de la Administración Federal de Carreteras (FHWA), en los Laboratorios Nacionales de Brookhaven, y por el Departamento de Reclamación. Los sistemas de materiales de concreto polímero producidos comercialmente, han sido usados mundialmente en los últimos 20 años. Este material puede ser usado en lugares donde es requerido colocar o reemplazar el hormigón. Los polímeros son ventajosos, ya que en áreas bajo reparaciones pueden ser abiertas al tránsito de vehículos en un período de tiempo corto. Sin embargo esta propiedad de fraguado rápido requiere ciertos cuidados especiales cuando se hacen reparaciones.

### 3.2.7. Bacheo de Juntas y Desastillajes

- o Remover todo el hormigón deteriorado, hasta donde el hormigón esté limpio y sólido usando martillo neumático, soplador de arena o herramientas de mano.
- o La superficie del hormigón debe estar limpia y seca.
- o Disolver completamente la cantidad especificada de cebo iniciador dentro del imprimador. Aplicar una capa delgada, derramando pequeñas cantidades de cebo sobre el sustrato y esparciéndola con cepillos. Toda superficie expuesta debe ser cubierta, evitando formación de charcos. Un galón de cebo imprimador es suficiente para cubrir un área de 50-100 pies cuadrados (4.7-9.3 m. cuadrados). Dejar endurecer el imprimador (de 10-20 min), antes de colocar el concreto polímero (MMA).
- o Mezclar el material del concreto polímero en una bolsa mezcladora, o un tambor mezclador portátil. Primero se mezcla el mortero, y después se añade el agregado adicional. La cantidad y tamaño del agregado, al ser añadido, varía en relación al espesor del bacheo necesario. Para astillas de menos de 0.5 pulgadas (12.5 mm), no es necesario añadir más agregado. Para astillas más profundas, hasta un 150% por peso de agregado adicional debe ser añadido. Las instrucciones del fabricante, deben ser seguidas cuidadosamente.
- o Colocar el concreto polímero en el agujero y alisar con paleta o plantilla. Las juntas existentes deben ser mantenidas y selladas.
- o Sellar las orillas del bacheo cepillando el componente líquido en las orillas del bacheo y sobre el concreto adyacente.
- o Después que el concreto polímero (MMA) endurece (45 min. a 2 hrs), la sección reparada puede ser abierta al tránsito.

### 3.2.8 Reparaciones Profundas Completas

El Concreto Polímero (MMA), se contrae muy poco y por esta razón puede ser colocado hasta el fondo.

Después de que todo el hormigón deteriorado ha sido removido, la armadura de acero debe ser inspeccionada. Si el acero muestra señas de corrosión activa, las barras deben ser limpiadas con sopladores de arena o cepillo de alambre para escamar la superficie. Si el acero de refuerzo está oxidado o ha sido removido cuando fué preparada la superficie, nuevas barras de acero deben ser unidas con las que quedaron. Todo el acero expuesto, así como el concreto expuesto, deben ser cubiertos con cebo.

Si las reparaciones son en una estructura elevada, el agujero debe ser rellenado desde abajo del tablero. Como el concreto polímero (MMA) se adhiere a cualquier superficie porosa, todos los moldes deben ser bañados con un agente liberante o cubiertos con polietileno.

Los bacheos se efectúan usando la misma técnica usada en reparaciones de poca profundidad, con la única excepción de que el concreto polímero (MMA) debe ser varillado o vibrado delicadamente para asegurar una consolidación adecuada.

### 3.2.9 Capa Superpuesta Adhesivo Ligera

Debido a la fuerza y habilidad de adhesión del hormigón existente, el concreto polímero (MMA) es usado en capas superpuestas tan ligeras como 0.25 pulgadas (64 mm). Esto elimina la necesidad de levantar las juntas de acero, cordones, etc., capas superpuestas delgadas de concreto polímero son resistentes al agua y sal, protegiendo al acero de refuerzo contra la corrosión.

La superficie acabada, no solamente es durable, sino que debido al diseño de la mezcla, el concreto polímero (MMA) es resistente al patinaje y no será desgastado por el tránsito.

### 3.2.10 Cambio de Tablero

El uso de materiales de Concreto Polímero (MMA) es un nuevo concepto de diseño, que permite el reemplazo de losas enteras de tablero con paneles precolados.

La sección dañada del tablero de concreto es cortada transversalmente con una sierra y después removida. La nueva sección precolada es bajada sobre el puente de modo que los agujeros del nuevo tablero queden alineados con los moldes de las almohadillas de apoyo, las cuales están colocadas sobre los soportes de acero.

Luego las almohadillas de sostén y los agujeros de colada son llenados con concreto polímero.

Usando este procedimiento es posible reparar extensas áreas dañadas durante la noche, sin interrupción del tránsito durante el día.

## 3.3 Bacheo de Juntas

Las juntas son necesarias en pavimentos de hormigón para controlar las fisuras transversales y longitudinales, que de otra manera ocurrirían debido a los efectos combinados de pérdida de agua en la mezcla; caída de temperatura poco después de la colada; por cargas y fuerzas de combadura restringidas al ser sujetos al tránsito.

El bacheo no es una operación de mantenimiento periódica o estacional, pero se necesita hacer un mantenimiento cuando la inspección así lo indique necesario. Inspecciones periódicas de juntas deben ser programadas. El bacheo es necesario cuando el sello de las juntas se ha deteriorado al punto de admitir agua de la superficie y material extraño incompresible, o cuando el bacheo preserva el relleno original en juntas de expansión.



Las operaciones de bacheo no deben ser emprendidas en el verano, debido a que el pavimento en este tiempo se encuentran en expansión máxima y las juntas están comprimidas. Un tiempo favorable es en el otoño, cuando las juntas se están abriendo.

En operaciones de bacheo, puede que sea necesario ensanchar y moldear la parte superior de las juntas de contracción transversal, de esta manera el sellador es depositado de una manera adecuada. El sellador en una junta correctamente rellena debe quedar retirado de la superficie del pavimento y así prevenir el desgaste o el desprendimiento del sello a causa del tránsito.

### 3.3.1 Uso para Corregir

Daños en el sello de la junta y astillamiento de materiales de la junta. Es generalmente apropiado en nuevas construcciones de relleno de junta usar selladores líquidos moldeados en el sitio de trabajo. Los compuestos de asfalto-goma termosplásticos aplicados calientes son incluidos en las especificaciones Federales SS-S-1401, así como en especificaciones de AASHTO M173, y ASTM D1190. Varias especificaciones de carretera estatal permiten el uso de selladores mejorados de asfalto-goma. ASTM D1860 incluye el mástique de aplicación en frío múltiple o individual, así como las especificaciones federales SS-S155, SS-S158 o SS-S159.

### 3.3.2 Preparación de Junta

Selladores Moldeados en el Campo (Colado). Todo sellador viejo y deteriorado que se encuentre en la parte superior de la junta a ser resellada debe ser cortado o desprendido de la superficie, tratando de no dañar la orilla o la superficie de la junta. Esta operación puede ser realizada con una herramienta vertical de orilla cortante montada en tractor. Se debe tener cuidado de no dañar o desviar las orillas de la junta.

También se debe cortar y remover el sellador viejo a una profundidad que permita la acomodación del nuevo sellador más cualquier material de apoyo que será usado entre el nuevo y el viejo sellador. La remoción debe ser lo suficientemente profunda para así asegurar la salida de toda partícula extraña que pudo haber quedado atrapada en el viejo sellador.

Después de raspar se debe remover todo el sellador suelto en la junta, usando aire comprimido libre de aceite. En este procedimiento se debe usar una capacidad mínima de 120 pies cúbicos (3.4 m. cúbicos) de aire por minuto y una presión de boquilla de no menos de 90 psia (6.3 kg/cm<sup>2</sup>). Si estos procedimientos no remueven todo el sellador a la profundidad deseada, mostrado en las caras de la junta hormigón limpio, puede hacerse una limpieza adicional en la superficie usando una sierra mecánica con diamante o cuchillas rayantes. Este procedimiento también puede ser usado para ensanchar la parte superior de las juntas y así poder conseguir un efectivo sello, moldeado en el campo. El depósito del sellador debe aproximarse a las dimensiones dadas en la Figura 3-3, "Dimensiones de Depósito", o de conformidad con las recomendaciones proveídas por el fabricante del sellador patentado.

FIGURA 3.3 DIMENSIONES DE DEPOSITO

Depósito de Junta Contractivo

Dimensiones para Sellador Moldeado de Campo

Intervalo de Junta	Amplitud de Depósito		Profundidad de Depósito	
	Pulgadas	Mm	Pulgadas	Mm
15 o menos	1/4	6.4	3/4 mínimo	19
20	3/8	9.5	" "	"
30	1/2	12.7	" "	"
40	5/8	15.6	" "	"

Inmediatamente después de cortar la parte superior de la junta, ésta debe ser limpiada completamente para remover todo deshecho que pudo haber quedado. Si se usa una sierra seca, la operación de limpieza debe ser realizada con un chorro de aire, libre de aceite, a alta presión. Si se usa una sierra mojada entonces se debe usar un chorro de agua. Cualquier pasta aguada de cemento dejada en la superficie debe ser removida con un cepillo metálico o chorro de arena. Deben observarse los reglamentos locales, estatales y Federales concernientes al uso de chorros de arena.

Donde no sea necesario ensanchar la parte superior de la junta para acomodar adecuadamente el sellador, la junta debe ser removida usando una cortadora eléctrica después de remover el sellador viejo con una herramienta de orilla cortante.

El cortador mecánico debe ser capaz de remover todo residuo y proveer una superficie áspera en la parte superior de la junta a la cual se adhiere el tapado. La junta entonces debe ser soplada o baldeada.

Donde el sellador existente ha sido removido a la profundidad apropiada, un material de respaldo o un material adhesivo debe ser colocado en la junta, inmediatamente después de limpiar adecuadamente la parte superior de ésta y el lugar de depósito del sellador, particularmente si el nuevo y viejo sellador no son compatibles. El material debe ser una cinta adhesiva no reactiva o un yute grueso de 0.5 pulgadas (42.7 mm).

Cuando el sellador es depositado después de limpiar a una profundidad mayor que las dimensiones sugeridas en la Figura 3.3, "Dimensiones de Depósito", la parte inferior puede ser sellada con un cordón tapizado no absorbente o una cuerda de polietileno. Esto impedirá que el sellador se adhiera, reducirá la cantidad de sellador requerido y lo que es más importante, proveerá un mejor factor de depósito.

El material de junta viejo y otros desechos deben ser recogidos con una escoba mecánica o escoba de mano; este debe ser un proceso continuo durante la preparación de junta. La superficie del pavimento se debe limpiar completamente antes de resellar, pero nunca con más de un día de anticipa-

ción. El aire comprimido también puede ser usado en cualquier momento durante las operaciones de limpieza. Use aire comprimido inmediatamente antes de instalar el sellador en la junta; y en ningún caso debe precederse la colocación en más de 100 pies (30m). Los selladores colocados son muy sensitivos a la humedad. La superficie de la junta debe estar completamente seca para asegurar una adhesión adecuada. Las fallas en la unión no aparecen hasta cuando ocurren contracciones. Una superficie de junta seca es la mejor garantía contra fallas de unión relacionadas con la humedad.

### 3.3.3 Sellos de Compresión (Rendimiento)

Donde los sellos de compresión serán reemplazados, el sello de compresión de la parte superior de cada junta debe ser cortado por separado con una herramienta para cortar las orillas verticalmente. Se remueve el sello y la parte superior de la junta es renovada a la profundidad requerida, usando una sierra para hormigón y así dar lugar a un nuevo sello de compresión.

Para un rendimiento adecuado de los nuevos sellos de compresión, es sumamente importante que el receptáculo de las juntas sea uniforme y de una profundidad y anchura adecuada; es decir, con la forma de las orillas bien definidas, características de una junta recientemente aserrada o formada. Cualquier desmoronamiento o irregularidad, paralelo a la orillas de la junta, puede dejar parte del sello proyectandose arriba de la apertura de la junta, e irregularidades en la anchura pueden reducir la presión debajo de la requerida para mantener el sello en su lugar. Es indispensable que todo astillamiento sea bacheado antes de instalar el sello de compresión. En lugares donde no es posible dejar la junta en condiciones de una recientemente fabricada se recomiendan selladores líquidos para resellar.

Después de reparar y renovar la junta, esta debe ser limpiada completamente de la manera recomendada para selladores líquidos o moldeados en el sitio de trabajo.

### 3.3.4 Juntas de Construcción Longitudinales y de Expansión

Las juntas longitudinales y de construcción tienen poco movimiento y el rendimiento del sellador no es tan crítico como en juntas de contracción. Las juntas longitudinales y de construcción deben limpiarse a una profundidad aproximada de 0.75 pulgadas (19mm).

La mayor parte de juntas de expansión, son preparadas con un rellenedor compresible inexprimido. Al rellenar de nuevo estas juntas, es necesario limpiar el receptáculo sellador completamente. Debido a que el rellenedor pudo haber absorbido cierta cantidad del sellador viejo, una cinta contra enlace debe usarse si existen dudas concernientes a la compatibilidad entre el nuevo y el viejo material.

### 3.3.5 Instalación de Sellador de Junta

Selladores Colocados Calientes: Selladores compuestos líquidos mezclados y aplicados calientes son derretidos en una caldera doble, de calor indirecto, con aceite entre la concha interior y exterior actuando como un medio para transferir calor. La caldera debe tener un agitador efectivo operado mecánicamente para asegurar un calentamiento y fundición uniforme, al mismo

tiempo debe ser equipada con control termostático de temperatura de acción directa. Recomendaciones del fabricante con respecto a temperaturas de calentamiento y aplicación deben ser seguidas.

Selladores colocados calientes son inyectados dentro del depósito preparado para recibir el sellador a través de boquillas moldeadas para penetrar dentro de la junta, y deben rellenar el receptáculo desde abajo. El tamaño de la boquilla aplicadora debe ser compatible con la apertura del receptáculo. En trabajos pequeños de rellenamiento pueden ser usados recipientes de mano.

Al momento de colocar el sellador, la parte superior del receptáculo debe estar limpia, seca y libre de polvo. Si hay humedad, ésta formará burbujas de vapor en el sellador caliente, y dejará vacíos cuando el sellador se enfríe. La temperatura del ambiente y del pavimento debe ser por lo menos de 50 grados F (10 grados C), al momento de aplicación. La parte superior del sellador recientemente colocado debe ser 1/4 x 1/16 pulgadas (6.4 mm x 1.6 mm) debajo de la superficie del pavimento. Los selladores de junta no deben ser aplicados o derramados sobre la superficie del pavimento.

### 3.3.6 Selladores Aplicados-En Frío

Materiales para aplicación en frío y de dos componentes selladores son alimentados desde fuentes separadas y combinados en un cabezal mezclador justamente a través de las boquillas aplicadoras. Estos materiales deben ser usados de manera rigurosa de conformidad con las instrucciones proveídas por el fabricante y aplicados con la maquinaria recomendada. El sellador de junta debe ser colocado aproximadamente a 1/4 de pulgada (6.4 mm) debajo de la superficie del pavimento.

### 3.3.7 Sellos de Compresión Preformados

Los sellos de compresión deben estar libres de torsión o alargamiento. La parte superior de la junta debe ser secada superficialmente y la temperatura atmosférica y del pavimento deben estar a 40 grados F (5 grados C) al momento de la instalación. Inmediatamente antes de la instalación las paredes del receptáculo o el sello de compresión o ambos, deben ser cubiertas provisionalmente con un lubricante, el cual después servirá como un adhesivo.

El sello de compresión es insertado por una máquina o herramienta especial a una profundidad de 1/4 de pulgada (6.4 mm) más 1/8 de pulgada (3.2 mm) o menos 1/16 de pulgada (1.6 mm) debajo de la superficie del pavimento, sin más de un 5% de estiramiento en el sello.

### 3.3.8 Fisuras Selladas

Debe ser considerado el uso del sellador solamente para fisuras que se encuentren lo suficientemente abiertas de manera que permitan la entrada del sellador de junta o herramientas ranuradoras mecánicas. El ensanchamiento de fisuras estrechamente cerradas es difícil y puede resultar en problemas de mantenimiento que no existían previamente. Las fisuras estrechamente cerradas son probablemente no estructurales, que ocurren al

terminar la construcción. Estas fisuras deben mantenerse bajo observación y deben ser selladas solamente si se abren y muestran desgajamiento.

Las fisuras estructurales o de fatiga que pueden aparecer muchos años después de terminada la construcción, son señales de esfuerzos, debido a sobrecargas u otras causas. El motivo del cuarteo debe ser determinado y se deben de tomar métodos apropiados de corrección, y un bacheo profundo en el área de la fisura puede ser requerido.

### 3.3.9 Preparación de Fisuras

En casos donde existen fisuras abiertas, se debe hacer una ranura profunda de 3/8 de pulgada (9.5 mm) y 3/4 de pulgada (19 mm) a lo largo de la fisura. Para esto se utilizan máquinas como sierra con cuchillas de diamante, afiladora de fisuras y taladro con torneador vertical. La sierra o ranuradora debe ser capaz de seguir continuamente el sendero de la fisura y de ensanchar la parte superior hasta la sección requerida, sin causar fragmentación excesiva o cualquier otro daño al hormigón. Las fisuras anchas deben ser limpiadas completamente con aire comprimido antes de sellar. Al momento de sellar, la fisura debe estar completamente libre de suciedad, polvo, humedad y otros materiales que puedan interferir en la adhesión del sellador.

### 3.3.10 Relleno de Fisuras

El mismo procedimiento y material sellador líquido descrito anteriormente para el sellado de juntas se utiliza para sellar fisuras.

Máquinas de relleno de juntas y fisuras han sido usadas con algunos selladores líquidos. Un tanque pequeño de propano, mantiene caliente las válvulas de vaciar, y de esta manera el sellador puede fluir uniformemente.

### 3.3.11 Otros Métodos para Sellar Fisuras Irregulares

Varios sistemas para reparar fisuras usando epoxia han sido desarrollados. En algunos de estos métodos, la parte superior de la fisura es ensanchada y el hueco es relleno con resina epóxica a un nivel de acabado similar a la superficie del pavimento. En el método de inyección, la superficie de la losa en la parte superior de la fisura es sellada primero con un material parafínico y después se bombea el compuesto de epoxia dentro de la fisura a través de agujeros o válvulas separadas a intervalos regulares, a lo largo del centro de la fisura.

Si la fisura reparada con epoxia es una fisura de "trabajo", la losa de concreto puede eventualmente agrietarse de nuevo en la vecindad de la sección recientemente reparada, debido a contracciones y expansiones en la losa. Para prevenir cuarteos irregulares adicionales, nuevas juntas deben ser aserradas y selladas alrededor del área en reparación, o juntas existentes deben ser aserradas a una profundidad mayor, siempre y cuando no sean fisuras de "trabajo".

No se pretende dar instrucciones detalladas concernientes al uso de compuesto de epoxia, así como otras propiedades de materiales usados en otras repara-

ciones de fisuras irregulares. Es aconsejable consultar con representantes del fabricante, en cuanto a propiedades y capacidades de estos productos.

### 3.3.12 Resumen de Pasos

- o Limpiar la junta removiendo el material deteriorado a una profundidad adecuada. Usar aire comprimido cuando sea necesario.
- o Recortar o remover juntas para sellos de compresión.
- o Preparar un agujero de manera que pueda ser colocado el sellador.
- o Instalar el sellador.

### 3.4 Sellado Subterráneo (Inyección de Asfalto Caliente bajo la Losa de Hormigón)

El sellado subterráneo es una técnica no destructiva para llenar los huecos que se encuentran debajo de el pavimento sin necesidad de levantar la losa. Esto permite el desplazamiento de acumulaciones de agua libre que contribuyen a la erosión y movimiento de la junta, así como también ayuda a reducir el cuarteo y fallas que resultan a causa de un drenaje inadecuado y un soporte de la losa no uniforme. Nuevos métodos y equipos han sido desarrollados para llevar a cabo este trabajo de una manera mas rápida y eficiente.

El sellado subterráneo es normalmente realizado después de cualquier reemplazo de la losa y bacheo profundo del pavimento de hormigón. El bacheo profundo parcial cuando es necesario, debe ser realizado después de completar el sellado subterráneo. Algunos contratistas sugieren que al mismo tiempo se disponga de una distancia mínima de pavimento de dos millas para operaciones de sellado subterráneo, para así poder acomodar las diferentes operaciones comprometidas y lograr una eficiencia mayor de hombres y equipo.

#### 3.4.1 Uso para Corrección

El sellado subterráneo es usado particularmente en situaciones cuando el agotamiento causa en la losa fracturas, fallas y bombeo.

Ya que el propósito del sellado subterráneo es de estabilizar la losa llenando los vacíos sin necesidad de levantarla, es muy importante detectar cualquier movimiento en la losa durante el bombeo. Si se permite que ocurra un levantamiento, más vacíos pueden ser creados debajo del pavimento conjuntamente con fatigas mayores en la losa. Por lo tanto la elevación debe ser evitada. Algunos movimientos superficiales son inevitables; por lo general las especificaciones permiten no más de 0.05 pulgadas (1.25 mm). El alzamiento puede ser verificado con aparatos de viga equipados con un manómetro calibrador sensitivo, el cual se pone en contacto con el pavimento y banqueta.

La expulsión de lechada de las fisuras, juntas transversales, espaldones o cualquier otra apertura es una indicación de que los vacíos que se encuentran bajo la losa en estas áreas han sido rellenados.

Cuando un mínimo de 24 hrs han transcurrido después de completar el sellado subterráneo, deben realizarse pruebas para la estabilidad de la losa lechada. Esto es una repetición del análisis inicial de pruebas de rodamiento para deflexiones (véase sección "Detención de Vacíos"). Comunmente solo un pase de la carga de prueba es necesario. Donde ocurren movimientos perceptibles en la losa, se hacen pases adicionales de verificación, así como lechadas adicionales. Este proceso es repetido a un intervalo mínimo de 24 hrs, hasta que se obtiene estabilidad. Nuevos agujeros son perforados en cada operación de lechada.

Frecuentemente existen vacíos bajo el espaldón así como debajo de la línea principal del pavimento. Con una buena distribución de la lechada se pueden también llenar estos vacíos. Sin embargo, siendo angosto y generalmente un poco delgado el pavimento alrededor de el espaldón, puede ser levantado con más facilidad por la lechada bajo presión. El levantamiento de el espaldón debe ser prevenido; el aparato de medir debe ser observado minuciosamente para detectar el momento cuando el levantamiento comienza y los vacíos han sido llenados, de manera que se pueda suspender el bombeo.

### 3.5 Levantamiento de Losa

El levantamiento de losa es una técnica que alza la losa del pavimento de hormigón de manera que esta vuelva a ser transitable. Para tener éxito el levantamiento de losa debe hacerse con cuidado. Cuando se hace correctamente puede ser más económico que el reemplazo total de la losa; es generalmente completado en menos tiempo, con una interferencia mínima al tránsito y restaura la integridad estructural del pavimento original.

En el levantamiento de losa, un arreglo de cuerdas y bloques (Figura 3-4), "Arreglo de Cuerdas para el Levantamiento de Losa", explica los métodos para determinar cuando la elevación deseada ha sido alcanzada y el bombeo pueda cesar. Las cuerdas son colocadas generalmente a una distancia aproximada de 1 pulgada (25.4 mm) arriba de la pendiente deseada. En cuanto los bloques se aproximen, la velocidad del levantamiento es reducida y se puede terminar de bombear en el momento en que las cuerdas toquen la línea.

Cuando la sección del pavimento que está siendo levantado se encuentra en una curva vertical, la distancia desplazada debe ser calculada y adaptada a la altura de los bloques para así poder alinear adecuadamente la superficie de la losa.

El bombeo y el levantamiento normalmente deben comenzar en los puntos más bajos de las áreas deprimidas y marchar hacia afuera en ambas direcciones. Mayores cantidades de levantamiento son necesarias en los puntos mas bajos durante la secuencia.

FIGURA 3.4 ARREGLO DE CUERDAS PARA EL LEVANTAMIENTO DE LOSA

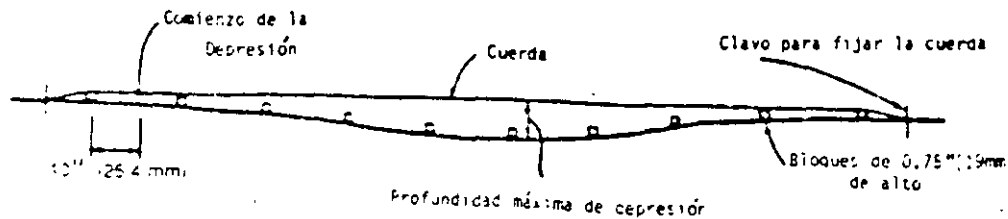


Ilustración del método para determinar cuándo la losa está a nivel.

El levantamiento debe hacerse en incrementos alrededor de 1/4 de pulgada (6.6 mm) con cambios frecuentes en la ubicación de la inyección, de modo que el esfuerzo en la losa se pueda mantener a un mínimo y así se poder evitar el cuarteo. La velocidad de inyección de lechada debe ser uniforme y tan lenta como sea posible, al mismo tiempo que sea consistente con la economía, generalmente se usa una velocidad mínima de 1/2 pie cúbico (0.01 metros cúbicos) y a una velocidad máxima de 1 1/2 a 2 pies cúbicos (0.04 a 0.06 metros cúbicos) por minuto.

Un bombeo inicial es generalmente realizado a una velocidad reducida y es incrementado al mismo tiempo que progresa el levantamiento. Tan pronto como se aproxima la elevación deseada la velocidad del levantamiento debe ser reducida.

Nuevas inyecciones de cemento en agujeros recientemente perforados y un levantamiento adicional de la losa es necesario cuando la lechada de cemento es expulsada de la junta, fisuras u orillas del pavimento antes de llegar a la elevación deseada.

### 3.5.1 Detección de Vacíos

Hay numerosos métodos para la detección de vacíos. Tal vez la formula más simple es una inspección visual del pavimento para localizar las áreas fatigadas. La presencia de agujeros o depresiones en la orilla del espaldón, adyacente a la línea central del pavimento, puede indicar bombeo o saltamiento y la presencia de material granular expulsado en estos lugares es casi una confirmación de vacíos por debajo de la losa.

La presencia de un espacio abierto entre la losa y la subbase o subrasante generalmente provoca excesivos movimientos verticales en la vecindad de juntas o fisuras. Así mismo la falla de las juntas es evidencia de que existen aperturas bajo las extremidades de la losa y que se ha permitido el movimiento de agua, migración de material y acumulación de materiales finos.

Los dos métodos más comunes para medir el movimiento de losa son (1) el Vehículo Cargado (2) Los Aparatos de Deflección.



### 3.5.2. Vehículo Cargado

El equipo usado en la detección de movimientos verticales en la losa debe tener dos manómetros de deflexión, capaces de detectar el movimiento de la losa bajo carga. El montaje del manómetro debe ser colocado con un manómetro en referencia a cada esquina de la losa a ambos lados de la junta y en la vecindad de las orillas del espaldón, de manera que esté situado perpendicular a la junta del pavimento. Sin ninguna carga en la losa a ambos lados de la junta el manómetro entonces debe ser ajustado a cero. Luego el camión cargado debe ser movido de posición, asegurándose que el centro del eje cargado con 18 kilolibras esté situado alrededor de 1 pie (30 cm) detrás de la junta y la rueda de ensayo exterior alrededor de un pie de la orilla del pavimento. Ambos manómetros deben ser leídos. El camión después debe ser movido a una posición similar al otro lado de la junta, aproximadamente un pie delante de ésta. Ambos manómetros deben ser leídos una vez más. Este procedimiento debe ser repetido en cada junta a ser ensayada.

Los manómetros y equipos deben ser capaces de hacer medidas hasta 0.001 pulgadas (0.03 mm). La viga de Benkelman o versiones modificadas son usadas frecuentemente en este sistema de medición. Todo aparato de medición para detección del movimiento de la losa con respecto a un punto de referencia estable, debe ser sujeto a una aprobación final por la agencia contratante.

### 3.5.3 Aparatos de Deflexión

La deflexión de un pavimento bajo carga dinámica puede ser medida usando un Deflectómetro de Carga Descendente, Dinoflexión, o un Regulador de Carretera. La placa cargadora debe ser colocada tan cerca como sea posible de la esquina de la losa. La transferencia de carga debe ser medida con sensores, colocados adyacentes a la junta o fisura, en el lado con y sin carga.

La presión en los manómetros usados en el levantamiento de la losa generalmente varía entre 50 a 250 libras por pulgada cuadrada (345 - 1720 kp). Debido a cambios repentinos de presión, los manómetros deben ser observados continuamente. Un incremento rápido puede indicar una interrupción del flujo y si se continúa el bombeo puede ser seguido por una acumulación de presión, un levantamiento excesivo y cuarteo. Una reducción repentina de presión puede indicar una pérdida de elevación causada por filtraciones subterráneas, el escape de la lechada por las orillas de la losa, etc.

Los ensayos deben ser conducidos en la mañana (es decir entre media noche y 10 am) debido a que la disminución de temperatura y el cierre de juntas en la losa afectan enormemente la deflexión. Si la temperatura es menor de 80 grados F (27 grados C) y el cielo está nublado, los ensayos deben ser realizados durante el día. Puede ser de gran ayuda repetir unos cuantos ensayos cada hora, para ver si la deflexión ha cambiado.

Cuando se corrigen deficiencias de corte vertical de mayor tamaño, localizados encima de un asentamiento de terraplén, el trabajo tiene más probabilidades de tener éxito cuando la losa se encuentra en compresión completa y las juntas están ajustadas, de esta manera el recorrido completo del pavimento hundido puede ser levantado uniformemente. Esto debe completarse

en pequeñas áreas, trabajando progresivamente al rededor del punto más bajo del hundimiento o hacia arriba como fué discutido en secciones anteriores.

El factor más importante en el levantamiento de la losa es el control adecuado de la presión de la lechada.

#### 3.5.4 Configuración de Agujeros

Los agujeros de lechada serán perforados en una configuración determinada por la agencia contratante en consulta con el contratista.

No es fácil determinar con anticipación la configuración de agujeros a utilizarse de manera que se pueda lograr una distribución efectiva de la lechada de cemento por debajo del pavimento. Algunos ensayos preliminares son frecuentemente necesarios, para poder localizar los agujeros de una manera tal que se asegure una distribución adecuada de la lechada. Cuando una configuración de agujeros es seleccionada para ser repetida en cada panel, esta configuración debe proveer suficientes agujeros, de manera que la lechada se extienda sobre todos los vacíos existentes debajo del pavimento.

La configuración de agujeros varía con el diseño del pavimento de hormigón, ya sea este de juntas sencillas, o juntas con armadura tejidas. Cada diseño varía en extensión, panel, características de ejecución y configuración de fallas, y tomando todo esto en cuenta, las técnicas para inyectar asfalto caliente bajo la losa de cemento deben ser ajustadas adecuadamente. Los contratos, relacionados con la inyección de asfalto caliente bajo la losa de cemento deben tener suficiente flexibilidad, de manera que se pueda aprovechar la experiencia del contratista especializado, el cual por lo general es hábil en determinar la ubicación de agujeros de lechada y de este modo poder llenar de una manera efectiva todos los vacíos bajo el pavimento.

El uso de configuraciones de agujeros predeterminados, así como un número fijo de agujeros, puede resultar en el forzamiento de la lechada en áreas bajo la losa donde no existen vacíos y donde el sellado subterráneo no es requerido. La predeterminación de la ubicación de vacíos explicada en la sección 3.5.1 "Detección de Vacíos", es un procedimiento más económico y eficiente.

La Asociación Estadounidense de Pavimento de Concreto (ACPA) está actualmente experimentando con una técnica, la cuál incluye la perforación en el lado salido de la losa, de dos agujeros, a una distancia aproximada de 2 pies (60 cm) de la junta. Los primeros resultados no muestran ninguna diferencia en deflexión o cantidad de lechada usada en estos dos sitios. Estos experimentos fueron realizados en un pavimento plano, con intervalos cortos de junta. Ya que en este diseño es probable que la mayoría de los vacíos bajo el pavimento esten localizados precisamente delante de la junta, esta variación en configuración de agujeros es lógica. Esta técnica promete ser más efectiva y además reduce el costo de material y mano de obra.

La configuración de agujeros usados en el levantamiento de losa son normalmente diferentes a las usadas en un sellado subterráneo. Estas configuraciones deben ser determinadas en el campo de trabajo, por el superintendente

de personal a cargo del levantamiento, el cual debe tomar en consideración el tamaño o amplitud del área del pavimento ha ser levantada, las diferencias en elevación, las condiciones de la subrasante y del drenaje, la ubicación de juntas y fisuras, así como circunstancias locales. La Figura 3-5, "Configuración de Agujeros" muestra una configuración de agujeros usados en el levantamiento de las losas y un perfil de una parte de un proyecto, esta figura identifica la configuración de agujeros y el perfil de un segmento de la losa levantada.

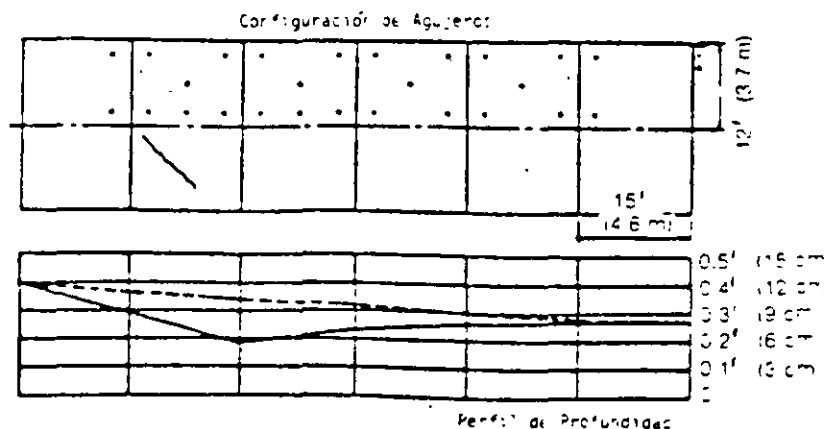
### 3.5.5 Perforación

Los agujeros perforados a través de la losa deben ser verticales y circulares para así poder ajustar los tapones firmemente y detener completamente la expulsión de la lechada cuando las áreas adyacentes sean rellenas. Los agujeros de lechada son generalmente de 1 1/4 a 2 pulgadas (3.2 a 5 cm) de diámetro. Un estudio realizado no encontró ninguna ventaja o superioridad de levantamiento a consecuencia del uso de agujeros de mayor tamaño. Al usar perforadoras de menor diámetro se encontraron menos agujeros en el fondo de la losa. Este análisis recomienda un diámetro de agujeros de 1 1/4-1 1/2 pulgadas (3.2 a 3.8 cm).

Los agujeros para lechada pueden hacerse usando cualquier tipo de perforadora que sea capaz de producir un agujero limpio, sin fragmentación de la superficie o quebraduras en la parte oculta de la losa. En su mayor parte los agujeros son realizados con perforadoras de percusión rotatoria operadas neumáticamente. Cuando se usan perforadoras neumáticas un compresor de aire es requerido.

Frecuentemente se usan perforadoras de alta velocidad montadas en un tractor con ruedas de caucho. La estructura de la perforadora es a veces cargada con pesas de modo que se pueda aumentar la presión de perforación. Existe la posibilidad de que se fracture el hormigón alrededor de los puntos de salida de la broca perforadora cuando se realicen perforaciones a

FIGURA 3-5 CONFIGURACION DE AGUJEROS



a velocidad, bajo presión agregada. Estudios realizados por el "Departamento de Transporte de Nueva York", demostraron que el tamaño y peso de la roca perforada es un factor muy importante en cuanto a la cantidad de daños en el pavimento. Unidades con un peso de martillo de 45 lb. (20.4 kg) fueron satisfactorias; perforadoras de mayor peso y presión causaron fracturas en forma cónica en la parte oculta de la losa seguido por un cuarteo radial. También se encontró una frecuencia mayor de fisuras transversales a través de los agujeros perforados cuando se usaron máquinas pesadas.

Ciertas precauciones deben ser tomadas al determinar el tamaño y peso de la perforadora mas favorable, así como los procedimientos adecuados a seguir en perforaciones, de modo que se pueda correlacionar la máxima eficiencia y economía con un daño mínimo al pavimento.

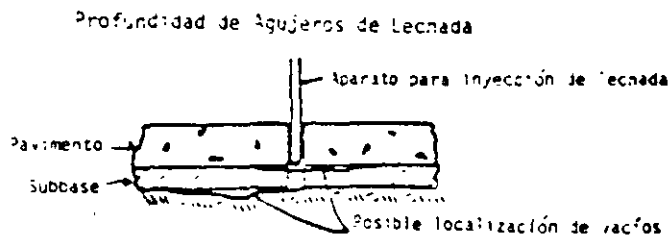
La profundidad de los agujeros de lechada varían en relación a la construcción y el material subyacente. La Figura 3-6 "Profundidad de los Agujeros de Lechada", identifica la profundidad de los agujeros de lechada y el nivel de la inyección de lechada en relación al pavimento, subbase y los huecos bajo éste. La experiencia a través de los años a indicado que los huecos son encontrados frecuentemente un poco más abajo de la subbase por lo que las perforaciones deben hacerse a través de ésta y a través del pavimento. El agujero de salida del obturador de inyección de lechada no debe estar localizado debajo de la losa de hormigón, para permitir que la lechada llene todos los vacíos bajo éste. Donde es difícil comenzar a circular la lechada se debe lavar o soplar una pequeña cavidad en el fondo de los agujeros de lechada, de modo que se provea un suministro suficiente de lechada que pueda fluir a los vacíos cercanos.

Por razones de seguridad y economía, las perforaciones deben de llevarse a cabo justamente antes de efectuar las operaciones de rellenado a presión, para que así los dos equipos de trabajo realizando las diferentes labores estén protegidos por los mismos implementos de control de tránsito. Por la misma razón es prudente limitar las operaciones de perforación y relleno de lechada en un carril de la carretera a la vez.

### 3.5.6 Mezclado de Lechada, Bombeo y Distribución

Para poder transportar todo el equipo y material usado en las operaciones de sellado subterráneo, los contratistas modernos especializados en lechada

FIGURA 3-6 PROFUNDIDAD DEL AGUJERO DE LECHADA



usan unidades independientes sumamente movibles. Los materiales secos son normalmente empacados en bolsas de volumen uniforme o medidos por peso si son a granel.

El agua para mezclar es medida desde un camión de abastecimiento y los materiales secos son normalmente proporcionados en una base volumétrica, de esta manera se logra un mejor control. La mezcladora debe ser capaz de realizar un mezclado homogéneo y debe de ser del tipo de corte directo, de modo que se pueda lograr un mezclado completo. Un contratista especializado, usando una lechada de cemento puzolánico, recomienda el uso de una mezcladora coloidal de alta velocidad, operada entre 800 y 2000 revoluciones por minuto, de manera que se pueda obtener una verdadera mezcla coloidal, que mantendrá los sólidos en suspensión y resistirá cualquier dilución causada por el desplazamiento de agua libre bajo el pavimento.

La bomba debe ser capaz de aplicar una presión de 50 a 250 libras por pulgada cuadrada (3.5 a 17.6 kg/cm cuadrados) en el orificio de salida del tubo descargador. Esta bomba debe ser del tipo de desalojamiento positivo, y equipada con paletas para mezclado horizontal. La agitación causada al mezclar mantiene una consistencia uniforme y contribuye en la alimentación de la lechada a la unidad de succión de la bomba.

Después de perforar los agujeros en el pavimento, se procede a bombear bajando un tubo dentro de agujeros sucesivos, éste tubo se encuentra conectado a la manguera de descarga de la bomba de inyectar. Un tapador de goma expansible es usado para sellar el espacio abierto entre el tubo y el agujero perforado. El extremo del tubo de descarga no debe extenderse bajo la parte inferior del pavimento, de esta manera cualquier vacío entre el pavimento y la base será llenado por la lechada. El tubo de inyección que lleva la lechada a los agujeros perforados debe estar equipado con una línea de regreso al embudo de la bomba, de modo que la mezcla de lechada pueda circular continuamente durante los períodos cuando no está siendo colocada.

Para lograr una distribución adecuada de la lechada, la presión de inyección debe ser entre 50 a 250 libras por pulgada cuadrada (3.5 a 17.6 kg/cm<sup>2</sup>). Cuando el relleno de los huecos es la única operación que se está realizando, una presión menor debe ser usada. Para el levantamiento de losa, presiones mayores pueden ser necesarias pero se debe tener en cuenta que el uso de estas presiones puede contribuir al cuarteo radical de los agujeros perforados. Las cantidades típicas de material seco por junta varían entre 2 a 8 pies cúbicos (0.06 a 0.23 cm). Cantidades mayores son utilizadas en los pavimentos con bombeo severo y mayor cantidad de huecos.

Los materiales para lechada a presión deben producir una mezcla de lechada que permanezca insoluble, incompresible y no gastable, después de que ha sido bombeada y ha tenido tiempo de endurecer. La lechada debe fluir con una fricción interna baja, de manera que se pueda mover a través de las aperturas pequeñas y seguir los canales de agua en los huecos existentes. Al mismo tiempo la mezcla de lechada debe tener suficiente cuerpo para desplazar el agua libre que se encuentra bajo la losa y luego desarrollar una resistencia y durabilidad adecuada.

Los materiales puzolánicos han venido a tener un uso más general en mezclas de lechada a presión, debido a que producen una resistencia mayor y aumentan su practicabilidad. Entre estos tipos de puzolanas se encuentran aquellos materiales naturales (ceniza volcánica, tierra diatomácea) y aquellos producidos artificialmente en la combustión de carbón mineral. Estos materiales son clasificados bajo la designación: C618 de la "Sociedad Estadounidense de Ensayos y Materiales (ASTM)". La predominante configuración esférica en las partículas puzolanas y su fineza, permite que la lechada penetre firmemente los vacíos superficiales localizados bajo el pavimento. Puzolanas en combinación con cal libre producida por la hidratación del cemento proveen una cementación adicional, aumentando la posibilidad de una estabilidad mayor en la lechada de cemento puzolana. Un diseño de mezcla típico es el siguiente:

- o 1 Porción de cemento, Tipo I o Tipo II
- o 3 Porciones de puzolana natural o artificial
- o Agua hasta lograr una fluidez adecuada.

El contenido de agua requerida es determinado por el uso de un cono de flujo. Para las lechadas de cemento con ceniza muy fina, el límite de tiempo de flujo debe ser de 10 a 16 segundos. La lechada de cemento con ceniza fina ha mostrado una pérdida de fluidez después de aproximadamente 20 a 30 minutos de ser colocada. Como la lechada está normalmente encerrada y no puede desplazarse lateralmente, ésta es capaz de soportar el tránsito de vehículos mucho antes del tiempo de fraguado recomendado por los métodos de ensayo de uso general. De los resultados de ensayos en laboratorio y la apertura de la losa tratada al tránsito de vehículos inmediatamente después de la lechada, ha resultado la siguiente recomendación: el tránsito de vehículos debe ser permitido en losas recientemente lechadas una hora después de completar la lechada a presión y de que los agujeros han sido sellados.

El uso de aditivos con mezclas de lechadas de cemento con ceniza fina, debe ser realizado con cuidado. Pruebas en laboratorio han resultado en una variedad de reacciones cuando puzolanas de orígenes diferentes son combinadas, de modo que todos los aditivos fabricados por diferentes compañías deben ser ensayados y evaluados antes de ser aprobados. Estos aditivos pueden ser reductores de agua, fluidificadores, agentes de expansión para compensar contracción de cloruros cálcicos, etc.

Si la temperatura del ambiente es menor de 50 grados F (27.8 grados C), se puede usar un acelerador, siempre y cuando esté sujeto al consentimiento final de la agencia contratante. Cuando el cloruro cálcico es añadido debe ser premezclado completamente con la cantidad de agua requerida, antes de añadir los ingredientes secos. Todo ingrediente seco, para aumentar la consistencia de la carga mezclada debe ser añadido en la proporción especificada.

No se debe realizar sellado subterráneo o levantamiento de losas cuando la temperatura del aire es de 35 grados F (63 grados C) o menos, o cuando se encuentra congelada la subrasante o subbase.

### 3.5.7 Lechada de Cemento y Agua

Es frecuentemente deseable usar una mezcla de cemento puro y agua al lechar, especialmente cuando los vacíos son pequeños o cuando los ensayos de rodamiento indican la necesidad de volver a lechar. A continuación unas mezclas típicas de agua y cemento.

- 1.6 relación de agua y cemento - 1 bolsa de cemento
  - 45 gal. (170 l) de agua
  - 48.6 gal. (184 l) de lechada
- 1.3 relación de agua y cemento - 1 bolsa de cemento
  - 22.5 gal. (80 l) de agua
  - 26.1 gal. (100 l) de lechada
- 1.1 relación de agua y cemento - 1 bolsa de cemento
  - 7.5 gal. (28 l) de agua
  - 11.1 gal. (42 l) de lechada

### 3.5.8 Probador de Consistencia

Un cono de flujo del tipo y dimensiones desarrollado por el "Cuerpo de Ingenieros" del ejército de EE.UU. (Figura 3-7, "Ensayo de Estabilidad": Taponeo y Limpieza) es un equipo adecuado para revisar periódicamente la consistencia de la lechada. La fluidez en la mezcla de lechada es medida por el tiempo requerido en vaciar el cono. Este flujo en segundos (tiempo de efusión) es determinado por el Método para Ensayos No. CRD-C611-80 del Cuerpo de Ingenieros del ejército de EE.UU. Requerimientos e instrucciones para el uso del cono de flujo están incluidos en las especificaciones de agencias supervisoras de proyectos que emplean el uso de lechada a presión.

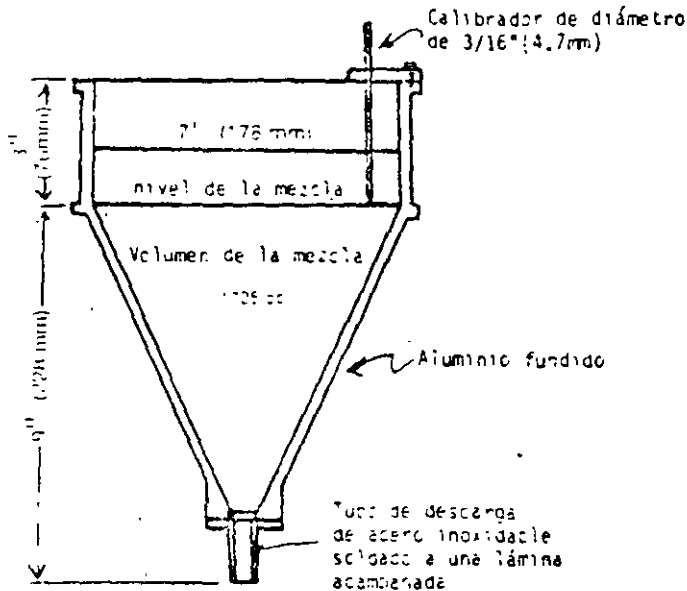
La consistencia de la lechada debe ser verificada dos veces al día usando el cono de flujo.

El tiempo del cono de flujo varía entre 9 y 20 segundos para un sellado subterráneo, dependiendo del tipo de material usado al hacer la mezcla lechada.

Si se desea conseguir una mezcla seca y rígida para levantamiento; se debe usar una relación baja de agua y cemento; un aumento de 7 a 10 segundos en el tiempo de flujo en el cono es normal. La mezcla gruesa es ventajosa donde se encuentran dificultades al querer separar la losa de la subrasante de apoyo.

El contratista debe presentar certificaciones de fábrica para el cemento, los análisis físicos y químicos de la puzolana, análisis de estructura de grano del polvo de caliza, así como ensayos de la lechada realizada por laboratorios independientes. Estos resultados de ensayos realizados en la lechada deben incluir resistencia de uno, tres y cuatro días así como tiempo de flujo en el cono, observaciones de expansión, contracción, tiempo inicial de fraguado y retención de agua.

Después de echar la lechada en cualquier agujero, el tapador debe ser removido y el agujero debe ser cerrado con un tapón ahusado de madera. El tapón ahusado, sin embargo, es solamente provisorio. Los tapones de madera provisorios pueden ser removidos cuando ha transcurrido suficiente tiempo



para permitir un fraguado adecuado de la lechada, de manera que la contrapresión no empuje la lechada a través de los agujeros. Cada agujero debe ser sellado permanentemente usando una mezcla de fraguado rápido de arena y cemento o concreto polímero, la cuál debe ser aprobada por el ingeniero.

Cualquier lechada o pasta aguada de cemento en el pavimento o superficie del espaldón debe ser lavada o barrida con escoba antes de que se adhiera a la superficie para así poder evitar una decoloración desagradable, y para remover la lechada o pasta aguada antes de que se adhiera a la superficie.

### 3.5.9 Tiempo Permisible de Curación

Las especificaciones en cuanto al tiempo permitido antes de autorizar el tránsito de vehículos en losas recientemente lechadas, varían considerablemente. El tiempo de curación varía de 30 minutos a 3 horas, dependiendo de la composición de la mezcla y el grado de confinamiento de la lechada.

### 3.5.10 Resumen

Puede dar la impresión de que el sellado subterráneo y el levantamiento de losas son métodos simples de perforación y bombeo, en realidad los procedimientos descritos anteriormente requieren una experiencia considerable de manera que se pueda corregir con un buen resultado cualquier condición inadecuada sin causar daños al pavimento.

Las técnicas aplicadas en lechadas a presión no son definidas meticulosamente; el proceso es tanto un arte como una ciencia. El éxito del proyecto depende de la habilidad y experiencia del contratista y sus trabajadores. Debido a que se requiere una especialización muy alta, este tipo de trabajo debe ser realizado por un contratista especializado en los siguientes procedimientos:



- o Localizar vacíos.
- o Determinar configuración del agujero.
- o Perforar agujeros.
- o Mezclar lechada.
- o Bombear lechada.
- o Verificar consistencia.
- o Curar.

### 3.6 Pulimento con Diamante

El pulimento con diamante es usado para renovar un pavimento de hormigón cuarteado, para eliminar un terreno espeso causado por fallas, combadura de losa, huellas de ruedas y la restauración del drenaje transversal. Este proceso puede ser usado para reducir el rodamiento y combadura y como una alternativa a la colocación de una capa superpuesta. En algunos casos también pueden ser usados como alternativa al levantamiento de losa.

El costo de pulimento con diamante ha sido reducido significativamente como resultado del desarrollo de nuevas maquinarias y cuchillas. Estos desarrollos incluyen equipo más grande y poderoso (e.g. 6 pies (1.8 m) de ancho del corte), diferentes tipos de cabezas cortadoras compuestas de varios segmentos, así como el desarrollo de cuchillas de larga duración. Este procedimiento puede ser usado para corregir diferentes tipos de fallas como bombeo, cuarteo de esquina, etc.

#### 3.6.1 Equipo

El factor más importante a considerar al hacer el pulimento de un pavimento de hormigón, es el espacio de las cuchillas de diamante al ser colocadas en la cabeza de corte. Variando la separación de las cuchillas, se puede aumentar su duración y el factor de fricción de la textura.

Basicamente el espacio de las cuchillas, es determinado por la dureza de los agregados en el pavimento de hormigón. Los siguientes elementos son usados como criterios generales los que han de ser considerados al decidir el espacio de separación entre las cuchillas para agregados blandos (susceptible al refrentamiento) y los agregados duros.

Para el agregado blando, el espacio debe ser ancho, de manera que se pueda proveer una mayor área entre las cuchillas. El margen de corte o la corona dejada por el paso de las cuchillas deberá ser de no menos de 0.08" (2 mm) y tener un espesor promedio de .1" (2.5 mm) ver la Figura 3.8.

Para agregado duro, el espacio debe proveer un área de terreno menor a la proveída para el agregado suave. (Figura 3-9 "Intervalo de Cuchillas Para Agregado Duro").

El espacio entre cuchillas es extremadamente crítico para obtener una superficie con la mejor resistencia al patinaje. El estado del pavimento deberá determinar el intervalo a ser usado entre las cuchillas, usando los criterios antes descritos.

FIGURA 3-8

ESPACIO ENTRE CUCHILLAS PARA AGREGADOS BLANDOS

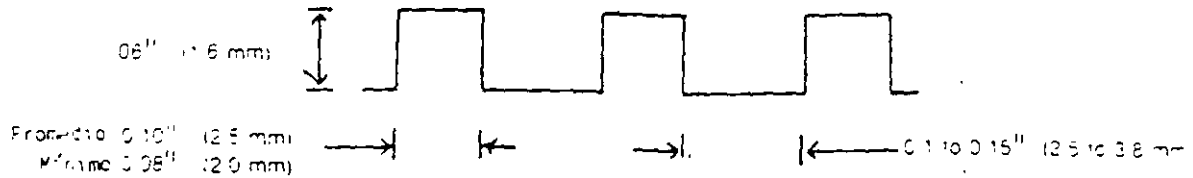
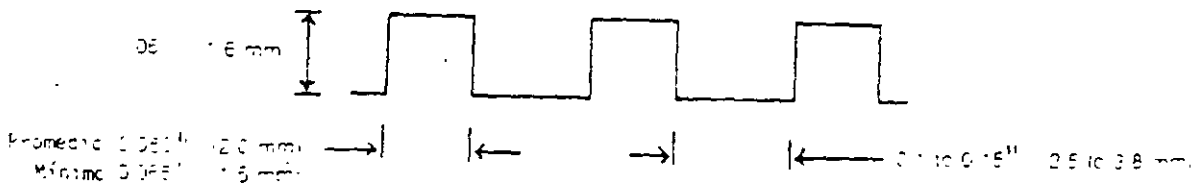


FIGURA 3-9

ESPACIO ENTRE CUCHILLAS PARA AGREGADO DURO



### 3.6.2 Procedimiento

Las áreas a ser refrentadas deberán ser designadas en el diagrama de diseño. El pavimento deberá ser refrentado en una dirección longitudinal, que comenzará y terminará en líneas normales a el eje central del pavimento. El refrentado debe producir una superficie alisada uniformemente, eliminar fallas de cuarteo en las juntas y proveer un drenaje lateral positivo. También se debe proveer una pendiente constante transversal entre las extremidades pulidas en cada carril.

El agua es utilizada para refrescar la cabeza cortadora de la máquina pulidora. Los desechos sólidos insolubles producidos en este procedimiento deberán ser aspirados de la superficie y bombeados a un tanque con deflectores o depositados sobre la pendiente adyacente. Los desechos insolubles pueden ser depositados directamente sobre las pendientes adyacentes, ya que se ha comprobado que estos desechos insolubles no causan daños a la vegetación. Donde es imposible eliminar los desechos con el uso de estos métodos, como en las áreas urbanas, un sitio adecuado para su disposición deberá de ser proveído.

Cuando se mantiene al tránsito utilizando el carril adyacente, es recomendable que el equipo de apoyo, camión, tanque para agua, camioneta, etc. sea orientado en dirección al tránsito, mientras la máquina de pulir se

cálido. Una desventaja es que cuando el clima es fresco o helado, el porcentaje de resistencia obtenido puede ser muy lento para permitir una pronta apertura al tránsito. Mezclas para el rendimiento, que logran una resistencia de 300 libras por pulgada cuadrada ( $211\text{kg}/\text{cm}^2$ ) en 24 horas, pueden ser usadas cuando es requerida una pronta apertura (4 a 6 horas) al tránsito. Un agente adhesivo de epoxia, es requerido cuando un bacheo con acelerador esté siendo colocado, de modo que se pueda lograr una apertura pronta al tránsito.

Materiales para bacheo de cemento portland con un fraguado normal de 3000 libras por pulgada cuadrada ( $211\text{kg}/\text{cm}^2$ ) en 3 días pueden ser usados cuando los bacheos son protegidos del tránsito por un período de 24 horas o más. Una lechada de cemento (discutida más adelante en detalle) puede ser usada como agente adhesivo. La mezcla de bacheo debe ser colocada y consolidada de manera que se pueda eliminar todo vacío en la superficie de contacto localizada entre la zona bacheada y el hormigón adyacente. Todo bacheo debe ser acabado con un perfil transversal al pavimento existente. Al bacheo se le debe dar una textura con un cepillo de cerda rígida de conformidad con el alisado del pavimento existente. El compuesto de curación debe ser aplicado inmediatamente después de alisar la superficie a una velocidad de 150 pies cuadrados por galón ( $3.7\text{ m}^2/\text{l}$ ).

Cuando se está usando un material de bacheo patentado, es esencial seguir fielmente las instrucciones del fabricante. La manipulación, mezclado, colocación, consolidación, emparejamiento y acabado del material de bacheo, deben realizarse de conformidad con las instrucciones escritas del fabricante. La agencia que establece las especificaciones respectivas debe investigar los diferentes materiales de bacheo para así poder determinar la compatibilidad de estos con el hormigón existente.

Información detallada con respecto al rendimiento de diferentes materiales de bacheo, puede ser obtenida del informe No. FHWA-RD-74-55 publicado por la FHWA y titulado "Materiales para Bacheo de Hormigón".

Un gran porcentaje de los proyectos de reparación, requieren la apertura al tránsito de los bacheos en un período de 4 a 6 horas. Para poder cumplir con este objetivo una gran variedad de materiales para bacheo con fraguado rápido y /o una resistencia alta inicial son asequibles.

Aunque una lechada de cemento portland, puede desarrollar una adhesión adecuada, a ésta le toma mucho más tiempo desarrollar la resistencia adhesiva necesaria. El uso de una lechada de cemento portland como agente adhesivo en bacheos abiertos al tránsito en 4 a 6 horas, es cuestionable aún en un clima caliente. Cuando los bacheos son protegidos del tránsito por un período de 24 a 72 horas una lechada de cemento portland adhesiva ha probado ser adecuada cuando es usada en combinación con mezclas de cemento Tipo III. Excelentes resultados han sido obtenidos utilizando una mezcla compuesta de 7 sacos de cemento Tipo III y una lechada de cemento como agente adhesivo y un período de curación de 72 horas antes de permitir el tránsito de vehículos.

El tiempo de fraguado de las resinas a base de polimeros fluctúa enormemente. El diseño de mezcla con concreto de epoxia debe ser compatible con el hormigón del pavimento. La diferencia en el coeficiente de expansión

termal, puede causar fallas en el bacheo. Bacheos profundos tienen que ser colocados en varias coladas, de modo que se pueda controlar el desarrollo del calor de reacción de estos materiales.

Materiales para bacheo de fraguado rápido o de alta resistencia inicial pueden ser obtenidas en el mercado. Antes de especificar el uso de cualquiera de estos productos, es recomendable que su funcionamiento sea probado en una base experimental por un período mínimo de 2 años.

Se deben seguir cuidadosamente las recomendaciones del fabricante con respecto al mezclado y colocación de los materiales de bacheo. Los agentes adhesivos deben ser aquellos recomendados por el fabricante dependiendo de las condiciones de colocación.

### 3.7.2 Preparación de Areas de Bacheo

El éxito de un bacheo de profundidad, depende de una adhesión adecuada al hormigón existente, por lo tanto es importante que se realice una preparación adecuada de la superficie. Parte de este proceso comprende el sondeo del área dividida en capas usando ya sea una vara de acero, un martillo de carpintero, una cadena o cualquier otro aparato para determinar los límites del bacheo. Frecuentemente no todo el hormigón afectado es removido. Para asegurar la remoción de todo el hormigón defectuoso se deben extender los límites del bacheo de 2 a 6 pulgadas (5 a 15cm) más allá del área afectada. Si el hormigón está astillado y el sondeo indica hormigón sólido en la vecindad de las áreas astilladas, entonces el corte de sierra debe hacerse alrededor de 2 pulgadas (5cm) del área astillada.

Se debe hacer un corte de sierra de 2 pulgadas (5 cm) alrededor del pavimento del área a bachearse, para proveer una cara vertical en las orillas del bacheo. Un corte de sierra de 1 pulgada (2.5cm) es adecuado cuando existe agregado duro. Cuando se usa pcc como material de bacheo, las caras verticales son necesarias. En contraste, esta superficie no es necesaria cuando el material de bacheo en uso es hormigón polímero o de epoxia. Los fabricantes de este tipo de material alegan que la resistencia adhesiva en estos materiales es lo suficientemente fuerte como para ser usado en el ahogado de orillas delgadas. Las entidades deben asegurarse de la validez de estos argumentos. Los fabricantes de hormigón polímero y hormigón de epoxia tratan de compensar el costo generalmente más alto de estos materiales de bacheo con la eliminación de la necesidad de una junta de corte vertical.

El hormigón ubicado en las áreas de bacheo, debe ser removido con herramientas neumáticas hasta encontrar el hormigón sólido. Si el hormigón defectuoso se extiende debajo de las espigas se debe considerar la realización de una reparación de profundidad completa de las juntas.

Cuando el astillamiento ha sido causado por la introducción de un metal (tubo) las astillas generalmente comienzan en la parte inferior del encastre, alrededor de 2.5 pulgadas (6.3cm) debajo de la superficie. Al reparar este tipo de astillamiento es recomendable aserrar la inserción a lo largo de la junta y así poder evitar daños adicionales. La junta puede ser entonces resellada.

Se debe reparar toda el área excepto por la superficie adyacente a la junta o fisura. La primera capa debe ser aplicada en un baño delgado y restregada en la superficie con un cepillo de cerda rígida. Al aplicar esta capa en grandes cantidades se recomienda el uso de un rocío a presión. Al rociar se debe tener cuidado de aplicar la lechada en forma pareja. El vaciado de hormigón debe ser demorado hasta que la epoxia se ponga pegajosa.

Cuando las áreas bacheadas puedan ser cerradas al tránsito por un período de 24 a 72 horas, una lechada de cemento portland puede ser usada para adherir el bacheo. Esta lechada debe ser compuesta de cemento y suficiente agua para así producir una mezcla consistente y espesa. Después se restriega la lechada uniformemente sobre la superficie seca del bacheo. No se debe permitir que el exceso de lechada se acumule en los baches. El material para el bacheo de hormigón debe ser colocado antes que la lechada comience a fraguarse.

Si el área astillada está contigua a una junta o a una fisura, la cual atraviesa todo el espesor de la losa, una inserción lo suficientemente gruesa o cualquier otro medio de separación debe ser usado para mantener estas juntas o fisuras de la manera discutida anteriormente.

No se deben colocar bacheos de hormigón de cemento portland cuando la temperatura del ambiente o del pavimento es menor de 40 grados F (22 grados C), a menos que éste sea aislado adecuadamente.

El hormigón usado en reparaciones de astillamiento debe tener una resistencia mínima a la compresión de 3000 libras por pulgada cuadrada (211 kg/cm) en 24 horas cuando se requiere una pronta apertura al tránsito. El logro de una resistencia acelerada puede ser obtenido usando no más de ocho bolsas de cemento Tipo III por yarda cúbica y no más de un 2% de cloruro cálcico en base al peso del cemento, o cualquier otro aditivo acelerador. Cuando se dispone de más tiempo para la curación, una resistencia del hormigón de 3000 libras por pulgada cuadrada (211 kg/cm<sup>2</sup>) al instante de permitir el tránsito o dentro de un período de 3 días, debe ser especificada.

### 3.7.3 Curación

Diferentes métodos de curación son especificados para bacheos con hormigón, tales como el compuesto de curación con pigmentación blanca, arena húmeda, arpillera, o láminas de polietileno. El uso del método del compuesto de curación es recomendado cuando se especifican períodos largos de curación (24 a 72 horas). Una capa densa de 150 pies cuadrados por galón (3.7 mts. cuadrados por litro) debe ser aplicada a la reparación de profundidad parcial inmediatamente después de ser acabada, de modo que la humedad pueda ser retenida y se logre una hidratación adecuada del cemento. El uso de arena húmeda o arpillera requiere un remojo constante para así lograr un curado apropiado. Los métodos patentados para curación de materiales de bacheo deben ser utilizados de conformidad con las recomendaciones del fabricante. Cuando la temperatura es menor de 55 grados F (11 grados C) generalmente es requerido un período de curación más largo.

### 3.7.4 Labor Concurrente

En proyectos que abarcan pulimento con diamante, las árcas astilladas son reparadas antes de pulir, pero después de completar el sellado subterráneo. Después de reparar las juntas éstas deben ser reselladas.

### 3.7.5 Resumen de Pasos

- o Proveer protección del tránsito.
- o Preparar las áreas a ser bacheadas; remover el hormigón defectuoso por lo menos 5cm. a cada lado.
- o Aserrar las capas verticales en las orillas a una profundidad de 1 pulgada (2.5cm).
- o Preparar el material de bacheo, preferiblemente hormigón polímero, epoxia o cemento de alta resistencia inicial.
- o Colocar el material de bacheo.
- o Curar el bacheo.
- o Apertura al tránsito.

### 3.8 Bacheo de Profundidad Total

Este procedimiento es necesario cuando la deterioración es tan extensa que el reemplazo o la remoción completa del pavimento es necesaria para corregir un problema en la subrasante. Reparaciones de este tipo son necesarias en pavimentos con fallas tales como reventaduras, losas divididas, bacheos largos y astillamiento.

Los límites del pavimento a ser removido son determinados y cortados con sierra, luego el mismo es removido y se procede a efectuar las correcciones necesarias en la subrasante. Después el hormigón es reemplazado y curado.

#### 3.8.1 Materiales

Dependiendo del tiempo a transcurrir hasta la apertura al tránsito, una mezcla de 7 a 9 bolsas por yarda cúbica (5 a 6 bolsas por metro cúbico) basada en un peso promedio de 43 kg por bolsa de cemento portland Tipo I, II o III puede ser usada. Normalmente una mezcla de 7 bolsas es suficiente para la mayoría de los trabajos de bacheo. Un agente aprobado incluso de aire en cantidad suficiente de manera que 6 1/5% de aire sea introducido en el hormigón. Se recomienda el uso de cloruro cálcico o cualquier otro aditivo químico acelerador para los bacheos de hormigón, siempre y cuando este sea añadido según las especificaciones. Cuando la temperatura del ambiente es de 80 grados F (27 grados C) no es recomendable usar más del 1% de este aditivo, debido a que mayores cantidades pueden producir un fraguado muy rápido. Generalmente el porcentaje máximo de aditivo es limitado a un 2%. En días cálidos se deben notar que el fraguado inicial ocurre alrededor de 30 minutos después de añadir el cloruro cálcico. Una vez que el cloruro cálcico ha sido añadido en el sitio de trabajo un mezclado adicional de la carga es necesario.

Se puede obtener una resistencia inicial adicional en el hormigón con la adición de un agente reductor de agua, o una combinación de reductores de agua y aditivos para controlar el fraguado. El super plastificante debe ser añadido en el sitio de trabajo debido a que el tiempo de acción del mismo es limitado. Al mismo tiempo este debe ser añadido de conformidad con las instrucciones suministradas por el fabricante para poder obtener un asentamiento de 2 a 4 plg (5 a 10 cm). Si el cloruro cálcico es añadido en la planta y el hormigón frecuentemente llega demasiado rígido, el cloruro cálcico se deberá añadir en el sitio de trabajo. Si después de ser añadido el cloruro cálcico en el sitio de trabajo el hormigón continúa rígido, el operador de la planta premezcladora debe ser notificado para que aumente el asentamiento en una manera apropiada. Aditivos químicos o cualquier combinación de estos pueden ser añadidos al hormigón en la planta.

### 3.8.2 Preparación

Es importante determinar exactamente los límites de la deterioración. En general se puede observar que la deterioración cercana a las juntas y fisuras, es mayor en la parte inferior de la losa, que en la parte superior. Una dimensión mínima de 6 pies (1.8 m) es necesaria para un reemplazo de profundidad total de la losa cuando el bacheo es limitado por una junta o fisura. La dimensión de un bacheo interior no limitado por una junta u orilla del pavimento debe ser por lo menos de 4 pies (1.2 m). Todos los lados de un bacheo interior deben estar ubicados a 4 pies (1.2 m) de una junta u orilla del pavimento. Existen dos métodos básicos para remover el hormigón deteriorado existente localizado dentro del área del bacheo. Estos métodos son el de separación y limpieza y el de levantamiento. Las ventajas y desventajas de ambos métodos son enumeradas en secciones las 3.8.3 y 3.8.4. El método de levantamiento generalmente da los mejores resultados y la mayor producción, al mismo o menor costo. Los contratistas han desarrollado equipos de levantamiento que proveen una remoción segura y rápida si existe una cantidad substancial disponible de trabajo.

### 3.8.3 Separación y Limpieza

La ventaja de este método es que el rompedor de pavimento puede quebrar eficientemente el hormigón, y luego el retroexcavador utilizando un balde con diente remueve rápidamente el hormigón quebrado y lo carga en camiones. La operación de rompimiento debe proceder del centro del área a bachear en dirección a los cortes de sierra. La desventaja de este método es que generalmente perturba la subbase/subrasante requiriendo la sustitución del material de la subbase o un relleno con hormigón. También puede causar daños en la losa adyacente.

### 3.8.4 Levantamiento

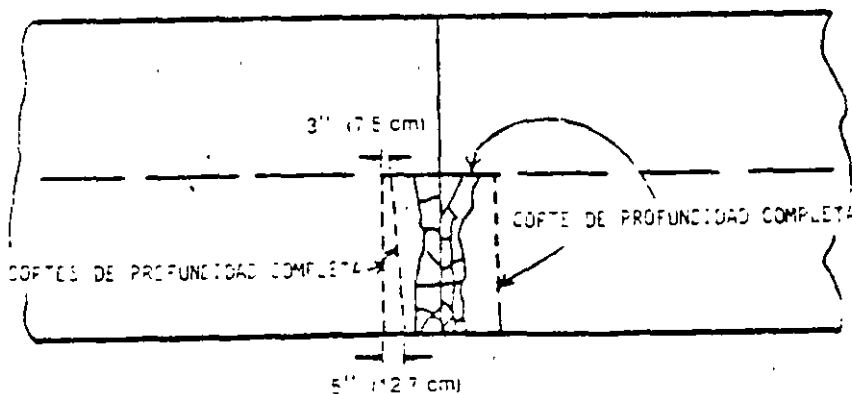
La ventaja de este método, es que el levantamiento generalmente no perturba la subbase y no causa daño en la losa adyacente. La remoción es generalmente más rápida que la suministrada por el método de separación y limpieza, pero la eliminación de pedazos largos de concretos presenta un problema. Un equipo pesado y espigas de levantamiento son utilizados para levantar estos pedazos o se puede cortar la losa en pedazos pequeños, de manera que puedan ser levantados con una tractocargadora.

Para cerrar bacheos con lindes transversales se debe usar una sierra con cuchillas de diamante. La única excepción es el uso de una sierra de rueda (con puntas de acero carburado), para hacer cortes anchos en cada lado del bacheo y así poder levantar la porción del centro. Al usar este proceso se debe hacer el corte con sierra de diamante justamente afuera de los cortes realizados con la sierra de rueda y el exceso de hormigón debe ser removido cuidadosamente con un cincelador. Todo corte con sierra debe ser realizado a una profundidad completa como se muestra en la Figura 3-10 "Cortes de Sierras para el Método de Levantamiento". El corte con sierra de rueda produce orillas sumamente rasgadas, lo cual provoca astillamiento excesivo a lo largo de la junta. La operación de corte no debe preceder a la operación de remoción por un período mayor de dos semanas a menos que este procedimiento sea aprobado por el ingeniero.

Todo procedimiento usado al remover no debe astillar o agrietar el hormigón adyacente. Esto requiere la consideración de los siguientes aspectos:

- o No se debe permitir la caída de martillos pesados en el trabajo.
- o No se debe permitir el uso de martillos hidráulicos (perforadoras largas de mano automatizadas), cerca de una junta cortada a profundidad parcial.
- o Se debe usar un corte de sierra para aliviar la presión creada por la expansión de la losa contra las juntas a causa de la temperatura, y así evitar el astillamiento, que puede resultar cuando la losa existente es rota (quebrada) o levantada. Un corte auxiliar que provee un resultado adecuado es mostrado en la Figura 3-10 "Corte de Sierra por el Método de Levantamiento", la cual ilustra un corte de sierra utilizando el método de levantamiento.
- o Todo hormigón localizado entre cortes angostos de sierra al final de un bacheo debe ser removido, utilizando un martillo neumático y herramientas de mano.

FIGURA 3-10 CORTE DE SIERRA PARA EL METODO DE LEVANTAMIENTO





Después de remover el hormigón existente, se debe examinar la subrasante para determinar su condición. Si existe humedad excesiva el área a bachearse debe ser removida o secada antes de colocar el hormigón de bacheo. Se debe consolidar la fundación antes de colocar el bacheo para disminuir la posibilidad de hundimientos en la losa. Todo procedimiento usado al remover no debe causar daño a la subrasante. La práctica más común para reemplazar la subbase no trabaja muy bien debido a la incapacidad de consolidar el material adecuadamente. Si se altera la subbase, el material alterado debe ser removido con herramientas de mano, esta área debe ser compactada adecuadamente y cuando se coloque el bacheo se debe reemplazar el material (de la subbase) con hormigón. No se debe permitir ningún material nuevo de la subbase en el área bacheada. El hormigón del área a bachearse no debe ser removido hasta el día en que se coloque el bacheo.

Cuando es requerido mantener la dimensión de todas las juntas adyacentes al bacheo, es necesario colocar un material no adhesivo a lo largo de la junta longitudinal, con el carril adyacente.

### 3.8.5 Colocación de Espigas y Barras

Agujeros del diámetro especificado deben ser perforados en la superficie de la losa existente. El diámetro de los agujeros debe ser un poco más grande que la espiga o barra. Estos deben ser colocados a media profundidad de la losa y ubicados tal como indican los planos. Para poder proveer un movimiento fácil se deben alinear cuidadosamente las espigas en dirección al pavimento. Los agujeros pueden ser perforados rápidamente al colocar la perforadora en una estructura que la mantenga a la altura correcta en una posición horizontal, al mismo tiempo que provee los medios necesarios para forzar a la broca a entrar en el hormigón por acción de la palanca. Al mismo tiempo el equipo montado en un tractor puede ser usado para perforar agujeros múltiples.

Se puede usar una mezcla de fraguado rápido anticontractible o una epoxia de alta viscosidad para adherir permanentemente la espiga o barra en el agujero. Los agujeros tienen que estar completamente rellenos alrededor de las espigas y barras de modo que se encuentren sujetos permanentemente al hormigón existente. Antes de colocar las barras en los agujeros, estas deben ser sumergidas en una epoxia o lechada para lograr una cobertura completa alrededor de ellas, de este modo quedarán firmes. Se recomienda sumergir las espigas lisas en epoxia dentro de la losa existente para así poder suministrar un seguro adecuado con un aflojamiento mínimo. Cuando se usen espigas, se deben engrasar las extremidades extendidas sobre el área a bachearse de tal manera que se pueda proveer un movimiento fácil. Todo procedimiento debe ser aprobado por el ingeniero.

### 3.8.6 Colocación del Hormigón

Algunos de los aspectos críticos en la colocación y acabado del hormigón incluyen los siguientes: consolidación adecuada y prevención de una mezcla muy rígida o que tiene un asentamiento muy alto para poder asegurar un acabado parejo.

### 3.8.7 Consolidación Adecuada

Todo bacheo debe ser tirado ininterrumpidamente en una operación de profundidad total. El hormigón debe ser consolidado en la obra usando un vibrador de tipo interno. El consolidado debe hacerse alrededor de las orillas del bacheo e internamente. Para consolidar el hormigón, se debe usar un vibrador de tipo interno mecánico con cabeza vibradora, el cual debe ser aprobado por el ingeniero. Este debe ser capaz de afectar visiblemente al hormigón a una distancia de 12 plg (30cm) de la cabeza del vibrador.

### 3.8.8 Prevención de una Mezcla Excesivamente Rígida

El asentamiento de una mezcla de hormigón en el sitio de bacheo debe ser aproximadamente de 2 a 4 plg (5 a 10 cm), de esta manera se puede conseguir una mejor colocación. Sin embargo esto puede variar dependiendo de los aditivos y condiciones de trabajo. Una mezcla muy rígida o muy fluida puede causar serios problemas al colocarla. El uso de un super plastificante (como fué discutido anteriormente) ayuda a proveer una mezcla trabajable. Los trabajadores no deben añadir agua inmoderadamente con el único propósito de lograr una mezcla con más fluidez, debido a que la presencia de agua en exceso puede debilitar el hormigón y causar mayor contracción.

### 3.8.9 Emparejamiento

El emparejamiento de la superficie debe ser realizado por lo menos dos veces con una plantilla nivelada usando como referencia el pavimento existente en los límites de reparación. El aplanamiento en vez de emparejamiento no debe ser paralelo al eje del camino. Para bacheos de longitudes mayores a los 12 pies (3.7m), la plantilla debe ser colocada perpendicularmente a la línea central.

El alineamiento y fluidez de la superficie del bacheo deben ser probados por el contratista mientras el hormigón esté plástico, usando un escantillón y en conformidad a lo siguiente:

Para bacheos de longitudes menores a los 10 pies (3m) se debe hacer el trabajo de emparejamiento mediante la colocación del escantillón paralelo al eje del pavimento, apoyando las extremidades en el pavimento existente y arrastrando el escantillón sobre la superficie del bacheo. Se debe mantener el escantillón en contacto con el pavimento existente mientras es arrastrado a través del bacheo y corrigiendo cualquier elevación mayor a los 1/8 plg (3.2 mm), y se debe verificar la superficie después de realizar cualquier corrección.

Toda junta longitudinal y transversal debe ser bordeada.

Toda superficie del pavimento debe ser estructurada para conseguir un acabado igual al pavimento circunvecino, excepto cuando una operación de pulimento es seguida.

### 3.8.10 Curación y Apertura al Tránsito

Se ha comprobado que la temperatura del ambiente al momento de colocar el bacheo de hormigón es el factor más importante en el desarrollo de resis-

tencia. La temperatura en el bacheo de hormigón será más alta que la temperatura del ambiente o que la temperatura de la viga de cilindro. Esta diferencia de temperatura en bacheos no aislados varía entre 10 a 20 grados F (5 a 10 grados C), 4 horas después de ser colocado.

Todo compuesto usado en la curación del hormigón debe ser añadido tan pronto como la superficie del hormigón haya fraguado lo suficientemente como para evitar daños a la superficie al ser aplicado el agente curador. El compuesto curador debe ser aplicado inmediatamente después de dar el alisado a razón de 150 pies cuadrados por galón (3.7.m<sup>2</sup>/1).

Los bacheos de hormigón con cemento portland no deben ser colocados cuando la temperatura del aire y del material de base es menor de 40 grados F (4 grados C), a menos que el bacheo sea aislado adecuadamente. Pueden aplicarse mantas de aislamiento que tengan un espesor mínimo de 2 plg (5cm). Toda orilla y costura en la manta debe ser asegurada para prevenir la penetración del viento. Al mismo tiempo se deben curar, de la misma manera que fué curado el bacheo, las vigas y cilindros de ensayo en el sitio de trabajo. La rapidez del curado puede ser aumentada con el uso de aislante. Si una manta aislante es colocada sobre el bacheo la diferencia en temperatura puede ser tan alta como 40 grados F (4 grados C). Para lograr un curado rápido (particularmente en clima helado) es recomendable colocar sobre el bacheo mantas aislantes.

Se deben colocar en la superficie de hormigón forros de polietileno antes de que sea colocado el aislante. La relación agua-cemento y aditivos para fraguado rápido (cloruro cálcico) tienen un efecto significativo en el desarrollo rápido de resistencia durante las primeras horas de curación. El período más corto de curación puede ser obtenido usando una combinación de cloruro cálcico, super plastificante y mantas aislantes. La figura 3-11, "Tiempo Mínimo de Apertura para Bacheo de Hormigón", provee recomendaciones en cuanto a la pronta apertura de los bacheo de hormigón.

Si es requerida la apertura al tránsito de un carril en 4 horas o menos, el uso de hormigón polímero debe ser investigado. Véase la Sección 3.4 "Elementos Comunes de Hormigón de Cemento Portland" (pcc).

Generalmente existen dos criterios que pueden ser usados al especificar cuando un bacheo puede ser abierto al tránsito, estos criterios son discutidos en las siguientes secciones.

#### 3.8.11 Resistencia Mínima Especificada para Vigas ó Cilindros

La resistencia mínima requerida antes de permitir la apertura al tránsito varía considerablemente entre entidades; 300 a 650 libras por pulgada cuadrada (21 a 46 kg/cm. cuadrados) para una carga colocada en el centro o 250 libras por pulgada cuadrada (18 kg/cm cuadrados) para cargas colocadas en 2 puntos, o 1000 libras por pulgada cuadrada (70 kg/cm cuadrados) de resistencia a la compresión para los especímenes curados en forma similar al bacheo. Sin embargo la resistencia actual del bacheo será más alta que la del cilindro o viga, debido a que la temperatura en el bacheo es más alta a causa del calor emitido por la hidratación.

FIGURA 3-11 TIEMPO MINIMO PARA APERTURA DE BACHEO DE HORMIGON

Tiempo Mínimo para Apertura (Horas)\*\*\*  
 Bacheo Regular con Adición de:

Temp. de Colocación (F)	Bacheo* Regular	Super Plastificante	Aislamiento** Vidrio Fibroso	Super Plastificante y Aislamiento
40	42	27	18	12
44	34	22	16	10
48	28	18	14	9
52	24	16	12	8
56	21	13	11	7
60	18	12	10	7
64	16	10	9	6
68	14	9	8	5
72	12	8	8	5
76	11	7	7	5
80	10	6	7	4
84	9	6	7	4
88	9	5	6	4

Nota: \*Bacheo Regular = 7 bolsa/cu yd, 2%CaCl, Cemento Tipo 1, razón agua-cemento= 4.

\*\*El aislante no debe ser usado cuando la temperatura del ambiente es mayor de 90 grados F (32 grados C).

\*\*\*Los Tiempos de Apertura para el Bacheo de Hormigón (horas) son dados en relación a un módulo de 250 libras por pulgada cuadrada (1720 KPa) (para cargas aplicadas en dos puntas) y 300 libras por pulgada cuadrada (2070 KPa) para carga aplicada en el centro.

### 3.8.12 Tiempo Mínimo Especificado para Apertura

Cada entidad administrativa y reguladora debe especificar los procedimientos a seguir en cuanto a mezcla y curación en base a los resultados de ensayo, y debe decidir el tiempo mínimo requerido antes de permitir el tránsito de vehículos. Si este procedimiento es realizado, el tiempo de apertura debe depender de la temperatura del ambiente al momento de la colocación. Las recomendaciones en la Figura 3-11, "Tiempo Mínimo para Apertura de Bacheo de Hormigón", son basadas en pruebas de laboratorio y campo. Estas recomendaciones deben ser consideradas cuidadosamente por dichas entidades antes de ser adoptadas, además las mismas deben ser ajustadas a las condiciones locales cuando sea necesario.

### 3.8.13 Resumen

- o Determinar límites de deterioración.

- o Proveer protección al tránsito.
- o Remover el hormigón deteriorado.
- o Asegurar la integridad de la subrasante.
- o Reemplazar las espigas y las barras.
- o Colocar el hormigón.
- o Acabar el hormigón.
- o Curar el hormigón.

Estas recomendaciones son resultados de experimentos y estudios realizados por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Illinois. Estos datos se encuentran bajo investigación y pueden ser modificados en el futuro. Estas recomendaciones deben ser evaluadas y ajustadas a la condiciones locales según sea necesario.

### 3.9 Revestimiento Delgado de Hormigón PCC. Sobre el Pavimento de Hormigón Existente

Esta sección describe el concepto de cubrir el pavimento rígido existente con un pcc adhesivo y así poder mejorar la integridad estructural, perfeccionar el viaje, aumentar la resistencia y extender la vida útil del pavimento original. Varias técnicas y metodologías de construcción serán discutidas, así como aquellas operaciones que requieren una atención particular a fin de conseguir un proyecto de recubrimiento exitoso. Los tópicos a discutir son los siguientes: preparación de la superficie, aplicación de la lechada adhesiva, colocación, junteo, alisado, textura y requerimientos de ensayo. Esta actividad puede ser utilizada para corregir diferentes tipos de fallas entre ellas: losas fracturadas, cuarteo permanente, imperfecciones, baches grandes, agregado del pulido, bombeo, etc.

#### 3.9.1 Preparación de la Superficie

En todo revestimiento de hormigón para conseguir una adhesión adecuada es requerida una superficie limpia, libre de todo material deteriorado o contaminado, incluyendo suciedad, gotas de aceite y marcas viejas en el carril. El desarrollo de equipo de alta producción y mejoramiento en las técnicas de limpieza con chorro de perdigones, arena, agua o aire ha originado un proceso de alta producción. A continuación se presenta una descripción general de los diferentes equipos usados en la preparación de superficie.

-Equipo escarificador / fresador. Consiste en un equipo escarificador mecánico, capaz de remover o escarificar de una manera satisfactora la superficie vieja a una profundidad y sección requerida. Cualquier otro aparato para remover puede ser usado, si demuestra poder realizar un trabajo adecuado.

-Chorros de arena. Esta generalmente es una operación de limpieza. Comprende la remoción de 1/32 a 1/16 de plg (0.8 a 1.6mm) de la superficie vieja. El color del agregado debe ser visible en una superficie limpiada adecuadamente con chorros de arena. La superficie entonces debe ser barrida con una escoba mecánica soplada para lograr un mejor resultado que con una escoba eléctrica. Este equipo puede requerir dispositivos para la disminución de polvo.

-Chorro de perdigones. Similar al del chorro de arena, excepto que se utilizan perdigones de acero como el elemento abrasivo. Existe equipo que bombardea la superficie con granos de acero abrasivo lanzados por una rueda centrífuga. Este procedimiento no causa la pérdida de agua o material abrasivo. Granos para uso repetido y contaminadores, automáticamente rebotan dentro de un separador el cual automáticamente vuelve a pasar los tiros a la rueda lanzadora, mientras que el polvo es descargado dentro de un colector.

-Chorro de agua a presión alta. El chorro de agua a presión alta es capaz de producir una presión mayor tiene 6000 libras por pulgada cuadrada (422kg/cm<sup>2</sup>) y tiene la capacidad de limpiar la superficie de aceite, polvo, pintura y otros contaminantes. Algunos equipos son capaces de disparar agua, arena y otros abrasivos.

La capa de asfalto debe ser removida y la superficie existente debe ser escarificada. La mayoría de las entidades especifican el método de limpieza. Por ejemplo, El Cuerpo de Ingenieros del Ejército (EE.UU) (Corp of Engineers) especifica la remoción por escarificación de 6mm de la superficie seguido por un lavado con agua a presión alta y chorros de aire. Es recomendado por el PCA y generalmente especificado por el Iowa DOT, el escarificado a una profundidad mínima de 1/4 plg (6 mm) seguida por un sople de arena para poder remover toda suciedad, aceite y materiales extraños.

Una vez que la capa superpuesta de asfalto es removida es facil determinar la condición actual de la superficie del hormigón. En áreas donde existe suficiente deterioración en la superficie, la profundidad de este daño debe ser determinada por el sondeo de martillos, cadenas de arrastre, etc. Es recomendado por el PCA que toda escarificación de profundidad parcial sea realizada con una longitud mínima de 1 pie (30cm), en anchuras de 2 pies (61 cm) o mayor. Todos los procedimientos detallados en este capítulo deben ser seguidos cuando se realice un bacheo de profundidad parcial.

Se debe remover completamente el pavimento en áreas donde la losa está experimentando deterioración y agrietamiento excesivo o ya sea que la losa se esta moviendo o bombeando excesivamente. Toda área a ser removida debe ser cortada con sierra de una forma definida con cortes verticales o si no entre juntas existentes. Procedimientos y técnicas de construcción en cuanto a bacheos de profundidad total son discutidos en este capítulo.

La operación final antes de enlechar y colocar el revestimiento debe ser la preparación de la superficie utilizando chorros de arena, chorros de perdigones, chorro de agua a presión alta o cualquier otro método equivalente. Solamente se debe realizar esta operación para remover de la superficie cualquier suciedad, como aceite, hormigón flojo o cualquier otro material

extraño sobrante colocado en la superficie después de escarificar. Quizás no sea requerida esta operación en todas las áreas, siempre y cuando se compruebe que el proceso de escarificación a preparado adecuadamente la losa para recibir el nuevo pcc. Toda decisión concerniente al uso de esta operación debe ser hecha después de terminar de escarificar y que el ingeniero haya tenido tiempo de volver a examinar la condición de la losa recientemente escarificada.

En preparación a la colocación del hormigón antes de aplicar el lechado, se debe limpiar con un chorro de aire la superficie para así remover toda partícula floja. El hormigón existente que está siendo preparado para un refinamiento no debe ser presaturado antes de colocar o enlechar el nuevo hormigón. La superficie que ha sido preparada deberá estar seca para permitir la absorción de la lechada.

### 3.9.2 Lechada Adhesiva

Una lechada adhesiva es usada en todo revestimiento adherido. Para toda adhesión de hormigón nuevo al hormigón existente la PCA (Asociación de Cemento Portland) recomienda que la lechada consista de partes iguales por peso, de cemento portland y arena para hormigón mezclado con suficiente agua para poder lograr una consistencia cremosa. La consistencia de la pasta aguada debe ser de tal manera que pueda ser aplicada al hormigón viejo en una capa delgada usando un cepillo rígido o escoba y así poder evitar la sedimentación en lugares bajos. La lechada debe ser agitada antes y durante su uso. Antes de ser colocada, el tiempo de contacto del cemento y el agua no debe exceder 90 minutos. Recientemente muchas entidades están usando una lechada compuesta de cemento portland y agua, la cual es aplicada usando un rociador a presión; esta operación ha probado ser económica en tiempo, costo y labor.

La Asociación de Cemento Portland (PCA) sugiere los siguientes diseños de mezcla.

Lechada Mezclada con Arena

Lechada Mezclada sin Arena

Cemento 1137 lbs/Yd<sup>3</sup> (816Kg/m<sup>3</sup>)

Cemento 1726 lbs (784 Kg)

Arena 1410 lbs/Yd<sup>3</sup> (836Kg/m<sup>3</sup>)

Agua 853 lbs (387 Kg)

Agua 914 lbs/Yd<sup>3</sup> (542 Kg/m<sup>3</sup>)

\* Permitiendo un 3% debido a la humedad.

Nota: La relación de agua y cemento no debe ser más alta de .62 (7gal., 26 L) por bolsa de cemento.

Se debe proceder con cuidado para asegurar que toda la superficie haya recibido un recubrimiento completamente parejo, de modo que no sea permitida la acumulación excesiva de lechada. El inspector debe asegurarse que la lechada cubra adecuadamente las esquinas de la losa, debido a que en esta área pueden ocurrir desprendimientos en el recubrimiento.

Se debe limitar la velocidad de aplicación de la lechada para que ésta no llegue a secarse antes de colocar el nuevo hormigón. Algunos estados especifican que la lechada sea aplicada enfrente de la mezcladora. Si la superficie de la lechada muestra señales de secamiento con una apariencia blanquesina durante demoras en las operaciones de revestimiento, una capa adicional debe ser aplicada. La lechada debe ser removida de las áreas donde se haya secado completamente usando chorros de arena, chorros de perdigones o cualquier otro método aceptable.

### 3.9.3 Colocación

Desde 1970 la pavimentación con moldes deslizantes ha sido usada casi exclusivamente en recubrimientos de pcc. Las técnicas usadas en la reconstrucción de las superficies de rodaje usando moldes deslizantes son idénticas a las técnicas usadas en la construcción original de pavimentos de hormigón. El PCA recomienda que se tomen las siguientes precauciones al realizar operaciones en que se usen moldes deslizantes:

El hormigón debe ser producido ininterrumpidamente y colocado uniformemente dentro de los límites especificados.

Después de impartir el acabado, la superficie debe ser verificada por el contratista usando un escantillón liviano de 10 pies (3m) de largo. Las irregularidades mayores a los .25 plg (6mm), deben ser eliminadas o corregidas (si es conveniente).

El espesor de la parte superior del hormigón nuevo debe ser igual al especificado en los planos. Si llegan a existir problemas en obtener una profundidad mínima a causa de bombeo o irregularidades en la superficie, el contratista deberá renovar el perfil del pavimento mediante la escarificación del mismo, o ajustar su equipo y operaciones y así poder obtener la profundidad requerida.

El contratista debe notificar al ingeniero en cuanto a los métodos y procedimientos usados en relocalizar las juntas existentes, de modo que los cortes de junta puedan ser realizados en el hormigón nuevo con exactitud.

Cuando las operaciones son limitadas por un ancho igual al de la línea principal del pavimento más el espaldón, se puede depositar el hormigón de planta o mezclado en camión enfrente de la pavimentadora, esto reduce el ancho lateral requerido en un vaciado de costado por los distribuidores de hormigón; sin embargo este último método de entrega de hormigón es preferido. Toda operación del camión de hormigón en la superficie preparada presenta problemas potenciales especialmente en reconstrucciones con revestimiento de hormigón adherido. Estas operaciones deforman el medio adhesivo arrastrándolo adelante sobre el pavimento, donde se puede secar y volverse polvoriento. En este caso el material actúa como un separador en vez de actuar como un medio adhesivo. Las posibilidades de contaminación aumentan con el tránsito debido al lodo, aceite y gotas de grasa, etc. Cuando se use el descargamiento por detrás, el equipo de limpieza debe estar listo para remover rápidamente el aceite derramado y las huellas de suciedad en el pavimento a causa de camiones de carga y otros contaminantes, que pueden afectar la capacidad adhesiva del material. Al efectuar el vaciado de recubrimientos de hormigón es sumamente importante tomar en consideración



la temperatura del pavimento existente (si ésta es mayor a los 100 grados F<sup>o</sup> ó 39<sup>o</sup> centígrados). El enfriamiento rápido de la superficie del pavimento existente puede causar esfuerzos de contracción en el recubrimiento, los cuales provocan cuarteos antes de que la junta pueda formarse. Además, la superficie caliente causa ondulaciones y torceduras en el área revestida durante el período inicial de curación. Este último efecto puede ser perjudicial para la adhesión de los revestimientos. Varias entidades recomiendan la construcción nocturna o el remojo de la superficie del pavimento existente para reducir la temperatura. En Louisiana, DOT (Ministerio de Transporte) recomienda que todo revestimiento adherido delgado (pcc), no sea programado durante los meses más calientes del año (junio, julio, agosto). En el presente, el estado de Louisiana no permite la colocación de hormigón de alta densidad, cuando la temperatura del ambiente es mayor de 85 grados F (30 grados C). Toda operación de colocación debe ser terminada cuando la temperatura del ambiente es de 85 grados F (30 grados C). Iowa tiene especificaciones similares, de hecho en Iowa todo proyecto de adhesión ha sido pavimentado después del 1<sup>o</sup> de septiembre o antes del 1<sup>o</sup> de mayo.

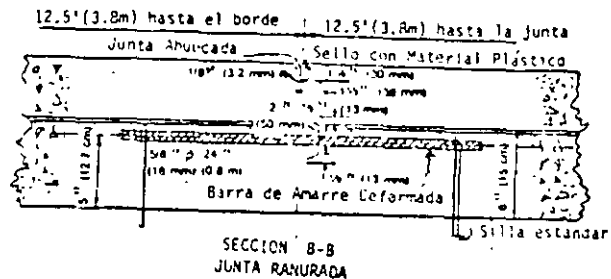
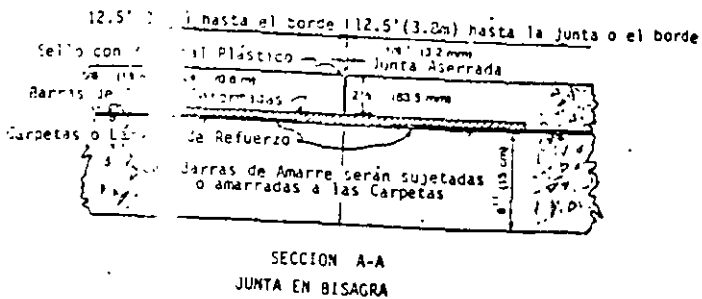
#### 3.9.4 Junteo

Se debe considerar cuidadosamente toda junta localizada en los recubrimientos de hormigón adherido, si se desea lograr un funcionamiento adecuado de esta capa. Es muy importante reproducir en el recubrimiento toda junta ubicada en el pavimento original. Se considera como una junta de trabajo aquella que se abre o cierra con el cambio de temperatura y que no se encuentra amarrada con barras de refuerzo a otra junta, estas son generalmente juntas de contracción transversal o de expansión. Las juntas de la capa superpuesta deben ser de un ancho igual o mayor a las del pavimento viejo y deben ser ubicadas directamente encima de las juntas de éste. PCA recomienda que toda junta transversal y de expansión sea cortada completamente de la capa superpuesta y cuando es requerido usar juntas longitudinales deben estas ser cortadas a 1 plg. (25 mm) de profundidad de la misma capa. Fatigas de alta presión ocurren en la capa superpuesta cuando cualquier junta de esta capa se cierra, o es más estrecha que la del pavimento viejo, estas fatigas resultarán en la pérdida de adhesión o astillas de aspecto desagradable. Como guía para la construcción de juntas, vea la Figura 3-12, "Detalles de Junta", la cual ilustra los detalles normales de las juntas.

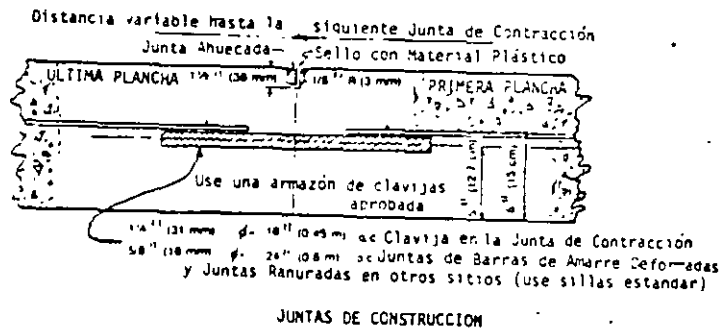
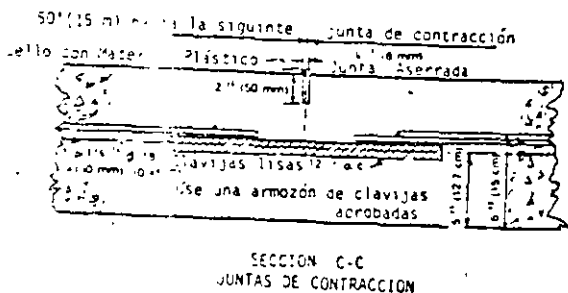
Es también muy importante establecer algún sistema de referencia, de modo que la ubicación de la junta en el pavimento viejo sea reestablecida después de colocar la capa superpuesta. Para que se pueda prevenir la penetración de la lechada dentro de la junta, una cuerda puede ser colocada en la junta transversal vieja.

Aunque es reconocida la necesidad de aparear las juntas del pavimento existente y la del revestimiento adherido, su construcción ha creado muchos problemas. Diferencias pequeñas de ubicación entre dos juntas puede resultar en un cuarteo de reflexión en el revestimiento. No es muy raro encontrar juntas irregulares en otros pavimentos o aún peor, fisuras irregulares funcionando como juntas. Varias entidades han experimentado con el uso de refuerzos (barras de amarre) para tratar de controlar el cuarteo de reflexión. La determinación de juntas en el pavimento existente también presenta un problema enorme. Si estas juntas son reparadas usando

FIGURA 3-12 DETALLE DE JUNTA



JUNTAS LONGITUDINALES



JUNTAS TRANSVERSALES

un bacheo profundo completo, dos juntas contiguas pueden aparecer a menos que el bacheo sea amarrado a cada extremo del pavimento existente y una nueva junta sea formada.

La construcción de juntas en un revestimiento adherido ha sido realizada utilizando varios métodos, entre ellos tenemos el uso de una ranura deprimida en el hormigón plástico, la cual es después ensanchada usando una sierra; el uso e instalación de encastre en el hormigón plástico y el aserramiento del hormigón endurecido, incluyendo "aserrado verde", pocas horas después de ser colocado el hormigón. El método predominante usado en la construcción de juntas ha sido el aserrado, pero frecuentemente se ha experimentado un cuarteo de reflexión a poca distancia de la ranura aserrada. En estos casos fue presumido que la fisura comenzó un poco antes de completar el corte de sierra en la parte inferior del revestimiento y progresó a lo largo del sendero de menos resistencia en dirección a la superficie, la cual puede o no surgir a través de la ranura (hecha en el hormigón plástico). En algunos casos un pronto aserrado (6 horas o menos después de la colocación del hormigón) ha sido utilizado para disminuir este tipo de cuarteo.

Antes de colocar el hormigón se debe limpiar cualquier junta de expansión. Se debe colocar una cuerda de retención en la junta de expansión de la losa

vieja para poder evitar la acumulación de hormigón en el área de la junta de expansión. También se puede utilizar en esta área una faja de madera o plástico espumado. Cuando el hormigón es colocado sobre una junta de expansión es absolutamente necesario hacer una ranura de expansión en el mismo cuando todavía está plástico, y si esta es de más de dos pulgadas de ancho, se deberá remover una pequeña cantidad de hormigón. La experiencia obtenida por el Iowa DOT nos demuestra que el no efectuar este corte sobre una junta de expansión puede limitar el desarrollo de una adhesión adecuada. Es recomendado también por el PCA el corte anticipado en el hormigón plástico de toda junta de expansión, al mismo tiempo se deben hacer dos cortes con sierra directamente encima de las juntas de expansión en el recubrimiento nuevo y remover el material entre las mismas.

### 3.9.5 Acabado, Texturación y Curación

Las operaciones de Acabado, Texturación y Curación realizadas en construcciones ordinarias de pavimento de hormigón son similares a las efectuadas en los recubrimientos de hormigón.

Al igual que en cualquier pavimento de hormigón es extremadamente importante lograr una protección adecuada durante las primeras horas de curación. El método más común de curación ha sido el rociado de el pavimento, recientemente acabado y texturado, con un compuesto de curación pigmentado de blanco, el cual crea una membrana impermeable. Entre otros métodos de curación se encuentra la arpillera húmeda, estera de algodón, papel impermeable, forros de polietileno y paja, heno y mantas de aislamiento cuando la temperatura es menor a los 34 grados F (0 grados C).

El medio de curación se aplica tan pronto como sea posible tratando de no causar daño al acabado y textura de la superficie.

El PCA enfatiza que una curación conveniente y adecuada es más importante en un revestimiento de hormigón adherido que para una construcción ordinaria de pavimentos. Ellos recomiendan que el curado continúe por lo menos tres días y preferiblemente alrededor de una semana. Los efectos de contracción, ondulación y secamiento en las primeras horas de curación pueden causar fatigas que exceden la resistencia adhesiva en la superficie de contacto y causan el desprendimiento del revestimiento, particularmente en las orillas y esquinas de la losa. Por lo tanto es esencial proteger el revestimiento adherido, no solamente de la pérdida de humedad sino también de cambios repentinos en la temperatura. Es por esta razón que el Cuerpo de Ingenieros del Ejército (EE.UU.) requiere en operaciones de revestimiento un período de curación húmeda durante las primeras 72 hrs del período de curación para revestimientos de hormigón adherido. Es aconsejable cubrir de niebla la superficie seguida por un cubrimiento con una arpillera mojada en las primeras 8 ó 24 horas, cuando la temperatura excede 90 grados F (32 grados C) o si la humedad es baja y es acompañada de vientos relativamente altos. Aunque la membrana de curación de compuestos pigmentados debería generar revestimientos adheridos satisfactorios, la mayor parte de las veces cuando la temperatura excede los 90 grados F (32° C) o la humedad es baja y está acompañada por vientos de una velocidad alta, es recomendable aplicar una llovizna fina del compuesto de curación sobre la superficie y cubrir la misma con una arpillera mojada durante las primeras 8 a 24 horas de curación.

### 3.9.6 Resumen

- o Colocar la protección del tránsito.
- o Preparar la superficie con chorros de arena, chorro de perdigones y escarificación.
- o Aplicar la lechada adhesiva.
- o Colocar el hormigón.
- o Asegurar las juntas.
- o Acabado, texturado y curado.
- o Remover la protección del tránsito.

### 3.10 Revestimiento de Hormigón Asfáltico sobre el Pavimento de Hormigón Existente

El concepto de revestir un pavimento de hormigón de cemento portland (pcc) existente con una capa superpuesta de hormigón asfáltico es descrito en esta sección. Este tratamiento es usado para perfeccionar la integridad estructural, mejorar el viaje, prolongar la vida y reducir costos de mantenimiento al reparar fallas graves de pavimento existente. Este tratamiento también es considerado y usado (si existen) para reparar fallas severas como levantamiento, losas divididas, hundimientos, bacheo largo, agregado pulido y sellado.

#### 3.10.1 Selección, Diseño y Uso de la Capa para Reparación de Fisuras

Existen tres categorías de revestimiento de hormigón asfáltico: el revestimiento estructural pesado, el revestimiento estructural y la capa superpuesta de mantenimiento. La capa para reparación de fisuras es incluida en las primeras dos categorías.

#### 3.10.2 Revestimiento Estructural Pesado

Varía en espesor de 6 a 16 plg. (15 a 40 cm). De los tres tipos de revestimiento es el de mayor duración, sin embargo su longevidad y mantenimiento económico depende excesivamente en una preparación adecuada del pavimento (pcc) viejo. El diseño de un revestimiento estructural pesado destinado a ser usado por un volumen de tránsito alto puede incluir planes para una renovación de la superficie en años venideros. Esta renovación puede ser delgada, con menos vacíos y con una superficie de rodamiento resistente al patinaje o con una superficie de fricción de graduación libre.

#### 3.10.3 Revestimiento Estructural

Un revestimiento estructural añade fuerza al pavimento viejo y dura más que un revestimiento de mantenimiento. El espesor varía de 4 a 6 plg. (10 a

15cm). Este revestimiento es normalmente colocado sobre un pavimento (pcc) estructuralmente sólido, pero antes de colocar la capa superpuesta es muy importante reconocer y reparar fallas que pueden causar cuarteo reflexivo.

#### 3.10.4 Revestimiento de Mantenimiento

El propósito del revestimiento de mantenimiento es el de restaurar la transitabilidad y resistencia al patinaje, sellar el pavimento y de este modo reducir el costo de mantenimiento. A pesar de que un revestimiento de mantenimiento puede ser una mezcla de concreto asfáltico con gradación densa tan delgada como 2 pulgadas (5 cm) en espesor, es recomendable que el límite de espesor sea de 2 a 4 plg. (5 a 10cm). Los revestimientos de mantenimiento deben ser consideradas como relleno para prevenir deterioración adicional hasta que una capa más sólida pueda ser colocada.

#### 3.10.5 Revestimiento para Reparación de Fisuras

Este revestimiento es diseñado específicamente par disminuir la reflexión de las fisuras, de el viejo pavimento pcc a el revestimiento nuevo de asfalto.

Tipicamente, la estructura de un revestimiento para reparación de fisuras consiste en una capa de base de 3.5 plg. (9cm). en espesor, de gradación abierta mezclada en caliente de tamaño uniforme, conteniendo de 25 a 35% de vacíos interconectados y un 100% de material triturado. Debido a la gran cantidad de vacíos interconectados esta capa provee un medio a través del cual el movimiento diferencial de la losa subyacente no es transmitido con prontitud. Esta capa es colocada como la primera etapa de un sistema de capas superpuestas.

Tres capas son requeridas para recubrimientos que ponen en práctica el concepto de reparación de fisuras. La primera capa es para reparación de fisuras, después una capa intermedia compactada o capa de nivelado (JA-STMD 3515) la cual cubrirá la mezcla de una manera uniforme para así proveer una fundación lisa para la capa superior, y por último una capa de superficie convencional.

Cuando se use una capa para reparación de fisuras de 3.5 plg. (9 cm), el espesor total de revestimiento incluyendo la explanación y capa superior será de 7 a 9 plg. (18 a 23 cm).

La selección de una mezcla de tamaño uniforme dependerá de la disponibilidad del tamaño de agregado a ser usado en un área determinada. El uso de una mezcla particular dependerá de las características del material usado en el pavimento existente (pcc). Pavimentos (pcc) altamente expansivos, similares a los construidos con grava sílica lavada requieren el uso de agregado grueso con la capa para alivio de fisuras.

Generalmente la mezcla para reparación de fisuras es preparada en una planta central. Debido al tamaño del agregado es necesario aumentar el espacio entre las puntas de la paleta y el calce en el amasadero hasta 1 plg. (2.5 cm), ya que este espacio es una función del tamaño máximo del agregado a ser usado.

Un sistema de drenaje debe ser designado conjuntamente con el uso de una capa para reparación de fisuras. Se debe preparar la superficie del pavimento de manera que quede estructuralmente sólida y limpia. Generalmente es requerida una capa ligante. Para diluir se debe usar un asfalto emulsificado similar a un SS-1, SS, Ccs-1 o Ccs-1h, mezclado con partes iguales de agua y aplicado en una proporción aproximada de 0.15 gal/Yd (0.62 l/m).

Debido a la consistencia de la mezcla, solamente se deben usar en la colocación de capas para reparación de fisuras esparcidores para servicio pesado.

Una aplanadora estática de 4 a 10 ton (3.6 a 9.1 m. ton) debe ser usada para consolidar la capa para reparación de fisuras. Un equipo más pesado puede comprimir el agregado angular. De 1 a 3 pasadas serán suficientes debido a que una consolidación excesiva puede causar fracturas en el agregado grueso. Este tipo de fractura debe ser evitado.

La capa para reparación de fisuras debe cubrirse sin dilación con una capa intermedia compactada, o la carretera no estará en condiciones de ser transitada.

Desde hace muchos años la capa para reparación de fisuras ha sido usada exitosamente, particularmente en los estados de Tenesse y Arkansas.

Se han realizado extensos experimentos en los que se usan tejidos como un mecanismo para reparar fisuras. Este tejido es colocado encima del pavimento existente y bajo la capa bituminosa. Los tejidos para este tipo de usos son fabricados por la mayoría de las compañías petroquímicas, por ejemplo: Monsanto, Phillips Celense Fabrics, Dupont Owens Corning, etc. El cuarteo de reflexión es reducido al colocar estos tejidos sobre la superficie de asfalto. Es también aparente que el éxito de estos tejidos en reducir el cuarteo de reflexión (pcc) es limitado a pavimentos de losa corta en áreas donde no se presenten temperaturas extremas.

### 3.10.6 Preparación para Cubrimiento de Pavimento de Hormigón de Cemento Portland

Esta preparación debe ser realizada con cuidado, de manera que se puedan impedir en un futuro fallas en el revestimiento. La preparación puede incluir uno o más de los siguientes métodos:

- o Relleno sellante inferior para proveer una condición de soporte estable y uniforme.
- o Reducir la losa a una longitud menor.
- o Fracturar la losa en piezas pequeñas o asentarla con una aplanadora pesada.
- o Remover y reemplazar toda las áreas con fallas o levantamientos.
- o Fresado y pulimento.
- o Bacheo de áreas desintegradas y astilladas.

- o Instalación de juntas para disminuir la presión.
- o Resellar fisuras y juntas.
- o Mejorar el drenaje.

Algunos de los factores a ser considerados en pavimentos pcc preparados para recibir un revestimiento son discutidos en los siguientes párrafos.

Los diferentes métodos para corregir cuarteos, imperfecciones, levantamientos, astillamiento en pavimentos pcc son presentados en publicaciones del Instituto de Asfalto (AI), serie de manual No. 16 (MS-16) titulado "Asfalto en Mantenimiento de Pavimento".

Luego de que el pavimento se ha llevado a una condición estable debe ser limpiado completamente y cubierto con una capa ligante de asfalto antes de colocar la capa superpuesta.

Años de experiencia con capas de asfalto en pavimento (pcc) agrietado indican que pueden resultar problemas adicionales si las juntas existentes no son limpiadas y preparadas adecuadamente para recibir el revestimiento. Estas juntas acumulan o proveen un canal por donde el agua sera extraída desde la parte inferior de la junta cuando el asfalto caliente sea depositado y haga contacto con la junta. La aparición de fisuras de reflexión al final de un día de trabajo generalmente indica la presencia de estas fuerzas.

Otra situación crítica es la creada en las pistas de aterrizaje de PCC al sobrellenar las juntas con los materiales sellantes o llenar las mismas con material constituido de dos componentes. Esta situación causa el deslizamiento de los revestimientos resultando en marcas de desgarré, las cuales usualmente son erróneamente interpretadas como fisuras de reflexión. En ambos casos las juntas deben ser limpiadas de la manera que se explica en el artículo (MS-16) del Instituto de Asfalto "El resellado de juntas con asfalto dentro de la operación de mantenimiento de pavimentos", antes de depositar el revestimiento.

Cuando se reviste un pavimento de pcc que ha sido ranurado es necesario proveer un tratamiento especial para prevenir la infiltración de humedad. En estos casos se puede usar la aplicación de una capa gruesa de cemento asfáltico, una mezcla líquida de arena y asfalto o una de nivelación de gradación fina.

La capacidad de adhesión de la superficies viejas de PCC puede variar considerablemente entre una textura pulida y una aspera. Las superficies pulidas pueden ser bruñidas para mejorar la adhesión de las mismas a los revestimientos. Sin embargo, en la mayoría de los casos el uso apropiado de una capa de cemento asfáltico, la selección correcta del tipo de mezcla y el espesor del revestimiento conjuntamente con los procedimientos adecuados de construcción, resultan más económicos en asegurar una adhesión adecuada.

Todo pavimento pcc que se encuentra flojo, vibra bajo el tránsito o bombea, probablemente continuará moviéndose después de ser cubierto con asfalto, a

menos que primero sea asentado o subsellado y cualquier problema de drenaje sea corregido.

Las losas flojas u oscilantes causarán fallas rápidamente en los revestimientos. En estos casos, para conseguir mejores resultados y proveer el soporte necesario, la losa debe ser estabilizada.

La estabilización de las losas flojas u oscilantes pueden ser mejoradas usando una aplanadora pesada. El objetivo es el de romper las losas, soportadas desigualmente, en piezas pequeñas. El peligro de cuarteo continuo es reducido al fraguar cada segmento de la losa. Todo movimiento horizontal y vertical inducido por temperaturas, que contribuyen al cuarteo de reflexión, será reducido enormemente mediante este proceso.

Un sellado subterráneo, usando asfalto refinado al aire, muchas veces restaura el soporte de la losa. Información detallada con respecto a este procedimiento es publicada por el Instituto del Asfalto, folleto de construcción No. 13 (CL-13) titulado "Especificaciones para Sellado Inferior con Asfalto de Pavimento PCC".

### 3.10.7 Materiales

Todo material usado en los revestimientos debe de estar en conformidad con las operaciones señaladas en el capítulo 2, "Mantenimiento de Pavimento de Asfalto".

### 3.10.8 Instalación de la Capa Bituminosa

La colocación y consolidación del revestimiento debe de estar en conformidad con las operaciones apropiadas en el capítulo 2 "Mantenimiento de Pavimento de Asfalto".

## 3.11 Reparaciones de los Cortes para Servicios Públicos

La mayor causa de daños a los pavimentos son los cortes hechos para los servicios públicos. Para poder reducir los gastos es importante que las compañías propietarias de los servicios públicos tengan conocimiento previo de lo que se les exige y que los trabajos sean supervisados a menudo para asegurar una continua observación de las reglas y regulaciones.

A continuación se ofrece una lista de los artículos que las agencias de Obras Públicas deben considerar en los procedimientos para permisos de cortes para los servicios públicos.

La localización de todos los cruces de pavimentos por excavaciones abiertas deberán ser señalados en los planos y perfiles. La configuración de los suelos y agua subterránea deben ser determinadas con anterioridad mediante exploraciones adecuadas del subsuelo para permitir a la agencia de Obras Públicas ordenar procedimientos especiales si así fuera necesario. La localización de todas los demás servicios públicos existentes debe ser determinada.



El diseño de todas las excavaciones incluyendo las usadas en el control de aguas superficiales y subterráneas, donde fuere necesario, debería hacerse accesible a las agencias de Obras Públicas para su revisión.

Cuando sea requerido el equipo de construcción así como el procedimiento a usarse debe ser descrito en la solicitud para los permisos.

Las instalaciones de tuberías deberán hacerse de acuerdo con los requisitos establecidos por las especificaciones apropiadas de la agencia. El material granular requerido deberá satisfacer los requisitos de las especificaciones normales en uso para material granular selecto para relleno.

El pavimento deberá ser cortado en los puntos donde se reemplazará.

La remoción del pavimento y de la berma o espaldón debe ser hecha de manera que provea una restauración adecuada de la sección de reemplazo. Los cortes verticales del pavimento deben ser necesarios. Las superficies que han sido socabadas deben ser cortadas y removidas. El material de relleno deberá ser compactado de acuerdo con los requisitos para el rellenado de estructuras de alcantarillas, tubos conductos y soterrado directo de cables descrito en las Especificaciones Generales en uso.

Generalmente los cortes deben ser llenados al finalizar cada día de trabajo. Planchas Cubridoras de acero pueden ser usadas si se solicita su aprobación con anterioridad. El encrustar estas placas puede ser requerido, dependiendo de su localización. El material de relleno de reemplazo deberá colocarse en capas de no más de 12 plg. de grueso (30 cm) y compactada completamente antes de depositar la capa siguiente.

Si al estar construyendo bajo el amparo de un permiso se afecta el drenaje subterráneo de la estructura del pavimento, éste deberá ser corregido con la adición de un drenaje como sea requerido, superficial o subterráneo.

El pavimento reemplazado deberá ser similar al pavimento existente en composición y textura. La selección hecha del tipo de material y de su composición deberá ser aprobada por la agencia. El límite del reemplazo del pavimento debe ser de manera que el pavimento reemplazado esté soportado por un material de subbase que haya sido adecuadamente compactado y que el pavimento sea restaurado con la rasante y suavidad adecuadas.

Cuando se requieren mezclas de PCC para el reemplazo de pavimentos, las mismas deben consistir de hormigón polímero o de mezclas de hormigón de una alta resistencia inicial en concordancia con las Especificaciones Generales en uso.

## CAPITULO 6 MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE DRENAJE

### 6.1. Introducción

Las instalaciones de drenaje desempeñan la función de remover el agua de una sección de calle o de carretera y protegen la instalación contra los efectos del agua. Estas instalaciones de drenaje incluyen entradas de agua para aguas pluviales, alcantarillas, subdrenajes, sumideros, cunetas, protección de taludes y dispositivos para el control de la erosión.

#### 6.1.1 Problemas de Mantenimiento

Los problemas típicos de mantenimiento de drenaje son el estancamiento del agua, la cual ablanda la subrasante, las cunetas secundarias que se forman a lo largo del borde permanente, las cuales erosionan el material que soporta el borde del pavimento y las fisuras de las alcantarillas, las cuales causan la erosión del material que soporta el pavimento. Los tres factores más importantes para la durabilidad del sistema de calles son el drenaje, el drenaje y el drenaje. Con pocas excepciones, el agua es siempre enemiga del departamento de obras públicas. El agua, si no se elimina rápidamente bajo un estricto control, disminuirá la habilidad de soporte del material de la subrasante que soporta el pavimento o, simplemente se lo llevará. Cuando se evita que el agua sature la subrasante, ya sea mediante la corrección por drenajes subterráneos o por medio de un sistema de drenaje que funcione correctamente, se protege la inversión realizada en la calle contra la pérdida prematura. Frecuentemente ciertos elementos del sistema de drenaje están bajo el control de departamentos distintos al encargado de mantener las calles. Es importante que el mantenimiento de las instalaciones de drenaje no se perjudique por esta división de las responsabilidades. Al departamento de calles le incumbe asegurar la realización de esta obra.

Si se desea evitar la erosión se debe mantener el agua bajo control. Cuando se permite que el agua corra sobre la tierra descubierta, el agua se lleva parte del material. Los bajos volúmenes de fuga de agua se pueden controlar por medio de la vegetación, con su consecuente bajo nivel de mantenimiento, en tanto que las mayores concentraciones y velocidades demandarán un control de tipo más alto, con su mayor costo de mantenimiento.

#### 6.1.2 Funciones del Mantenimiento

Estas funciones incluyen las siguientes:

- o Mantenimiento de las corrientes de agua libres de acumulaciones de desechos y de vegetación y las alcantarillas para aguas pluviales libres de limo, arena y desechos.
- o Corrección de las partes de los sistemas que no funcionen correctamente. Los depósitos y las fisuras constituyen los tipos más

comunes de fallas. Una de las tareas más difíciles es la de mantener la erosión a un mínimo.

- o Anticipación a los problemas y realización de modificaciones menores. La necesidad de modificaciones extensas se debe comunicar al superintendente.

En el capítulo 8, "Accesorios de Calles" se discute el mantenimiento de bordes y de canales y su inclusión en ese capítulo y no en éste, no disminuye su importancia en el control del agua.

## 6.2 Inspección

Las inspecciones de drenaje se deben efectuar cada tres meses, así como durante y después de cada tormenta severa, con el objeto de confirmar la existencia de condiciones satisfactorias o para evaluar la necesidad de limpieza y de reparación.

El mejor momento para inspeccionar las instalaciones de drenaje es durante una tormenta. Es fácil entonces ver donde forma charcos el agua y donde se inundan las instalaciones del drenaje. Con frecuencia en estas ocasiones no se puede realizar ningún trabajo útil, de manera que hay personal disponible para que haga esta inspección. En algunas ciudades se opina que la misma persona debe inspeccionar siempre una misma área de drenaje de la ciudad. De esta manera, el inspector puede notar cualquier cambio que se pueda haber presentado. El inspector debe mantenerse alerta para distinguir cualquier fisura o hundimiento que pueda aparecer después de una tormenta severa, aún si estos efectos son pequeños, ya que pueden ser evidencia de una erosión causada por una fisura de tuberías.

Debe mantenerse un registro de la inspección junto con cualquier deficiencia observada, con referencias del nombre de la calle y el número de la vivienda.

## 6.3 Desagues para Aguas Pluviales

Los desagues para aguas pluviales llevan el agua recogida de los recolectores y de las entradas de agua hacia las corrientes naturales de agua.

El mantenimiento de los desagues para las aguas pluviales consiste en la remoción de arena, limo o desechos, y en el mantenimiento de un sello hermético en cada unión de tubería. En ocasiones hay presencia de un material abrasivo en el agua (o de algún producto químico que tiene un efecto perjudicial en la tubería), lo cual causa desgaste en el material de la tubería. Esto requiere que se haga un revestimiento con el objeto de preservar la integridad de ésta.

Cuando los sumideros para aguas pluviales no reciben el agua, es posible que esto se deba a que tienen un tamaño inadecuado pero, con mayor probabilidad,

a que se encuentren parcialmente obstruidos. La limpieza con un chorro de agua y el equipo de trabajo pesado, al vacío pueden remover algunas obstrucciones parciales. Los desagües para aguas pluviales se pueden limpiar mediante la inserción de una sonda arrastradora de trabajo pesado, la cual se pone en una boca de inspección y se deja pasar hasta la próxima boca de inspección. Se le amarra una cuerda y la herramienta se hala de regreso hacia la primera abertura.

Después se coloca una máquina de cable en cada boca de inspección y el cable del rodante de la primera máquina se amarra a la cuerda y luego se hala hacia el extremo opuesto. Se cuelga un cangilón de limpieza con forma de torpedo en el cable de la segunda máquina. En seguida se ata el cable al fondo del cangilón de limpieza de forma que sirva como eslabón de conexión entre los cables de las dos máquinas.

Se suspende una polea de cada máquina y se asegura directamente al centro de la tubería para facilitar el cambio de dirección del cable. Cuando la primera máquina hala el cangilón a través de la alcantarilla, las mordazas del cangilón se abren automáticamente al encontrar resistencia. La primera máquina continúa halando el cangilón a través del material hasta llenarse. Cuando se invierte la dirección del hálamiento del cable para recuperar el cangilón las mordazas se cierran para retener el material y forman el fondo del cangilón. Un operario que se encuentra en la boca de inspección vacía el cangilón cuando éste alcanza la abertura. Se pueden utilizar máquinas de limpieza tradicionales con varios tamaños de cangilones, dependiendo del diámetro de la cañería y de la cantidad de material que se debe remover.

#### 6.4 Alcantarillas

Las alcantarillas son aberturas debajo de una vía que permiten el flujo natural del agua de un lado de la vía al otro. Se pueden construir de metal corrugado o de hormigón reforzado.

Las alcantarillas deben ser mantenidas libres de obstrucciones. Los depósitos de arena o de sedimento deben quitarse tan pronto como sea posible. Durante las tempestades, deben inspeccionarse las áreas críticas y las entradas de agua deben mantenerse libres de desechos. La Figura 6-1, "Alcantarilla Obstruida" muestra una entrada de alcantarilla obstruida por la arena. Los canales de entrada y de salida deben ser mantenidos alineados y se debe controlar la vegetación con el objeto de evitar cualquier restricción significativa del flujo del agua.

El desgaste alrededor de fundaciones, paredes cortantes y muros cabezales se repara mediante el reemplazo del material erosionado con el mismo material o también llenando el vacío con encachado o con hormigón. En una emergencia se puede usar mezcla bituminosa.

Las alcantarillas se obstruyen si la rasante de la línea de caudal impide su propia limpieza. Una corrección permanente consiste en volver a colocar la tubería en un grado de mayor inclinación pero esto no es siempre posible. La alternativa es limpiar la tubería con frecuencia.

Las alcantarillas pequeñas se pueden limpiar sacando el desecho con chorros de agua a presión. Se utiliza un camión equipado con una bomba y dispositivo de manguera para dirigir el flujo desde la manguera hacia la salida de la alcantarilla. De esta manera el agua desaloja y se lleva los desechos y la arena. Un método alternativo de limpieza de alcantarillas pequeñas consiste en utilizar equipo industrial de trabajo pesado al vacío.

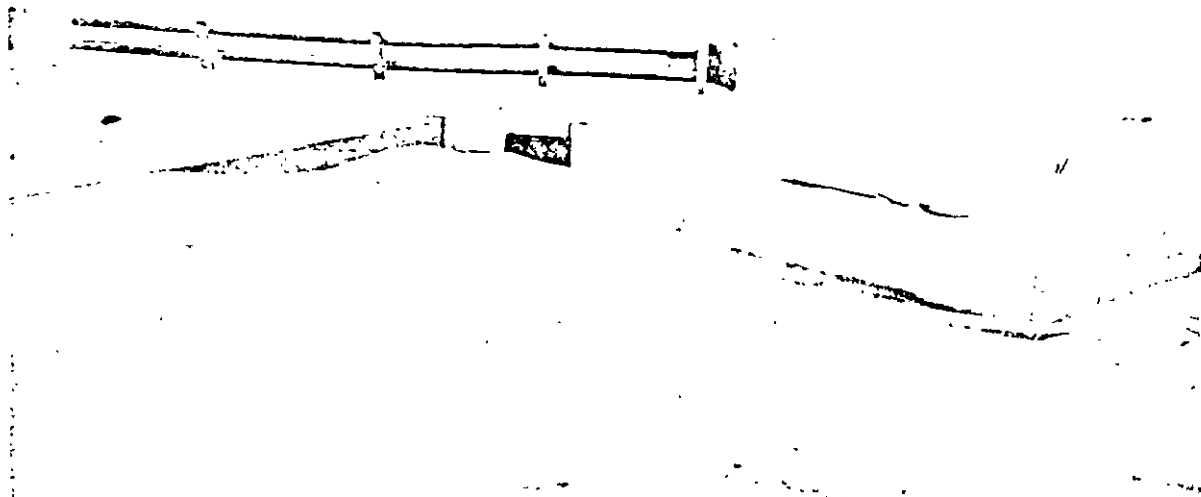
Las alcantarillas de un tamaño mayor de 3 pies (0,9m) de diámetro, normalmente se deben limpiar a mano. Un pequeño trineo o vagón es útil para transportar material desde el interior del barril hacia los extremos de la alcantarilla. La Figura 6-2, "Alcantarilla de Cajón obstruida", muestra una alcantarilla de cajón obstruida con arena.

Se puede usar un tractor pequeño con llantas de caucho, equipado con una pala de empuje, para remover la arena y el limo que se deposita en las alcantarillas de cajón más grandes construidas de hormigón reforzado.

Si el revés de una alcantarilla metálica o de hormigón se desgasta o erosiona, se puede reparar mediante revestimiento de la misma con lechada de hormigón, gunita o cemento asfáltico. Si la capacidad hidráulica de la alcantarilla no es crítica, se puede colocar una tubería más pequeña en su interior y el espacio entre las tuberías se puede llenar con lechada de cemento portland bombeada a presión, o gunita.

Los caudales de alta velocidad que contienen grandes cantidades de piedra y roca, erosionan el fondo de la alcantarilla. Esta erosión se puede reducir asegurando láminas de acero en forma longitudinal a lo largo del fondo.

FIGURA 6-1      ALCANTARILLA OBSTRUIDA





Con el objeto de evitar la erosión, se colocan algunas veces disipadores de energía en las salidas de alcantarillas y desagües. Es importante que éstos sean inspeccionados periódicamente, especialmente después de tormentas grandes, para asegurarse de que se encuentran en su lugar y que funcionan correctamente.

Cuando las alcantarillas de tubería de hormigón se hunden, las uniones se separan. Las uniones se pueden reparar mediante apisonamiento o inyección de lechada en las fisuras. La lechada se hace con una parte de cemento portland, dos partes de arena y 1/5 parte de cal hidratada, con agua suficiente para producir una mezcla plástica. La arena debe estar bien graduada y debe ser de un tamaño tal que pase en su totalidad por una zaranda No. 8.

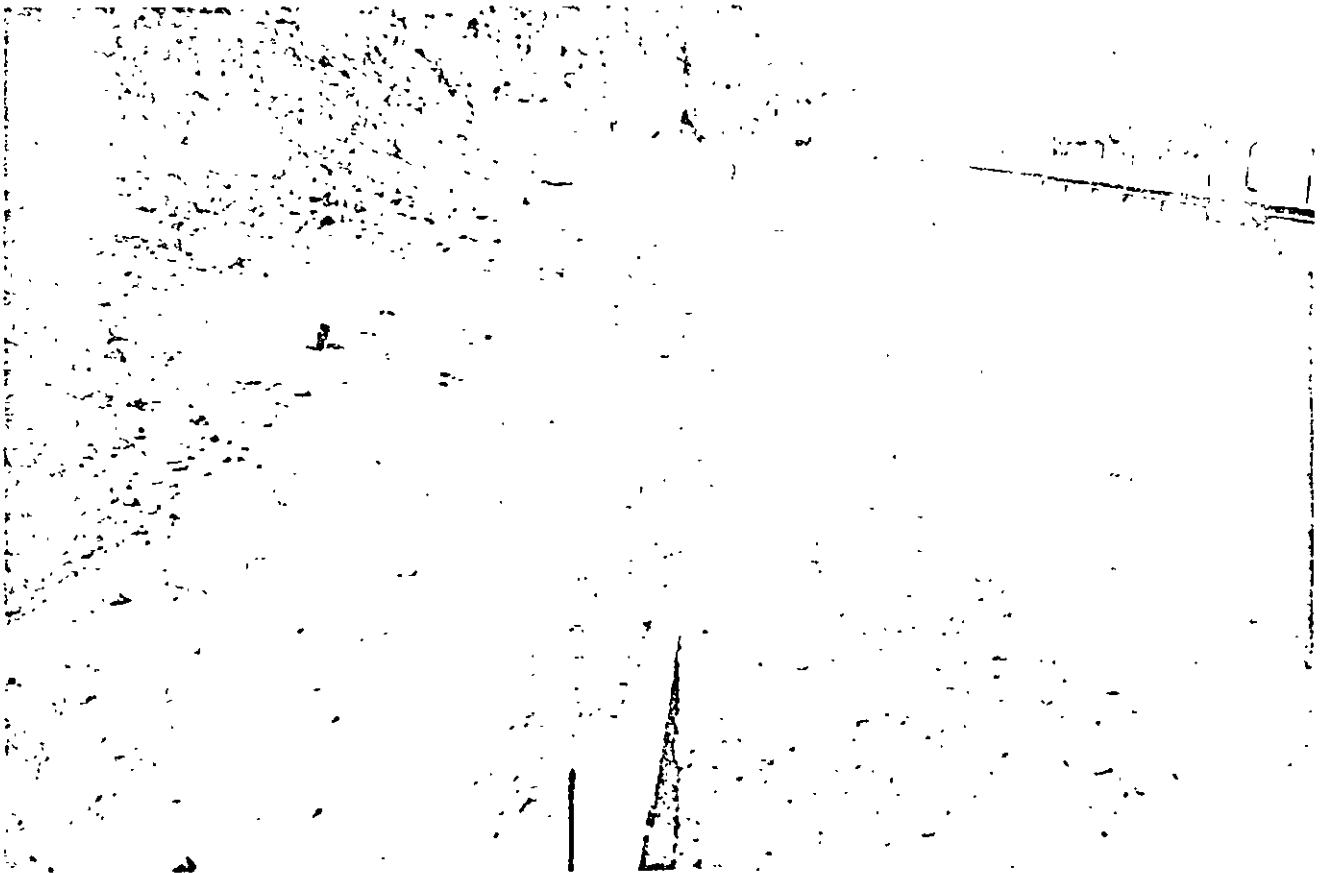
Las alcantarillas de hormigón reforzado requieren poco mantenimiento pero se deben inspeccionar anualmente para controlar las fisuras, la erosión del fondo y el debilitamiento. El debilitamiento es el resultado de las altas velocidades de salida del agua. La corrección de esta condición requiere usualmente la adición de un disipador de energía. Este problema debe ser comunicado al superintendente.

## 6.5 Cunetas

Las cunetas desvían el agua de las vías hacia las localidades donde el agua puede fluir sin causar erosión ni estancamiento. Las cunetas pueden estar o no revestidas con hormigón de cemento portland (ccp), gunita, mampostería o concreto bituminoso. Las cunetas se deben mantener libres de lodo, desechos, o de cualquier otro material que restrinja el caudal del agua. La Figura 6-3, "Cuneta Revestida", muestra una cuneta que necesita limpieza.

Las líneas de caudal de las cunetas no revestidas en el espaldón se mantienen por medio de equipo motorizado suplementado con obra manual. Se efectúa una pasada con motoniveladora, manteniendo la cuchilla en una posición de aproximadamente 120 grados en la dirección del viaje y con la hoja fija en forma aproximada al escarpe (inclinación) entre el borde exterior del espaldón y la línea del caudal de la cuneta. Esto elimina el material indeseable de la cuneta y lo deposita en un camellón cerca del borde del espaldón.

FIGURA 6-3 CUNETA REVESTIDA



Luego se carga este material en un volquete con un cargador frontal de llantas de caucho o manualmente por medio de palas, y se lleva al sitio de eliminación. El trabajo manual será necesario para remover el material indeseable en las localidades inaccesibles para la motoniveladora, por ej., cerca de las alcantarillas de tubería.

Las alcantarillas grandes en la zona lateral de la vía se encuentran a veces localizadas en una elevación muy por debajo de la vía y no son accesibles para la motoniveladora. Estas se pueden alcanzar con un excavador hidráulico montado en un camión operado desde el espaldón. En esta situación, el material indeseable se coloca directamente en un volquete y se saca del lugar. El operador del equipo debe tener cuidado de evitar el socavamiento de la rasante de la línea de caudal. Dicho socavamiento produciría un estancamiento perjudicial del agua.

Las alcantarillas interceptoras en escarpes y a lo largo de bancadas de excavación o de terraplén y los desagües de alcantarillas pueden requerir una limpieza manual con palas y carretillas.

La separación de las juntas es un problema común en las alcantarillas revestidas de hormigón. Si no se repara inmediatamente, se presenta erosión debajo del revestimiento lo cual causa su cuarteo y a veces su caída. Las juntas se sellan con caucho asfalto caliente. Las marmitas para el compuesto de caucho asfalto caliente deben ser del tipo con doble revestimiento de baño de aceite, para evitar dañar el compuesto por sobrecalentamiento. Antes de emplear cualquier compuesto deberán limpiarse las juntas y las fisuras. Deberá colocarse suficiente material de sellado para llenar la fisura. Cuando se llenan fisuras profundas, el sellador se puede encoger al enfriarse y en ese caso se deberá agregar sellador adicional para llenar la junta, de manera que el sellador se nivele con la superficie. Una vez que el agua se ha introducido debajo del hormigón o asfalto, el deterioro de las alcantarillas es rápido; por esto la inspección frecuente es vital y la reparación rápida es una necesidad si se desea proteger la inversión.

La erosión de las cunetas consiste en la pérdida de suelo causada por el caudal rápido del agua. Se controla mediante pavimentación de la cuneta con mezcla de agregado de asfalto bituminoso, colocación de mampostería, enrocados, o por la construcción de contenedores. Como la erosión es un problema serio, debe ser informado al superintendente.

Las cunetas revestidas con material bituminoso se oxidan rápidamente o se desgastan por causa de los agentes atmosféricos y deben ser asperjadas con emulsión de asfalto.

Como la erosión es uno de los principales problemas que presentan las cunetas, se promueve el desarrollo de la vegetación. La vegetación se puede mantener por asociación con los propietarios pero con mayor frecuencia debe ser mantenida por la agencia de obras públicas. Uno de los principales problemas cuando se utiliza la vegetación para controlar la erosión en las cunetas es el control de las malezas.

Las malezas se transforman en un problema importante en el césped cuando el pasto pierde su vigor y su densidad y no es capaz de competir con ellas.



El trébol y la grama pueden apoderarse de las áreas en las que los niveles de nitrógeno son bajos. El pasto rastrero es una plaga seria en muchas áreas donde las altas temperaturas del verano limitan el crecimiento del pasto. La usurpación de las malezas es a menudo el resultado, y no la causa primordial de un césped deficiente. Frecuentemente, la erradicación de malezas no produciría una mejoría permanente a menos que se corrijan las condiciones que debilitaron el césped.

Los mejores productos químicos disponibles para el control de malezas son frecuentemente el nitrógeno, el fósforo y el potasio (esto es, fertilizantes) aplicados en las cantidades correctas, en las épocas adecuadas y en una proporción correcta. Un césped vigoroso podrá competir con las malezas y eliminará la mayoría de éstas. Los especialistas en césped en todo el mundo concuerdan en que el mejor control de malezas es un crecimiento denso y vigoroso del césped. Los herbicidas químicos, sin embargo, cumplen una función en cualquier programa de mantenimiento del césped.

Las malezas en la vía son antiestéticas y la mayoría se puede eliminar por medio de un buen programa de aspersión y siega. Se ha observado que un buen programa que contemple la aspersión de la vía durante tres años consecutivos eliminará la mayor parte de las malezas, con la posible excepción de las pequeñas áreas de maleza que necesiten aspersión individual. Un buen programa de siega va de mano en mano con un buen programa de aspersión en la eliminación de las malezas antes de que éstas produzcan semilla.

En los sitios donde se han destruido las malezas y la gramíneas cortas cubren las áreas destapadas de la vías, se reduce el costo de siega y la agencia local todavía podrá tener una vía limpia y bien mantenida. Ciertos declives muy escarpados no se deben segar; por esto, se los deberá asperjar para controlar el crecimiento de las malezas.

En siembras nuevas, la aspersión de malezas no se debe efectuar excepto para eliminar las malezas perjudiciales y entonces, solamente por aspersión de zonas individuales limitadas. La aspersión de las siembras nuevas puede eliminar las leguminosas útiles y las gramíneas tiernas. Las nuevas plantas deberán tener por lo menos tres años de edad antes de que se efectúe una aspersión general, de manera que si el área tiene malezas, se deberá segar en vez de asperjar.

Existen muchas fórmulas de herbicidas en el mercado, de diferentes marcas. Muchos de éstos son herbicidas selectivos que pueden tener o no aplicación en el mantenimiento de las vías. Además, la actual preocupación por la ecología está causando un cambio rápido en la opinión que se tiene acerca del efecto de los plaguicidas en el ambiente.

El superintendente debe controlar constantemente los productos, el equipo y los hallazgos de los ecologistas y periódicamente el superintendente deberá recomendar productos químicos y equipo para prueba o uso general. Antes de ensayar cualquier producto químico nuevo, el personal de campo deberá consultar al superintendente.

La secuencia de reparación de las cunetas es como sigue:

- o Instalar los implementos para el control del tránsito en el área de trabajo;
- o Remover el material indeseable de la cuneta con la motoniveladora, la retroexcavadora o la excavadora hidráulica;
- o Cargar el material indeseable en el volquete provisto de cargador frontal o hacerlo manualmente;
- o Transportar y eliminar el material indeseable;
- o Remover la suciedad del área de trabajo con una barredora sopladora; y
- o Recoger todos los implementos para el control del tránsito del área de trabajo.

#### 6.6 Entradas para Aguas Pluviales

Las estructuras de entrada para las aguas pluviales se han diseñado para interceptar el agua en alcantarillas y desagües de drenaje. También actúan como cuencas de depósito para recoger sólidos pesados y evitan que los desechos penetren en los sistemas de alcantarillado. Se usa equipo industrial portátil al vacío, de trabajo pesado, para remover los sedimentos de los sumideros.

Las rejillas de los sumideros de depósito tienen el fin de evitar que los objetos grandes y los desechos penetren en el sistema. Se requieren inspecciones frecuentes durante los períodos de corrientes de agua porque los desechos como cartón, papel periódico o metal plano pueden impedir que el agua entre a la boca del sumidero. Las rejas son diseñadas generalmente con barras paralelas al caudal de agua. Sin embargo, se pueden colocar en forma perpendicular al sardinel (borde) y se pueden hacer de un tamaño que no permita que las llantas de bicicleta se introduzcan en la abertura.

Las bocas de sumidero de tamaño grande que han sido construidas sin reja pueden recoger considerables cantidades de roca. Se puede quitar esta roca bajando un cangilón de mordazas o un cangilón de retroexcavadora al interior de la boca. Se requiere trabajo manual para cargar el cangilón. El cangilón cargado se levanta de la boca y la roca se deposita en un camión y se conduce a un sitio de eliminación. El limo se puede remover mediante un cangilón de cascara de naranja. El material que se encuentre en el barril de una alcantarilla que conduzca a una boca de sumidero debe ser removido de la manera descrita en la Sección 6.4, "Alcantarillas".

## 6.7 Drenajes Inclinados

Los drenajes inclinados consisten en cubetas pavimentadas o metálicas, o también tuberías, las cuales se utilizan para llevar el agua desde un drenaje colector, de una cuneta o de una zanja, hacia el canal al borde de la vía o hacia un curso natural de agua. Estos drenajes deben estar en firme contacto con la superficie que les sirve de apoyo. Si están conectados al pavimento o a un dique, se deberá mantener un sello hermético. Los cuarteos se deben sellar con compuesto de caucho asfalto caliente.

El extremo de salida de los drenajes inclinados se debe inspeccionar regularmente para controlar la erosión. Las áreas erosionadas deberán ser reparadas con hormigón quebrado, hormigón de saco, encachado, etc. Algunas veces la reparación puede incluir una extensión del drenaje.

Las tuberías metálicas utilizadas para los drenajes inclinados en los terraplenes altos o en las excavaciones de banco se deberán fijar rigidamente a la superficie con anclas de tubería. Las anclas se han diseñado para evitar que la tubería se separe de las uniones, pero a pesar de ésto, ocasionalmente se presenta una separación. La reparación consiste en quitar toda la tubería que queda por debajo del punto de separación, volver a instalarla y anclarla.

Una vez que el agua se ha introducido debajo de un drenaje pavimentado, ésta erosiona rápidamente el material de fundación y desaloja el canal. Se puede reducir o eliminar esta erosión mediante la instalación de una pared cortadora al comienzo de la cuneta y a intervalos, en toda su longitud. Estos cortadores deben ser de 12 pulgadas (30 cm) a 18 pulgadas (46 cm) de profundidad, y deben extenderse a todo lo ancho de la cuneta. Se deben fabricar de cemento portland o concreto asfáltico.

## 6.8 Contenedores y Disipadores de Energía

### 6.8.1 Contenedores

Los contenedores se utilizan para recoger agua, redirigir su caudal, proporcionar cuencas de depósito para el control del limo y también para controlar la tasa de caudal. Se construyen de hormigón reforzado o de empedrado.

Los contenedores se inspeccionan para controlar el desgaste después de períodos de grandes flujos de agua. El desgaste se debe reparar llenando el vacío con hormigón.

### 6.8.2 Disipadores de Energía

Los disipadores de energía se utilizan en las bocas de salida que descargan suelo erosionable. Los disipadores de energía pueden consistir en un nivelador, un batiente de descarga o un salto hidráulico. Estos deben descargar en un área estabilizada por la vegetación, como mínimo. Se deben

inspeccionar para controlar el desgaste después de períodos de grandes corrientes de agua y cualquier desgaste observado se debe reparar.

## 6.9 Protección de Taludes

Se requiere la protección de los taludes cuando el caudal de agua o la acción de las olas ponen en peligro los terraplenes o estructuras de la vía. La erosión se puede controlar por medio de protección del declive con empedrado, por enchado de hormigón, por pavimentación del declive con hormigón, por pavimentación con gunita, por empleo de retardadores, diques permeables, muros retenedores y brocales. La protección debe utilizar de manera óptima los materiales locales. La velocidad del caudal y la dirección de las corrientes son factores críticos para la selección de los materiales. Con cualquier protección de taludes se debe tener cuidado para evitar que la protección se desgaste por causa de la erosión. El borde saliente de la protección se debe proteger contra la erosión.

### 6.9.1 Protección del Declive con Empedrado

La protección del declive con empedrado consiste en la colocación de piedra bien graduada como material protector en los taludes de corriente, canales y donde quiera que sea necesario.

El tamaño de las piedras debe ser suficiente para resistir la velocidad del agua. El material de relleno debe contener suficiente cantidad de piedras, más pequeñas que el tamaño promedio, con el objeto de llenar los espacios existentes entre las piedras más grandes. La piedra debe ser de un material durable con un peso aproximado de 150 libras/pie<sup>3</sup> (2400 kg/m<sup>3</sup>) graduada en la forma siguiente:

<u>Velocidad</u>	<u>Tamaño de la Piedra</u>	<u>Material de Filtro</u>
6 pies/seg (1,8 m/seg)	10-50 libras (4,5-23 kg)	1 1/2 pulgada (3-8 cm)
6-8 pies/seg (1,8-2.5 m/seg)	20-100 libras (9,90-45 kg)	3 pulgadas (7,6 cm)
8-10 pies/seg (2,5-3 m/seg)	25-250 libras (11,5-115 kg)	4 1/2 pulgadas (11,5 cm)

La secuencia de reparación para la protección de escarpes rocosos es la siguiente:

- o Instalar los implementos de control del tránsito en el área de trabajo;
- o Cargar el camión y conducir al sitio de trabajo;

- o Descargar el camión o emplear una grúa con cangilón de mordazas;
- o Realizar el trabajo manual necesario para obtener una inclinación de apariencia uniforme;
- o Remover la suciedad del sitio de trabajo; y
- o Recoger todos los implementos de control del tránsito.

Lechada de encachado - La lechada de encachado constituye una protección de los declives la cual está compuesta de roca enlechada con ccp para formar una cobertura monolítica; se presenta en la Figura 6-4, "Encachado".

Se emplea en la áreas donde no hay disponibilidad económica de roca de tamaño y cantidad suficiente para efectuar una protección ordinaria del escarpe rocoso.

El enlechado protege las piedras de la fuerza total del agua a alta velocidad, creando una masa más grande para resistir la presión.

Este tipo de protección es rígido sin tener mucha fuerza y necesita soporte. La lechada de encachado nunca debe utilizarse en escarpes de mas de 1,5:1. Debe tenerse precaución extra para construir el pie de la protección enlechada del talud por debajo de la profundidad de erosión, y puede también ser necesario construir una pared cortadora de gravedad en el pie de la protección del talud. El desgaste destruye el encachado. Deberán dejarse algunos espacios sin enlechar para aliviar la presión hidrostática. Los espacios sin enlechar deberán rajarse en astillas de tamaño adecuado.

FIGURA 6-4 ENCACHADO



El desgaste causa la falla de este tipo de protección de taludes. El desgaste deja un vacío debajo del encachado el cual se rompe, y puede ocasionar la caída del encachado dentro del vacío.

La reparación consiste en el llenado de los vacíos y de las superficies hundidas con roca y lechada. El espacio entre las piedras se llena con una lechada hecha con 1 parte de cemento portland, 3 partes de agregado fino y 1/5 parte de cal hidratada, todo mezclado con agua suficiente para producir una mezcla plástica.

La secuencia de reparación para la lechada de encachado es la siguiente:

- o Instalar los implementos de control del tránsito en el área de trabajo;
- o Cargar el camión y llevarlo al sitio de trabajo;
- o Descargar la roca usando una grúa con cangilón de mordazas;
- o Limpiar las superficies rocosas para que queden libres de polvo adherente y humedecer;
- o Pasar la pala, la vara y la escoba hasta que los espacios entre las rocas estén llenos;
- o Cubrir el área enlechada con esteras y mantener húmedo durante 4 días por lo menos;
- o Pasar la cuchilla para nivelar los puntos altos y las depresiones vecinas al área de trabajo;
- o Remover los desechos del área de trabajo; y
- o Recoger todos los implementos para el control del tránsito del área de trabajo.

#### 6.9.2 Pavimentación de Escarpes con Hormigón

La pavimentación de los escarpes por medio de hormigón constituye un tipo rígido de protección de escarpes, compuesto de hormigón reforzado con malla de alambre. Está sometido al daño causado por el desgaste, la presión hidrostática y el material que fluye por entre los resquebrajamientos. Si la degradación de la corriente o el desgaste dejan al descubierto el pie del talud, éste deberá protegerse con empedrado. Deben colocarse mechinales en el pavimento del escarpe si existe la posibilidad de que el agua se cuele por detrás del pavimento. Estos mechinales se pueden hacer perforando huecos de aproximadamente 2 pulgadas de diámetro (50 mm) en el pavimento del escarpado. Si se forman cuarteos suficientemente grandes para permitir que se cuele por ellos el material de respaldo, estos huecos se deberán sellar con lechada de hormigón.

Cuando el muro que forma el pie del pavimento de hormigón del escarpe queda expuesto, es necesario repararlo mediante procedimientos descritos para el encachado de homigón.

La lechada para el sellamiento de las fisuras está hecha de 1 parte de cemento portland, 2 partes de arena, 1/5 parte de cal hidratada, con agua suficiente para obtener una mezcla plástica. La mezcla de arena debe estar bien graduada y debe ser de un tamaño tal que pueda pasar por una zaranda No. 8. Después de limpiar las fisuras, debe colocarse la lechada en éstas con un palustre. Apisone e inyecte la lechada firmemente dentro de las fisuras y deje la superficie lisa y a nivel de la superficie circundante.

La secuencia de reparación para el pavimento de hormigón de escarpes es la siguiente:

- o Instalar los implementos de control del tránsito en el área de trabajo;
- o Remover el polvo y el material suelto de la fisura;
- o Mezclar las proporciones adecuadas;
- o Colocar la lechada en las fisuras con un palustre;
- o Apisonar e inyectar la lechada;
- o Repetir los pasos 3 y 4 hasta que se llene la fisura;
- o Alisar la superficie de la fisura y emparejar con lajas vecinas; y
- o Recoger todos los implementos de control del tránsito del área de trabajo.

#### 6.9.3 Pavimentación de Escarpes con Gunita

La gunita para la pavimentación de escarpes es una mezcla de cemento portland y arena, mezclados en seco, y aplicados neumáticamente por medio de una boquilla. Se agrega agua, en la boquilla, a la mezcla a medida que la mezcla se expelle. La mezcla seca está hecha de dos partes de cemento portland con no más de 4 partes de agregado fino. Consulte las Especificaciones Generales vigentes, en la agencia local encargada.

Las fallas y sus causas, así como los métodos de reparación se bosquejan en el párrafo anterior. La Figura 6-5, "Pavimentación de Escarpes", muestra la pavimentación de escarpe con gunita, con la malla puesta.

#### 6.9.4 Retardantes y Rompeolas Permeables

Los retardantes y diques permeables son estructuras de unidades múltiples compuestas de formas abiertas similares, como pilas, vallas, tuberías, riel de acero, etc. Un retardante es una o más filas de pilotes, una cerca de alambre u otra estructura permeable colocados en el canal por donde pasa la corriente, ya sea en la base del talud o paralela a éste. Este tipo de estructura reduce la velocidad de la corriente adyacente al talud que controla la erosión y hace que se deposite el material llevado por el agua entre el retardante y el talud.



Los rompeolas permeables se colocan formando un ángulo con el terraplén, para controlar una corriente tortuosa o para ayudar a la formación de depósitos de material en el lecho y al crecimiento de la vegetación. Los rompeolas permeables se construyen con pilotes, malla de alambre, y pueden o no estar rellenos de roca. El mantenimiento de tales estructuras consiste principalmente en el reemplazo del relleno de piedra.

#### 6.9.5 Gaviones

Los gaviones formados con cajas de malla de alambre llenas de roca se utilizan para erigir estructuras para el control de la erosión. La flexibilidad de los gaviones les permite resistir el hundimiento diferencial sin sufrir fracturas. Su permeabilidad evita que se desarrollen burbujas hidrostáticas detrás de la estructura.

La malla de alambre debe ser por lo menos de alambre calibre No. 11 con un revestimiento galvanizado que cumpla con las especificadas por ASTM A90. La abertura de la malla no debe ser mayor a 4 1/2 pulgadas (11,5 cm) y las áreas de la abertura de la malla no deben ser mayor a 9 pulgadas<sup>2</sup> (58 cm<sup>2</sup>).

Las longitudes de los gaviones deben ser múltiplos (2, 3 ó 4) del ancho horizontal. Las alturas deben ser fracciones (1, 1/2, ó 1/3) de la anchura.



horizontal. La anchura horizontal no debe ser menor de 36 pulgadas (92 cm). Todos los gaviones provistos deben tener una anchura uniforme.

Los canastos se deben llenar con piedra aprobada de los siguientes tamaños:

<u>Profundidad del Canasto o Altura</u>	<u>Tamaño Mínimo de la piedra</u>	<u>Tamaño máximo de la Piedra</u>
12 pulgadas (30 cm)	4 pulgadas (10 cm)	8 pulg. (20 cm)
Mayor que 12 pulg. (30 cm)	4 pulgadas (10 cm)	12 pulg. (30 cm)

Los fabricantes deberán ser consultados con relación al alambre, al alambre de conexión y a los diafragmas usados.

#### 6.10 Subdrenajes

Los subdrenajes consisten en una zanja revestida con tela de filtro o rellena con material filtrante. Se puede colocar una tubería metálica galvanizada con perforaciones, tubería semicircular y tubería de teja, cerca del fondo de la zanja. Los subdrenajes se utilizan para remover el agua subterránea y para reducir el nivel freático. Las condiciones locales determinan si la instalación debe hacerse a lo largo de la línea del espaldón, o al pie del talud o usar el sistema de punto espigado bajo el recorrido. La Figura 6-6, "Subdrenaje", presenta un típico corte transversal de subdrenaje con tubería.

El diámetro mínimo de la tubería de subdrenaje es de 6 pulgadas (150 mm). Coloque la tubería con las perforaciones hacia abajo e invierta la rasante por lo menos 3 pies (1 m) más abajo de la superficie. Se prefiere una rasante de por lo menos 0,5%; sin embargo, si no es posible esta rasante, se pueden usar rasantes mínimas de 0,20% para los laterales y de 0,25% para los principales. Estabilice los fondos blandos o fimosos por medio de apisonamiento con paja o con suficiente material granular para entiesar el fimo. Se debe tener cuidado, al volver a llenar los subdrenajes, de no prohibir la grava dura, limpia, durable, o la piedra triturada, en conformidad con las graduaciones presentadas en la Figura 6-7, "Graduación del Material".

Los subdrenajes se deben revisar al comienzo de la estación lluviosa para asegurarse de que no estén tapados con arena o raíces y de que las aberturas de salida tengan un libre drenaje. La presencia de limo o de agua sucia que surge de un subdrenaje indica una posible rotura de la tubería. Esto se debe informar al superintendente de inmediato para que él pueda iniciar una investigación de materiales y tomar medidas reparadoras.

Se requieren bombas de succión, bombas de alta presión o limpiadores mecánicos giratorios de cañerías para limpiar las secciones largas de tubería obtruida.

FIGURA 6-6 SUBDRENAJE

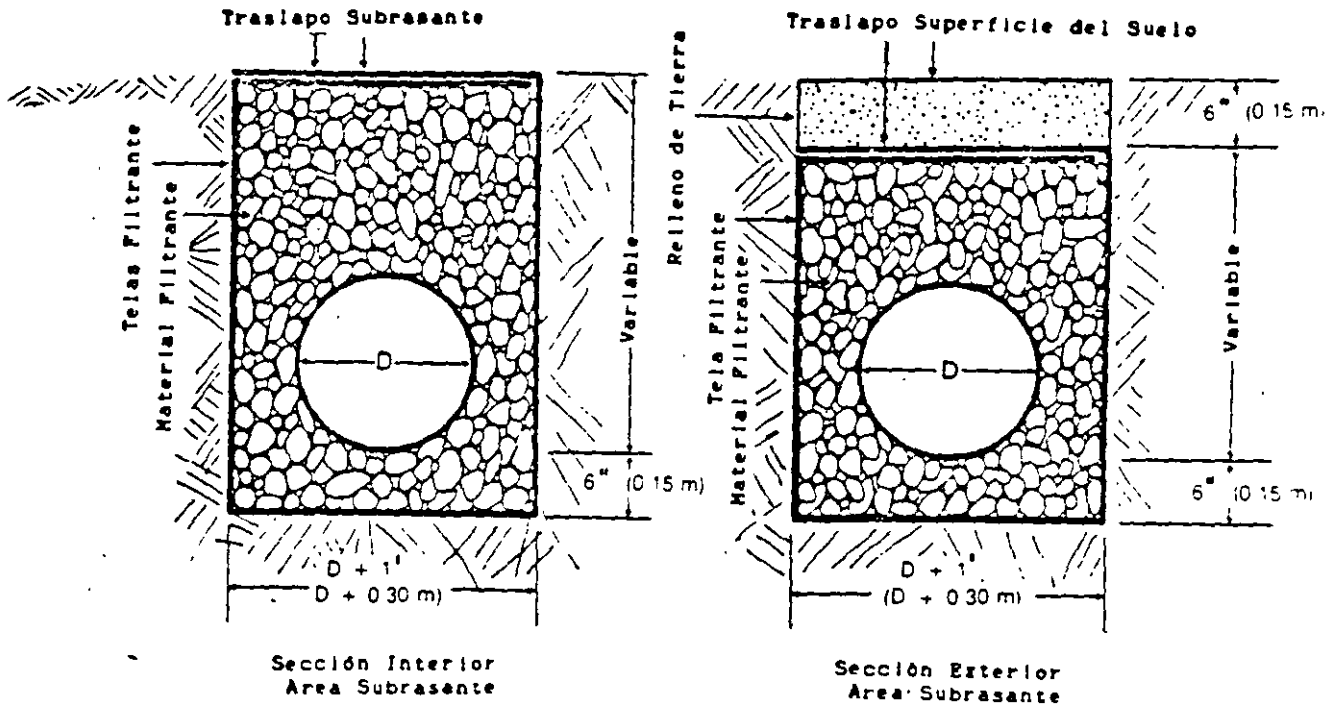


FIGURA 6-7 GRADUACION DEL MATERIAL

Tamaño de Zaranda*	Porcentaje que Pasa
1 pulgada	100
3/4 pulgada	90-100
3/8 pulgada	40-100
No. 4	25-40
No. 8	18-33
No. 30	5-15
No. 50	0-7
No. 200	0-3

\*Tamaños basados sólo en equivalente inglés.

Cuando la tubería se obstruye, es probable que el material filtrador se ponga limoso y su eficacia se reduzca a un nivel que haga necesario el considerar su reemplazo.

Se encuentra disponible una tela de filtro que disminuye la formación de limo cuando ésta se usa en la construcción de subdrenaje. La tela filtrante hecha de polipropileno, poliéster o nylon es muy permeable, liviana, fuerte y flexible. Se puede utilizar con o sin tubería. La tela se llena con

piedra triturada o con grava abierta. Existen muchos tipos de telas filtrantes; seleccione un tipo adecuado para su propósito. Algunos tipos de telas filtrantes no se pueden utilizar a la luz del sol porque se desintegran.

Se obtiene una considerable reducción en el costo de la construcción de los subdrenajes cuando se utiliza tela filtrante sin tubería. Como las zanjas solamente tienen que tener una anchura de 8 pulgadas (0,2 m), se reduce considerablemente la excavación y la cantidad de material filtrante necesarios para llevar a cabo la tarea. La Figura 6-8, "Subdrenajes", presenta un corte transversal típico de subdrenaje que utiliza tela de filtro sin tubería.

La secuencia de operación para los subdrenajes con tubería es la siguiente:

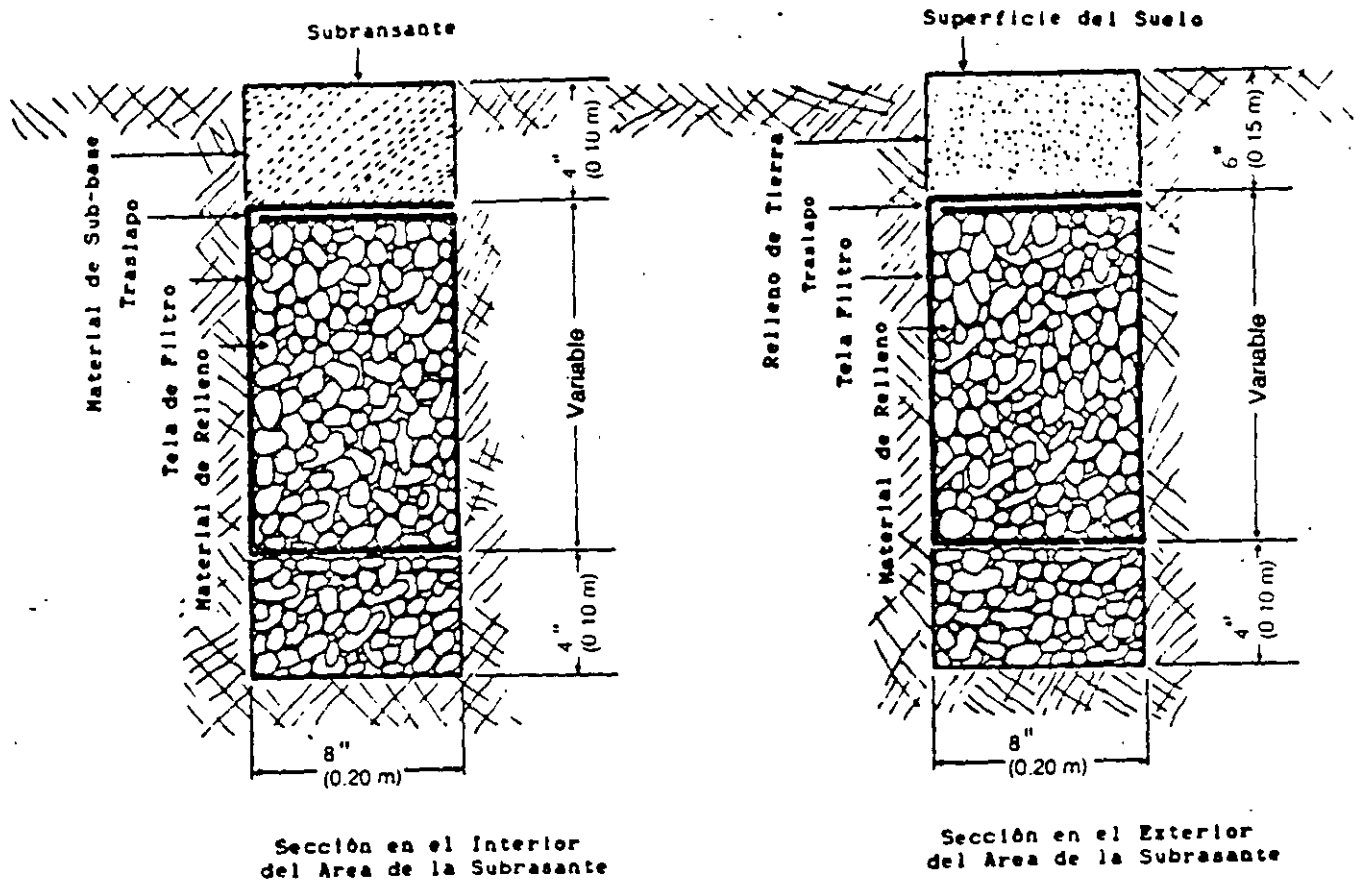
- o Instalar los implementos de control del tránsito en el área de trabajo;
- o Remover y eliminar el material de recubrimiento o capa de rodaje bituminosa, base de agregados y subbase;
- o Excavar para establecer la línea y la rasante usando una retroexcavadora; quitar y eliminar el material excavado;
- o Colocar la tela filtrante en la zanja;
- o Estabilizar el fondo según sea requerido y colocar aproximadamente 6 pulgadas (0,15 m) de material filtrante;
- o Colocar teja de tubería perforada con las perforaciones hacia abajo;
- o Colocar el material filtrante subrasante de 6 pulgadas (0,15 m) por debajo de la superficie del suelo;
- o Colocar y compactar 6 pulgadas (0,15 m) de relleno de tierra o reemplazar la superficie y capas de base;
- o Quitar los desechos del área de trabajo; y
- o Recoger todos los implementos de control del tránsito del área de trabajo.

#### 6.11 Drenajes del Borde del Pavimento

El agua penetra en la estructura del pavimento de diversas maneras: resquebrajamiento en el pavimento, infiltración a través de los espaldones, capas de hielo que se derriten, agua libre a través de la base del pavimento y un alto nivel freático.

El agua libre debajo del pavimento tiene una importancia especial porque puede disminuir la fuerza del pavimento reduciendo la cohesión, reduciendo la fricción entre las partículas y aumentando la presión de los poros. Como

FIGURA 6-8 SUBDRENAJE



resultado, la capacidad de soporte disminuye y el pavimento entonces tiene que soportar cargas sin poseer un adecuado soporte desde abajo, lo cual resulta en el cuarteo y la deflexión.

Los pavimentos nuevos se diseñan con sistemas de subdrenaje para el agua infiltrada. La infiltración de agua libre dentro de la estructura del pavimento, su efecto en la fuerza material y su remoción normal por el caudal vertical o por un sistema lateral de drenaje de la subsuperficie deberían ser una parte integral del proceso de diseño estructural de los pavimentos.

Cuando la infiltración de agua se ha transformado en un problema en el pavimento existente, deberá tomarse algún tipo de acción para evitar la infiltración o para eliminarla. La prevención incluye el sellamiento de las fisuras del pavimento, el escarpe positivo en los espaldones y las cunetas más profundas. Cuando esta prevención produce la eliminación del agua de la subsuperficie, los drenajes longitudinales instalados como drenajes de borde pueden tener éxito. Se excava una zanja de 9-12 pulgadas (23-30 cm) de ancho, adyacente al pavimento. Esta zanja será lo suficientemente profunda para interceptar el agua en las capas permeables debajo

del pavimento. Se coloca tubería plástica de 3-4 pulgadas (7,6-10 cm), con ranuras, en la zanja y la zanja se rellena con material permeable. La tubería debe tener una abertura de salida positiva y deben proveerse mallas para roedores.

El soporte del borde para el pavimento no debe estar dañado cuando se hace la instalación del drenaje, y el material adyacente al drenaje que se necesita drenar deberá ser lo suficientemente permeable para permitir que el agua libre llegue hasta el drenaje longitudinal.

La secuencia de operaciones para el drenaje del borde del pavimento es la siguiente:

- o Instalar los implementos de control del tránsito en el área de trabajo;
- o Excavar la zanja adyacente al borde del pavimento teniendo cuidado de no socavar ni dañar el pavimento;
- o Colocar la tubería plástica con ranuras en las salidas de la zanja según sea necesario;
- o Rellenar con material permeable;
- o Instalar mallas para roedores en las salidas de la tubería;
- o Compactar el material y rasarlo nuevamente;
- o Recoger todos los implementos de control del tránsito del área de trabajo.

## CAPÍTULO 9

### MANTENIMIENTO DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE TRANSITO Y DE SEGURIDAD

#### 9.1 Introducción

Los dispositivos para el control de tránsito y la seguridad incluyen rótulos y señales, marcaciones de pavimento, delineadores, islas de tránsito, barreras centrales, semáforos e iluminación. El diseño, las garantías y la instalación se basan generalmente en el Manual de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (Manual of Uniform Traffic Control Devices) (MUTCD) y el Manual de Diseño de Vías Estatales (State Highway Design Manual).

El público confía en los dispositivos de control del tránsito para un viaje seguro; de esta manera, el mantenimiento correcto y a tiempo puede ser asunto de vida o muerte. Una señal de tránsito que no funciona correctamente o una señal de pare que está ausente o escondida por la maleza pueden originar accidentes fatales. Cuando se comprueba que un accidente ha sido causado por negligencia, el municipio es responsable de los daños ocasionados.

El mantenimiento de los dispositivos de control de tránsito incluye la inspección, limpieza y reemplazo de señales, bulbos (bombillas), lentes, controladores y detectores. Es posible substituir los materiales por otros de diversa calidad en algún elemento del sistema de calles, pero la ley no permite la substitución de dispositivos de control de calidad normal (buena calidad) por otros de inferior calidad.

Este capítulo trata la inspección, limpieza, reparación y reemplazo de siete dispositivos de control de tránsito: señales, marcaciones de pavimento, señales de tránsito, iluminación, atenuadores de impacto, barreras centrales y guardarrieles.

#### 9.2 Señales

Las señales o rótulos se colocan para advertir, regular o guiar al tránsito (señales para el control del tránsito); para proporcionar información (nombres de calles, por ejemplo) o para regular muchos otros aspectos del comportamiento humano, desde el estacionamiento de automóviles hasta sacar a pasear al perro. Esta sección trata solamente de las señales de tránsito, nombres de calles y estacionamiento de automóviles, aunque los principios de mantenimiento se aplican practicamente a todas las señales. La visibilidad y la legibilidad son elementos importantes para el mantenimiento de las señales. El daño a las señales puede disminuir la visibilidad, como también la puede disminuir la vegetación demasiado crecida, entre otras cosas. La legibilidad puede disminuir como resultado de la acumulación de la suciedad, desgaste de las marcaciones y/o iluminación inadecuada. Las actividades de mantenimiento de señales incluyen típicamente lo siguiente: inspección

FIGURA 9-1

INVENTARIO E INSPECCION DE SEÑALES

INSPECCION DE SEÑALES E INVENTARIO										
No. de ruta	Señal No.	UBICACION	Hora de inspección		Tipo de Daño	Accion Tomada o Planeada	Legibilidad de la Señal		Observaciones	
			Día	Noche			Día	Noche		

Firma \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

## REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE SEÑALES

Distrito o Zona	Localización de la Señal
Palabras de la Señal	

Tipo de Señal:  Pino  Madera  Otro (especifique) \_\_\_\_\_  
Contrachapada

Tipo de Montaje de la Señal:  Pino  Concreto  Metal  Mampostería.

Reparaciones Necesarias para el Montaje:

Mantenimiento de Señal Requerido:  Rutina  Especial (explique) \_\_\_\_\_

Las Partes Reemplazadas Serán:  Devueltas al Patio de Almacenamiento de Ingeniería  
 Eliminadas en una Zona Sanitaria

Observaciones:

Preparado por	Título	Fecha
---------------	--------	-------



diurna y nocturna, limpieza, despejo, reparación, reemplazo, reposición de lámparas e inspección de la torsión de los soportes de las señales de seguridad y de los sujetadores; cada uno de estos elementos se discute a continuación.

### 9.2.1 Inspección

Las señales deben ser inspeccionadas dos veces al año con respecto a su posición, daños, legibilidad, reflectividad y condición general. La inspección debe incluir una observación nocturna desde un vehículo usando las luces bajas. Las señales a las que les hace falta reflectividad deben ser programadas para ser cambiadas. Además de las inspecciones normales, a todos los empleados de mantenimiento se les debe ordenar reportar cualquier señal desaparecida, dañada u oscurecida que ellos puedan descubrir en el transcurso de sus actividades diarias.

Los soportes de señales superiores deben ser inspeccionados anualmente. Las deficiencias, tales como pernos quebrados y miembros de armaduras dañados pueden resultar en un peligro para el tránsito, los peatones y la propiedad adyacente y deben ser reparados de conformidad con las prácticas para soportes de señales o rótulos superiores. La figura 9-3, "Hoja de Registro de Campo", es un ejemplo de una forma usada para registrar dichas inspecciones rutinarias. Estos registros pueden ser de gran ayuda en casos de demandas judiciales debidas a accidentes, porque son una prueba escrita de que la señal estaba en su lugar y llenaba todos los requisitos legales. La figura 9-4, "Resumen del Estado", detalla una posible presentación o forma del registro.

### 9.2.2 Limpieza

Una limpieza periódica de todas las señales, especialmente las señales reflectoras, es necesaria para mantener la legibilidad. Las señales oscurecidas por el polvo, los materiales bituminosos o por cualquier otra cosa, deben ser limpiadas cuanto antes. La limpieza se hace frecuentemente con una máquina lavadora de señales, la cual consiste en dos tanques, una bomba pequeña y mangueras. Una solución limpiadora que consiste en una parte de detergente casero y 100 partes de agua es mezclada en uno de los tanques. El otro tanque contiene agua limpia. Toda la superficie de la señal debe ser rociada con la solución limpiadora y cepillada con un cepillo de cerda suave; inmediatamente después debe ser lavada con agua limpia.

Los materiales bituminosos y el crayón pueden ser quitados restregando el rótulo con un pedazo de tela saturado de kerosene. Después de que la señal ha sido limpiada, se debe lavar como se indicó anteriormente. **ADVERTENCIA:** No use kerosene para limpiar señales que tienen reflectores acrílicos, ya que el kerosene destruye su calidad reflectora. La figura 9-5, "Señal Bien Mantenido" muestra una señal reflectora limpia y legible.

### 9.2.3 Despejo

Con frecuencia los árboles, los arbustos u otros tipos de vegetación crecen hasta el punto de tapar una señal al tránsito que se aproxima y por lo tanto, la hacen inútil. Ocasionalmente, los propietarios levantan vallas u otras barreras que inadvertidamente obstruyen la visibilidad de una señal. En

FIGURA 9-3

HOJA DE REGISTRO DE CAMPO

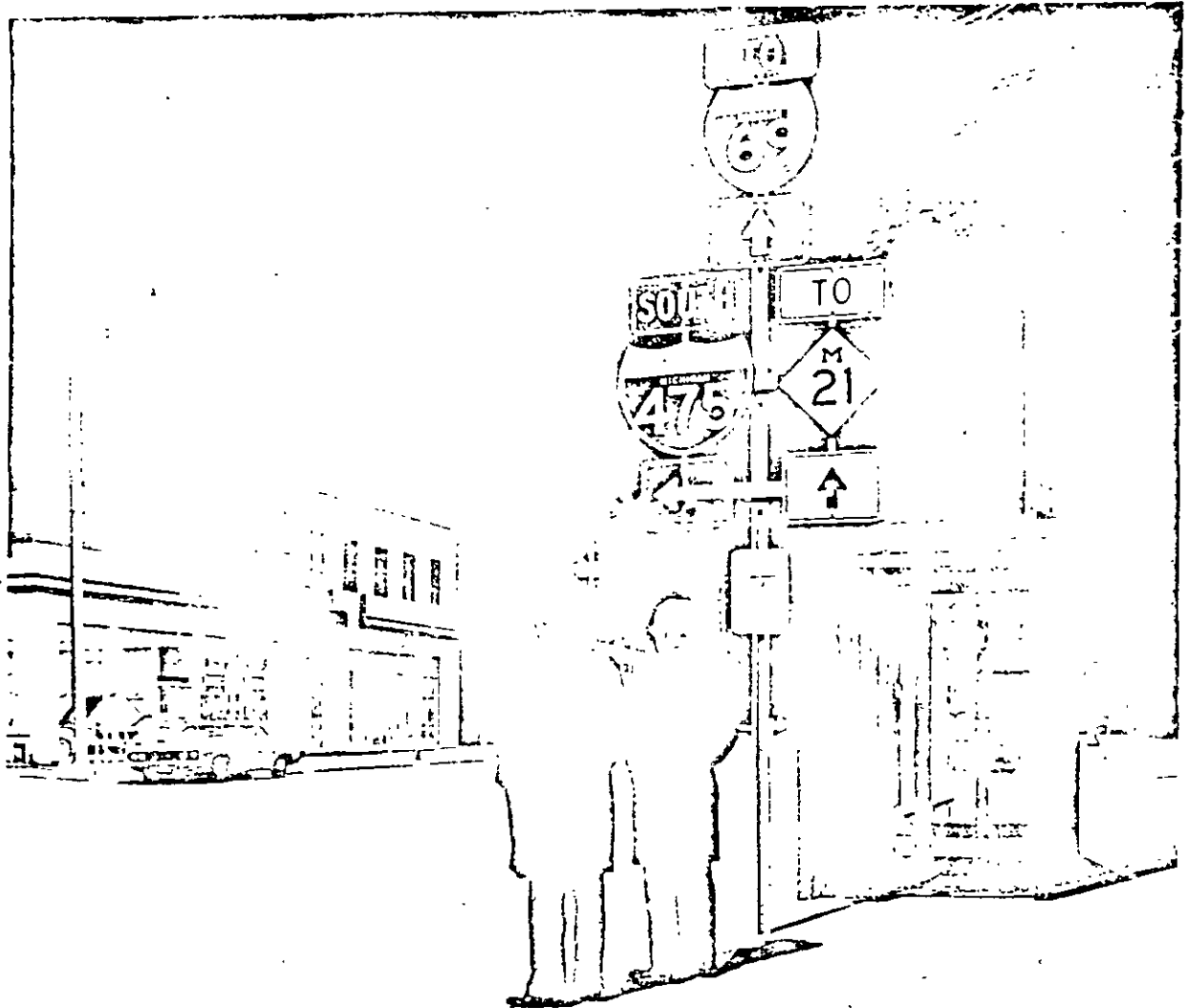
Pagina \_\_\_\_ de \_\_\_\_ Páginas  
 Fecha \_\_\_\_\_

**HOJA DE REGISTRO DE CAMPO PARA INVENTARIO DE CAPRETERAS**

<b>INFORMACION GENERAL</b>	1 No. DE PUTA _____ 2 DISCRITO PC _____ 3 No. DE SECCION _____ 4 CLASE DE CARRET. _____ 5 DIREC. DE VIAJE _____	6 LONGITUD TOTAL _____ 7 PUNTO DE INICIAL _____ 8 PUNTO FINAL _____ 9 VOL. DE TRANSITO _____ VPH 10 DE CAMIONES _____ REGIST _____
<b>CARACT. &amp; ABREV.</b>	POR No. DE CODIGO O ABREV. _____ COMIENZO LECTURA ODOM _____ FINAL DE LECTURA ODOM _____ ANCHURA A METRO OO MAS CERCANO _____ CONDICION POR No. DE CODIGO _____	FINAL ODOM _____ COMIENZO ODOM _____ LONGITUD DE SECCION _____
<b>PAVIMENTO</b>	No. LINEA   TIPO   ANCHO   COMIEN.   FINAL   COND.   No. LINEA   TIPO   ANCHO   COMIEN.   FINAL   COND.   No. LINEA   TIPO   ANCHO   COMIEN.   FINAL   COND.	
<b>ESPALDON</b>	TIPO   ANCHO   COMIEN.   FINAL   COND.   TIPO   ANCHO   COMIEN.   FINAL   COND.   TIPO   ANCHO   COMIEN.   FINAL   COND.	
L LADO IZQU R LADO DEP		
<b>PROTECCION DE ESCAPPE</b>	TIPO   ANCHO   COMIEN.   FINAL   COND.   TIPO   ANCHO   COMIEN.   FINAL   COND.   TIPO   ANCHO   COMIEN.   FINAL   COND.	
SCIP MUR DE RETENCION PT CUNETAS BORDE A CUNETAS CG		
<b>BARANDA</b>	TIPO   COMIEN.   FINAL   COND.   TIPO   COMIEN.   FINAL   COND.   TIPO   COMIEN.   FINAL   COND.	
<b>GDR</b>		
<b>MARCAS DEL PAVIMENTO</b>	TIPO   COMIEN.   FINAL   COND.   TIPO   COMIEN.   FINAL   COND.   TIPO   COMIEN.   FINAL   COND.	
PMK S SIMPLE D DOBLE E FILO		
<b>PATILLOS DE CARRETERAS -CG</b>	1- 2- 3- 0 1 2 3 SUBT 0 1 2 3 SUBT	
	TIPO	
	SUBT.	
<b>ALLANTARILLAS-CVT</b>	>12M <12M 0 1 2 3 SUBT 0 1 2 3 SUBT	
	TIPO	
	CAJA	
	SUBT.	
Espec. Puente -BRI Lugar del Accidente -ACL Intersec. INT	CAPACIT. LECT. ODOM COMENTARIOS CAPACIT. LECT. ODOM COMENTARIOS	



FIGURA 9-5 SEÑAL BIEN MANTENIDA



estos casos, la señal se debe reubicar o se debe despejar la vegetación y/u otras barreras. En cualquiera de estos casos, es importante consultar el Manual sobre Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (MUTCD) para asegurarse de que la ubicación llene los requisitos legales.

#### 9.2.4 Reparación

Los daños menores a las señales tales como pequeñas deformaciones, marcas de piedra o mutilaciones menores que no perjudican la legibilidad, se pueden reparar sin mover la señal de su soporte. Los revestimientos rotos se pueden repintar con la pintura de color adecuado. Las señales que tienen dañado el material reflector deben cambiarse.

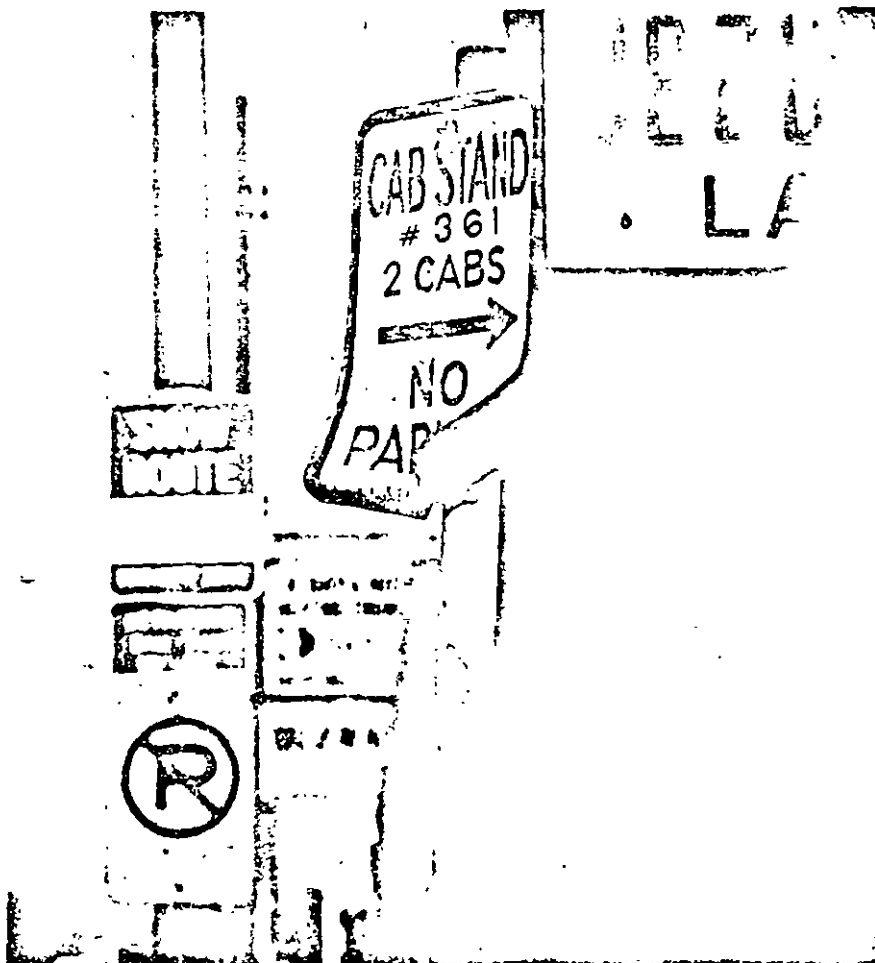
Las señales con daños en los reflectores se deben reparar en un taller de señales o en el campo, con la aplicación de una capa de revestimiento sobrepuesta. Cuando el soporte está dañado pero la señal sólo tiene un daño menor, instale un nuevo soporte y utilice la misma señal. La Figura 9-6, "Señal que Necesita Reparación", muestra una instalación de señal que necesita una reparación menor.

Cada taller de mantenimiento debe estar bien provisto de un número de señales estandarizadas, incluyendo postes, pernos, reflectores, pintura y otros elementos esenciales para facilitar la pronta reparación. Las señales pequeñas se pueden reemplazar por casi el mismo costo que las reparaciones extensas. Las reparaciones extensas se justifican económicamente para las señales grandes con reflectores, las cuales sirven de guías.

#### 9.2.5 Reemplazo

Es preciso reemplazar las señales cuando se ha dañado la legibilidad o la calidad de reflexión. Las señales muy dañadas o que han desaparecido, deben ser reemplazadas con prontitud. Las señales con reflectores se deben

FIGURA 9-6 SEÑAL QUE NECESITA REPARACION



reemplazar cuando la inspección nocturna indica que la calidad de reflexión ya no es efectiva.

A menos que el ingeniero de tránsito indique lo contrario, las señales deben reemplazarse en su posición original. Una señal montada en la tierra se debe colocar de manera que su cara anterior esté girada ligeramente más de dos o tres grados con relación a la perpendicular. Desde la dirección del tránsito, una señal reflectora se debe colocar de manera que su cara anterior esté a 93 grados por encima de la línea visual, como se muestra en la Figura 9-7, "Señal en Posición Correcta". Marque la fecha de instalación en la parte posterior de cada señal, usando tinta impermeable y cifras pequeñas.

#### 9.2.6 Cambio de Lámparas y Bombillos

El cambio de Lámparas y Bombillos de señales iluminadas es hecho por el personal de mantenimiento que haya recibido capacitación en electricidad y que esté bien familiarizado con la operación del equipo especializado necesario. (Ver la figura 9-8; "Iluminación de Calles"). Si se observa que una lámpara en una señal iluminada está fundida, el jefe de mantenimiento debe ser informado inmediatamente y un cambio de lámpara debe ser programado.

La clave de un buen programa de mantenimiento de señales es el llevar un buen sistema de registro e inventario. Entre otras cosas, este registro le permitirá a la agencia mantener, de una manera económicamente eficiente, una cantidad de señales de repuesto y así poder responder rápidamente a las necesidades de reposición. Generalmente, el inventario y registro de señales pueden ser mantenidos en formas como se muestra en la figura 9-1, "Inventario e Inspección de Señales". Luego, esta información puede ser usada para calcular el costo de las señales, la efectividad de un material específico y para indicar si es más económico el reparar o cambiar una instalación dada. Esto, junto con el Registro de Inspección de Señales, y las notas y apuntes de todos los días del apuntador de la cuadrilla pueden ser de mucho valor para la defensa en caso de reclamos legales infundados.

#### 9.2.7 Inspección de Torsión

Los soportes de algunas señales están contruidos con elementos con fricción de zafar los cuales reducen la fuerza del impacto cuando algún vehículo los golpea. Para funcionar correctamente, los soportes quebradizos se sujetan a sus bases mediante pernos y tuercas con torsión precisa. Por lo menos una vez por año se debe inspeccionar la torsión para asegurarse de que cumple con la Figura 9-9, "Torsión para Soportes de Señales".

La torsión se inspecciona removiendo cada tuerca, una a la vez. Se aplica un lubricante seco, como cera de abejas, a las roscas. Enseguida se reemplaza la tuerca y se ajusta con una llave de torsión hasta los límites especificados.

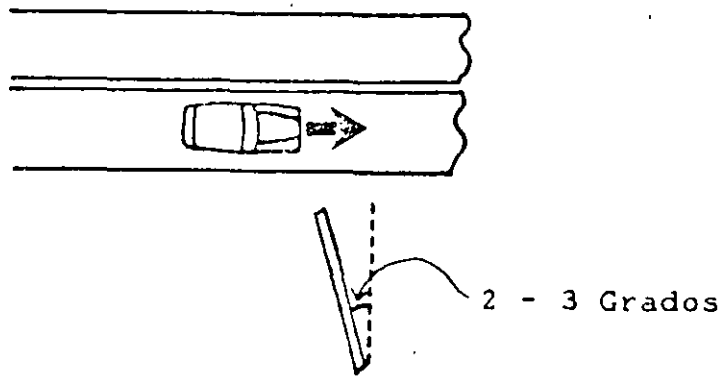
#### 9.2.8 Vandalismo

El problema del vandalismo no se puede dejar de considerar en un programa de mantenimiento de señales. La mutilación y la destrucción de señales van desde las rayas, disparos con armas de fuego y pintura, hasta el mismo robo

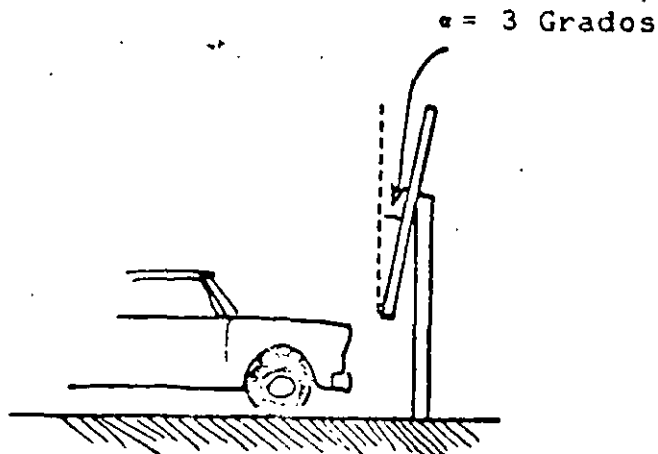
de la señal. Se calcula que cada año desaparecen por robo de un 3 a un 9 por ciento de todas la señales puestas. Para combatir el vandalismo, considere la inclusión de estos pasos en su programa de mantenimiento:

- o Emplee materiales que sigan desempeñando la función de señalización aunque se encuentren dañados. El sustrato de madera contrachapada reduce el efecto del daño causado por las balas.
- o Utilice elementos de ferretería resistentes al vandalismo para evitar que aflojen fácilmente la señal y se la lleven.

FIGURA 9-7 SEÑAL EN POSICION CORRECTA



MONTAJE EN TIERRA  
(Vista en Planta)



Señal Reflectora  
(Vista lateral)

FIGURA 9-8

ILUMINACION DE CALLES

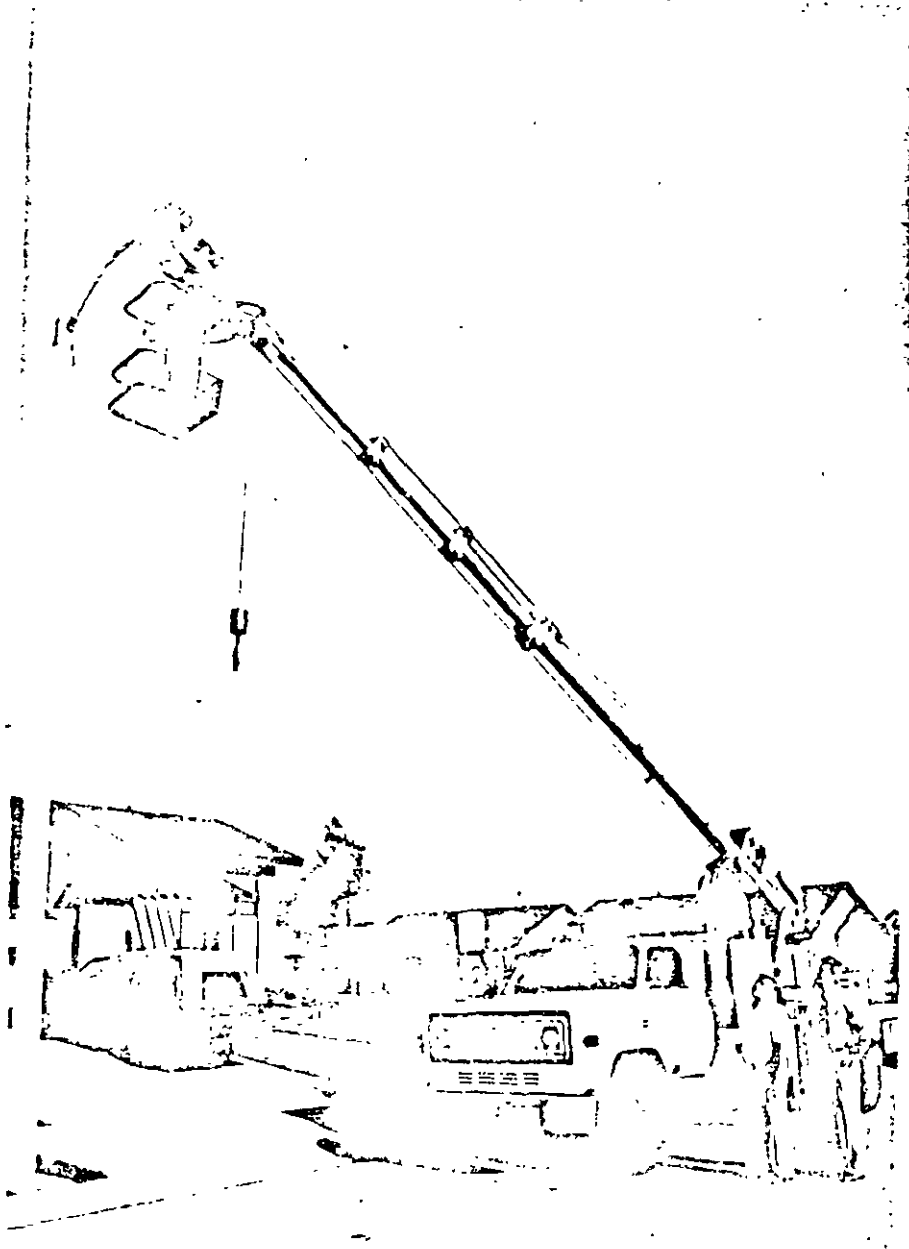




FIGURA 9-9 TORSION PARA SOPORTES DE SEÑALES

Diámetro del Perno	Alcance de Torsión		Alcance de Tensión
	Milímetros	Newton-metro	Kilogramos
13	23-34	200-300	460-625
16	51-77	450-680	790-1,180
19	85-120	750-1,060	1,090-1,630
22	96-145	850-1,280	1,090-1,630
25	107-160	950-1,420	1,090-1,630

NOTA: Es conveniente que la fuerza total de agarre no exceda los 4,535 kilogramos.

- o Utilice rodillos de anclaje o listones en la parte inferior del poste de señal para evitar que lo hagan girar o lo quiten.
- o Ponga las señales que deben estar cerca de la carretera a la mayor altura posible de montaje que sea práctica.
- o Ponga las señales a distancia del filo del pavimento usando el mayor desplazamiento lateral posible.
- o Ponga un emblema oficial en la señal para identificarla como implemento oficial. Esto ayudará a enjuiciar a los vándalos.
- o Ponga advertencias sobre vandalismo en todas la señales para que los vándalos en potencia conozcan las penas impuestas por la ley.

#### 9.2.9 Señales para Nombres de Calles

Las señales para nombres de calles se deben montar detrás de la línea del borde para que los vehículos no las golpeen, incluyendo los camiones muy anchos cuyas paredes se proyectan sobre las ruedas. Las señales se deben montar lo suficientemente altas para que los peatones y los ciclistas no se golpeen la cabeza. El poste o viga debe estar soldado a una lámina por debajo del suelo para evitar que hagan girar la señal. Las señales se deben inspeccionar frecuentemente para ver si son legibles y se deben reemplazar cuando sea necesario.

#### 9.2.10 Restricciones de Estacionamiento

Las restricciones de estacionamiento se deben poner donde se quiere que éstas estén en vigor. Las señales deben ser claramente visibles para el conductor que desea estacionar y ningún árbol ni arbusto las debe obstruir. Las señales se deben colocar de acuerdo con la ley local o estatal pertinente.

### 9.3 Marcas de Pavimento

Las marcas de pavimento son líneas centrales, líneas del borde, líneas de carril, símbolos, palabras y dibujos pintados o aplicados en el pavimento, los bordes y las obstrucciones. Su función es regular y advertir al tránsito o informar al conductor. Las marcas se hacen con una variedad de materiales cada uno de los cuales tiene un procedimiento de aplicación ligeramente diferente. Las marcas que trataremos en esta sección bajo el encabezamiento general de Material de Marcas de Pavimento, incluyen las siguientes: pintura, termoplástico, cintas de marcación preformadas, compuestos epóxicos, poliésteres y un conjunto de nuevas marcas experimentales. Luego se presentará una breve discusión sobre la colocación de fajas, marcadores elevados, fajas temporales de tránsito y remoción de fajas.

Al hacer el mantenimiento de las marcas es importante que el equipo de personal de campo esté consciente de que las fajas de marcación del tránsito y los marcadores de pavimento elevados deben tener uniformidad de diseño, posición y aplicación. Se deben ceñir en diseño y colocación a los estándares establecidos en el MUTCD. Cuando se desea una colocación diferente se debe obtener aprobación antes de repintar o reaplicar la marca, hacer la reparación individual o remover la marca. La Figura 9-10, "Faja de la Línea Central que necesita Reparación", presenta un deterioro típico que necesita atención.

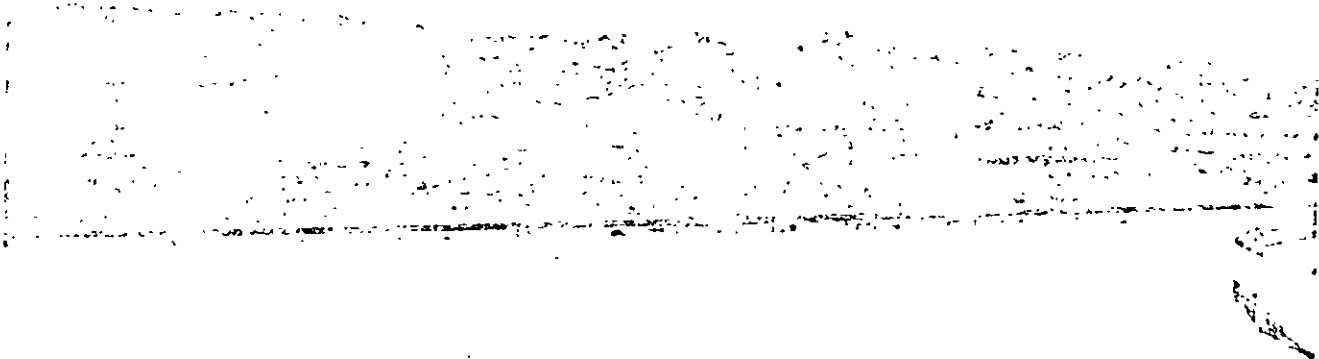
#### 9.3.1 Material para Marcar Pavimento

Entre las propiedades importantes del material para marcar pavimentos se incluyen la durabilidad, el costo, la facilidad de instalación y de mantenimiento y la visibilidad. Otras consideraciones que afectan la selección del material son la disponibilidad del equipo de instalación, el volumen requerido, la iluminación, el volumen y tipo de tránsito, el tipo de pavimento y su condición, el clima y las prácticas de mantenimiento. A través de los años las líneas reflectoras pintadas con cuentas de vidrio se han establecido como el tratamiento normal de marcación. Pero durante la última década numerosos materiales se han hecho disponibles. Cinco de ellos se utilizan ahora corrientemente o se consiguen fácilmente. Estos incluyen termoplásticos aplicados al calor, cintas preformadas, epóxicos de dos componentes, poliéster y termoplástico epóxico. No hay probablemente un material único que se puede considerar el mejor para cada instalación porque cada uno ofrece sus ventajas en ciertas condiciones. Si se consideran las propiedades materiales y otros factores mencionados, se puede hacer una buena selección para un sitio o programa de marcación dados.

#### 9.3.2 Pintura de Tránsito

Con el mayor tiempo de uso, la pintura es el material más empleado en términos de kilómetros de carreteras marcadas. Los ingredientes incluyen el vehículo de la pintura (álkido, álkido modificado, caucho clorinado o base de agua), el solvente, el pigmento y los glóbulos reflectores de vidrio. También se está utilizando una nueva familia de pinturas con "altos sólidos", las cuales consisten en fórmulas revisadas de álquidos modificados o cauchos clorinados. Tanto el material de base utilizado como el tiempo de secamiento afectan la durabilidad, la cual es generalmente la

FIGURA 9-10 FAJA DE LA LINEA CENTRAL QUE NECESITA REPARACION



más breve de todos los materiales para marcar. A pesar de su corta duración, el más bajo costo inicial y la facilidad de instalación garantizan la amplia utilización de la pintura.

### 9.3.3 Termoplástico

Los materiales termoplásticos se han usado durante varias décadas y, después de la pintura, probablemente gozan de la mayor popularidad. El nombre común "termoplástico" realmente describe la propiedad física del material para fundirse a una temperatura elevada y de solidificarse al enfriarse. Los materiales de marcación termoplásticos incluyen varios componentes -- adherente de resina, pigmentos, glóbulos de vidrio y llenante de carbonato de calcio. El adherente de resina -- el componente que se funde al calor -- es una combinación de varios productos químicos seleccionados y mezclados para obtener el conjunto de propiedades deseadas al mejor precio posible. Generalmente las resinas han sido álkidos (derivados de alcoholes) o hidrocarburos (derivados del petróleo), y la selección se relaciona generalmente con los precios de la materia prima. Aunque se ha indicado que los álkidos tienen mayor durabilidad, existen otras evidencias disponibles de que ambos pueden proporcionar un buen comportamiento.

El termoplástico se instala por calentamiento -- usualmente alrededor de 450 grados F (232 grados C) en una marmita enchaquetada y luego se aplica

el material fundido al pavimento (donde se enfría rápidamente y se solidifica) mediante aspersión o por un implemento de extrusión. El equipo para la aplicación varía desde vagones pequeños de tracción manual hasta grandes guarniciones automáticas montadas en camiones. La utilización de los procedimientos de aspersión y extrusión es amplia y la selección depende del material que se va a aplicar, del grosor de la línea y de otros factores. El grosor varía de 30 a 90 milipulgadas (0,76 a 2,3 mm) para las líneas rociadas y hasta 125 milipulgadas (3,2 mm) para las líneas extruidas.

La instalación correcta es crítica para lograr un buen servicio. Las temperaturas del material y del pavimento deben encontrarse en los rangos correctos para obtener una buena adhesión y el equipo debe estar en buen estado y se debe operar correctamente. El mayor costo del termoplástico puede estar más que recompensado por su durabilidad -- frecuentemente se mantiene en buenas condiciones por más de 10 años. Por otra parte, las líneas de las áreas con mucho tránsito se desgastan en un año. En algunas agencias se piensa que la mejor aplicación de termoplástico o cinta (que se trata más adelante) es en una superficie que requiere pintura tres o más veces al año.

#### 9.3.4 Cintas de Marcación Preformadas

Producidas en una fábrica y despachadas para el sitio de trabajo en rollos listos para la aplicación, las cintas de marcar consisten en un adhesivo de resina, pigmento, glóbulos de vidrio, llenantes y un adhesivo agregado a la parte posterior de la cinta para que se puedan adherir al pavimento. Una capa superficial de glóbulos de vidrio también se puede agregar para proporcionar reflectividad inicial y se puede emplear un soporte de papel para proteger el adhesivo. Actualmente se dispone de diversos grados de cinta. Algunos están destinados para el uso temporal en las áreas de construcción y después de su uso se quitan. Otros están destinados para la instalación permanente.

Las cintas preformadas se aplican por dos técnicas diferentes. En el método preferido de colocación interna se ponen sobre un nuevo pavimento asfáltico cuando éste está todavía caliente y se presionan parcialmente en la superficie mediante un rodillo de pavimento. Este método ayuda a garantizar una buena adhesión y protege los bordes de la cinta del tránsito y de los limpianieves. En el método de colocación sobrepuesta en pavimentos existentes, la cinta se pone en la superficie y se apisona mediante una llanta de vehículo. Se puede emplear un adhesivo para aumentar la adhesión inicial. Para las cantidades considerables de fajas longitudinales, generalmente se emplea una máquina de aplicación para poner y apisonar la cinta.

Las cintas preformadas presentan el mayor costo inicial entre los materiales de marcación, lo cual se puede ver recompensado por la excelente durabilidad y la especial resistencia a la abrasión. En las áreas que necesitan pequeñas cantidades, particularmente en condiciones severas que requieren reemplazo frecuente, las cintas presentan una ventaja considerable en comparación con los materiales menos costosos a causa de su facilidad de instalación y de reparación, que no requiere equipo.

### 9.3.5 Epóxicas

Los compuestos epóxicos, una familia de resinas químicas, son más conocidos como adhesivos (pegantes) de dos componentes, mezclados en una proporción establecida cerca del punto de utilización y que reaccionan para formar una resina sólida. Las resinas epóxicas poseen excelente adhesión, lo que las hace teóricamente adecuadas para marcar pavimentos. Sin embargo, la necesidad de mezclar los dos componentes en proporciones precisas cerca del punto de aplicación, ha impedido el desarrollo de un material epóxico de marcación práctico, a causa de su limitada duración en el tarro. Ahora existen dos sistemas disponibles que usan epóxicos pigmentados. El primero, llamado "de mezcla interna", se desarrolló durante la década pasada y utiliza un epóxico de dos componentes de relativa rapidez de reacción, que se mezclan dentro del equipo de aspersión, muy cerca de las pistolas de aspersión. El material se aplica con un espesor de 15 milipulgadas (0,4 mm) y se inunda con glóbulos de vidrio para proporcionar reflectividad y disminuir el tiempo de "no paso" a 2-3 minutos en condiciones ideales.

El segundo sistema de dos componentes epóxicos se mezcla "externamente" por fuera del equipo de aplicación, antes de cargar en el camión de aspersión o en el tanque de retención. El componente activador contiene una gran proporción de metil-etil-cetona, un solvente industrial común, el cual bloquea la reacción epóxica. Al sellar el material mezclado en el tanque, se logra una duración hasta de 10 días, lo que permite la aplicación con equipo convencional de pintura. Durante el proceso de marcación la mezcla se calienta hasta aproximadamente 140 grados F (60 grados C) en el calentador de pintura y cuando se asperja a esta elevada temperatura, el solvente se evapora y deja que el epóxico se fije. El costo instalado de este material puede ser menor al del material de "mezcla interna" ya que se requiere menos equipo especializado.

### 9.3.6 Poliésteres

Los poliésteres, otra familia de resinas, también se consiguen como dos componentes. Aunque los compuestos epóxicos normalmente se usan en una proporción de 1:1 a 3:1, los materiales marcadores de poliéster usan sólo 2 o 3 por ciento de endurecedor por volumen. A causa de la pequeña proporción de endurecedor, se usa un sistema externo de mezcla por aspersión con dos abanicos con sistemas de aspersión separados que se mezclan en la superficie del pavimento. Este material también se aplica a 15 milipulgadas (0,4 mm) y se inunda con glóbulos de vidrio, pero exige el mayor tiempo sin tránsito -- 10 a 15 minutos en condiciones normales -- de manera que se necesitan conos para proteger la línea. La experiencia inicial con este material ha demostrado una excelente duración de servicio con un costo relativamente bajo.

La aplicación implica el uso de un camión de pintura modificado. Se adiciona un segundo sistema de aspersión para el endurecedor, el cual es un agente oxidante muy activo que requiere una manipulación cuidadosa por parte de personal capacitado. El tanque y las líneas de aspersión se deben construir de materiales resistente a los solventes fuertes.

### 9.3.7 Fórmulas Experimentales

Hay otras resinas y fórmulas en desarrollo. Muchas de ellas son lo suficientemente promisorias para justificar la aplicación y evaluación experimentales. Dicha evaluación debe comparar el material actualmente utilizado con el material que se va a evaluar, en una superficie de pavimento común, en condiciones reales de campo.

### 9.3.8 Colocación de Fajas

Las fajas y otras marcas de pavimento se deben renovar cuando la legibilidad y la efectividad se han reducido considerablemente. Se deben renovar rutinariamente junto con otras operaciones de mantenimiento para minimizar las molestias al tránsito. Antes de volver a aplicar pintura o termoplástico, hay que tener la superficie del pavimento seca y libre de suciedad y grasa.

El primer paso para la colocación de fajas en un pavimento nuevo es fijar la posición donde se va a colocar la faja. Cuando la alineación de la carretera está en una tangente, se localizan puntos en la línea central a aproximadamente unos 400 pies (125 m) de intervalo de distancia. Se estira bien una cuerda de nylon de 1/4 de pulgada a 5/16 de pulgada (6 a 8 mm) de diámetro, un poco más larga que 400 pies (125 m), entre los puntos de la línea central. Utilizando la cuerda como guía, se marca temporalmente la superficie a intervalos de aproximadamente 5 pies (1,5 m). Las marcas temporales se pueden hacer con cinta de marcar o pintura de aerosol o utilizando pintura corriente y una brocha de pintar de mango largo. Las marcas temporales deben ser lo suficientemente pequeñas para que la faja de tránsito las cubra.

Donde se encuentran las curvas de alineación del camino, se hacen puntos en la línea central al comienzo y al final de la curva y en puntos intermedios de aproximadamente 50 pies (15 m). En este caso se coloca la cuerda primero en la superficie del camino por fuera de los puntos de la línea central. Una persona sujeta la cuerda en un extremo de la curva en tanto que otra persona en el extremo opuesto hala de la cuerda hasta que esté en los puntos de la línea central. Después de hacer una inspección visual para asegurarse de que no haya irregularidades de alineación en la cuerda, se ponen marcas temporales a 5 pies (1,5 m) de distancia.

En curvas prolongadas, el proceso se debe repetir hasta marcar toda la curva.

Cuando los obreros están trabajando donde hay tránsito, deben protegerse por medio de señalización, bandereros, cierre de carriles y chaquetas de alta visibilidad como se describe en el Manual de Dispositivos Uniformes (MUTCD).

Los pavimentos que tienen una superficie nueva se marcan poniendo una línea temporal de desplazamiento (línea de goteo) en el espaldón más allá del área que tiene la nueva superficie, antes de colocar la capa. La línea de desplazamiento se coloca con el marcador equipado con un brazo de goteo.

A medida que el marcador sigue la vieja faja, se deja salir una pequeña cantidad de pintura del brazo goteador. Después de colocar la nueva

superficie, el marcador pinta la línea, utilizando la línea de desplazamiento como guía en la superficie nueva, directamente sobre la línea vieja.

Donde la línea de tránsito ha sido borrada por la reafirmación de la superficie, se ponen líneas temporales gruesas, cinta de marcar, o líneas de goteo para que sirvan al tránsito mientras se cura la superficie y se puede poner una faja estándar. Las marcas temporales nunca deben aplicarse con más de 3 pulgadas (76 mm) de ancho de manera que se cubran completamente cuando se pinte la línea permanente.

La ubicación de las marcas de pavimento debe estar de acuerdo con las direcciones del ingeniero de tránsito.

El método de aplicación debe incluir la mejor práctica recomendada por el fabricante del material de fajas, por el fabricante de la máquina para marcar pavimentos y la práctica recomendada en la localidad involucrada.

### 9.3.9 Marcadores Elevados de Pavimento

Los marcadores elevados se utilizan para delinear las líneas de carril como se muestra en la Figura 9-10, "Marcadores Elevados de Pavimento". Los marcadores se deben inspeccionar rutinariamente y cuando la pérdida de marcador no-reflector llega al 50 por ciento en aproximadamente 300 pies (100 m) o cuando se han perdido dos marcadores reflectores sucesivos o estos no son efectivos, debe programarse un reemplazo.

La superficie de vía a la cual se adhiere el marcador debe estar libre de suciedad, grasa, aceite, humedad, capas flojas o dañadas, pintura y cualquier otro material que pueda perjudicar el ligamiento del adhesivo. No es necesario limpiar con un chorro de arena las superficies de asfalto limpias y recientemente colocadas. Otras superficies pueden necesitar esta limpieza. El adhesivo se coloca uniformemente en la superficie limpia, o en el fondo del marcador, en una cantidad que cubra completamente el área de contacto. Fíjese que no haya vacíos y que solamente haya un ligero exceso de adhesivo después de presionar el marcador en su lugar. Después de presionar el marcador en su lugar, se debe quitar inmediatamente el exceso de adhesivo alrededor del borde o sobre la superficie expuesta del marcador. Se pueden emplear trapos suaves humedecidos con kerosene. El marcador se debe proteger contra el impacto hasta que se haya endurecido el adhesivo; se debe consultar al fabricante acerca del tiempo necesario. El control de tránsito y la protección de los marcadores son similares a los de las operaciones de colocación de fajas.

Cuando el adhesivo de Tipo Estándar se mezcla manual o mecánicamente, todos los marcadores se deben alinear y presionar en sus lugares dentro de los 5 minutos siguientes al comienzo de la mezcla. Cuando se mezcla manualmente adhesivo de Tipo Estándar, no se debe mezclar más de un litro al mismo tiempo. No use una tanda mezclada que se haya puesto tan viscosa como para que el adhesivo no se pueda extruir fácilmente debajo del marcador cuando se ejerza una ligera presión sobre éste.

Cuando se utiliza el adhesivo de Tipo de Fijación Rápido, los componentes se mezclan con un aparato de mezcla y extrusión automática de dos componentes. Los marcadores se colocan dentro de los 60 segundos siguientes a la

FIGURA 9-11 MARCADORES ELEVADOS DE PAVIMENTO



mezcla y extrusión del adhesivo y no se deben hacer más movimientos con el marcador.

El adhesivo de Tipo de Fijación Estándar no se debe usar cuando la temperatura del pavimento o del aire es menor a 50 grados F (10 grados C). El tipo de Fijación Rápida no se puede usar cuando la temperatura del pavimento o del aire es menor de 32 grados F (0 grados C). Los marcadores se deben poner en sus lugares cuando la humedad relativa es menor al 80 por ciento y cuando la superficie del pavimento está seca.

**PRECAUCION:** Los adhesivos causan graves irritaciones en la piel si no se toman las precauciones adecuadas; utilice guantes y cremas protectoras en las manos. Si hay contacto con la piel, lave bien con jabón y agua; no use solventes. El tolueno se puede usar para limpiar las herramientas y el equipo. Como el solvente es volátil, se debe tener siempre presente el equipo de protección contra incendios.

Los marcadores reflectores se colocan de manera que la cara reflectora del marcador sea perpendicular a la línea central de la vía. No se deben colocar sobre juntas longitudinales o transversales. Los marcadores de pavimento elevados se deben reemplazar rutinariamente junto con otras operaciones de mantenimiento para minimizar las molestias al tránsito.



### 9.3.10 Supresión de Franjas .

Las fajas de tránsito temporales o líneas de carril que no tienen ya utilización práctica se deben quitar. Las fajas de pavimento inapropiadas para el flujo actual de tránsito confunden a los conductores. Durante las horas nocturnas y algunas veces durante el día, las marcas de carril obsoletas no se pueden diferenciar de las marcas de carril correctas y pueden originar accidentes.

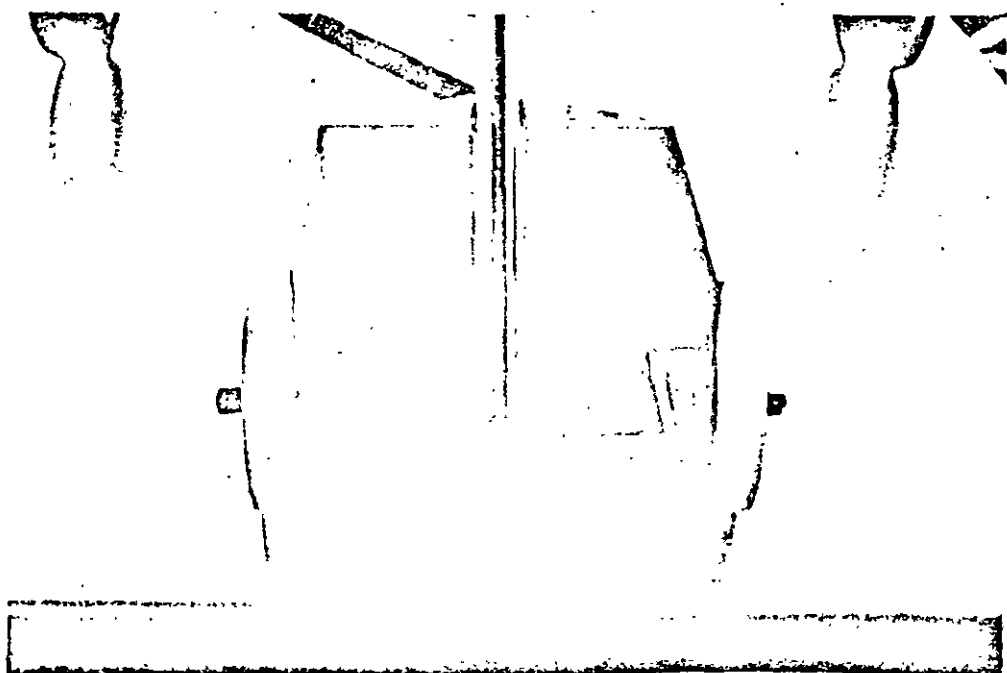
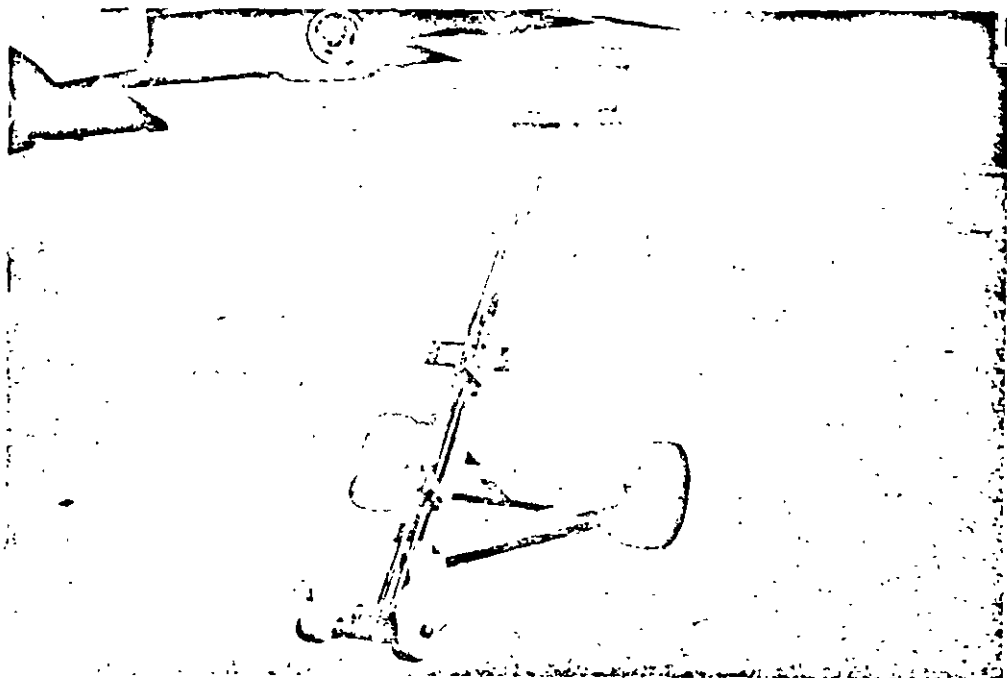
Algunas cintas de marcar están diseñadas para su remoción mediante el simple despegamiento de la superficie de la carretera. Existen numerosos métodos disponibles para la remoción de fajas de pintura, éstos incluyen removedores químicos de pintura, limpieza con chorros de arena, chorro de agua a alta presión, trituración, limpieza con chorros de agua y quema a alta temperatura. Sin embargo, ningún método parece ser superior para ser utilizado en todas las condiciones.

La quema del material de la faja en un ambiente con exceso de oxígeno constituye un método satisfactorio y económico para quitar longitudes considerables de faja de tránsito. El quemador que se emplea para este método consta de dos boquillas montadas en tándem como se muestra en la Figura 9-12, "Removedor de Fajas con Exceso de Oxígeno". La primera boquilla quema oxígeno y propano; la segunda boquilla sólo proporciona oxígeno. El exceso de oxígeno crea temperaturas en las llamaradas que varían entre 3100 y 3300 grados F (1.700 y 1.890 grados C). Los tanques de propano y oxígeno se transportan en un volquete que deben acompañar al quemador. Los operarios del quemador de exceso de oxígeno deben estar capacitados para ajustar la mezcla de propano-oxígeno, determinar las tasas de remoción apropiadas y determinar si quieren 2 o más pasadas del quemador.

La limpieza con chorros de arena es otro método de éxito para remover longitudes considerables de fajas de tránsito. Este método requiere la utilización de un compresor de aire capaz de producir 300 libras por pulgada cuadrada ( $21 \text{ kg/m}^2$ ) por minuto, una o más marmitas de arena para el almacenamiento de arena y mangueras con una o más boquillas. Los operarios del equipo de limpieza con chorros de arena deben estar capacitados para quitar solamente el material necesario para borrar la faja. La remoción en exceso es costosa y deja la apariencia de faja. Las boquillas se deben mantener en un ángulo de aproximadamente 45 grados y a aproximadamente 6 pulgadas (150 mm) de la superficie. Sólo la arena seca, angulosa y limpia es eficiente. Los operarios de las boquillas de chorro de arena deben usar un equipo de protección que conste de implementos respiratorios, gafas protectoras o casco especial y tapones para las orejas.

Una capa ligera de emulsión con arena borra temporalmente una faja de tránsito; sin embargo, se debe efectuar la remoción permanente tan pronto como sea posible. Nunca borre las fajas de tránsito con pintura de tránsito negra ya que la pintura negra se desgasta y deja visible la faja original.

FIGURA 9-12 REMOVEDOR DE FAJAS CON EXCESO DE OXIGENO



#### 9.4 Semáforos

Los Semáforos son aparatos eléctricos para el control del tránsito que lo dirigen alternadamente para detenerse o seguir. El propósito es obtener una asignación ordenada del derecho de vía a los diversos movimientos del tránsito en las intersecciones de carreteras y calles.

El propósito de un controlador es, como su nombre lo indica, controlar una o más intersecciones. Un controlador local puede operar de una de dos maneras: de manera aislada, por la cual controla ya sea una sola intersección o dos o más intersecciones cercanas entre sí; o de manera sistemática por la cual varias intersecciones están conectadas a un controlador maestro para proporcionar progresión a una calle o calles.

Aunque existen diversas variaciones en el diseño de los diferentes tipos de controladores, se pueden clasificar básicamente, como sigue:

- o Controladores con período preestablecido
- o Controladores semiaccionados
- o Controladores totalmente accionados
- o Controladores de volumen-densidad
- o Controladores de minicomputadora o microprocesadora

Cada uno de estos tipos puede operar como controlador aislado en un sistema de control interconectado.

La agencia que mantiene los semáforos debe emplear técnicos calificados para inspeccionar, mantener y ajustar los controladores. El ingeniero de tránsito es responsable de la determinación del período y de la fijación de los controladores, y la agencia de mantenimiento es responsable de operar el controlador de acuerdo con las instrucciones del ingeniero de tránsito. Se requiere coordinación y cooperación entre la unidad de mantenimiento y el ingeniero de tránsito para obtener un funcionamiento correcto en la regulación del tránsito.

Debe hacerse una inspección detallada a intervalos de 30 días para determinar la operación correcta de los controladores y semáforos. Esta inspección debe incluir reelevadores, contactos, circuitos de alambres, interruptores de circuito, atenuadores eléctricos, detectores de circuitos cerrados, etc. Todas las inspecciones de mantenimiento o reparaciones de semáforos deben ser registradas. Los registros de oficina deben incluir los siguientes datos estadísticos:

- o Tipo y número de semáforos y controladores
- o Equipo de iluminación en cada localidad
- o Fecha de instalación

- o Tipo y fecha de cualquier problema
- o Quién informó sobre el problema, y
- o Quién hizo la reparación y magnitud de las mismas

Los controladores electromecánicos de período fijo se deben acondicionar cada año. Los controladores electromecánicos accionados por el tránsito se deben acondicionar cada 6 meses.

El Departamento de Tránsito aprueba las instalaciones de semáforos, prepara las especificaciones y debe mantenerse informado de cualquier dificultad de operación encontrada con cierto tipo de equipo. Esta información puede producir un cambio o revisión de las especificaciones para el equipo y la eliminación de problemas futuros. La programación del período de los semáforos siempre debe ser determinada por el Departamento de Tránsito.

Los semáforos accionados por el tránsito deben operar 24 horas al día. Cuando lo autoriza el ingeniero de tránsito, los semáforos de período fijo se deben dejar intermitentes durante la noche cuando el volumen del tránsito no justifica su plena operación. Los semáforos siempre se deben operar de manera que los conductores estén conscientes de su presencia.

Las bombillas de los semáforos se deben reemplazar dentro de un programa de reemplazo en grupo calculado para considerar la duración programada de la bombilla a la frecuencia de operación actual. La duración efectiva de las bombillas usadas en condiciones extremas de ambiente u operación pueden acortarse y por esto el reemplazo de bombillas se debe ajustar apropiadamente. El reemplazo en grupo al 60 por ciento de la duración programada de las bombillas es recomendable; los calendarios de reemplazo que superan el 75 por ciento de la duración programada de la bombilla no son recomendables. Las bombillas de los semáforos se deben reemplazar con aquellas que cumplan con los estándares del Manual de Aparatos Uniformes (MUTCD).

Los siguientes artículos deben ser incluidos en un programa de mantenimiento preventivo para semáforos:

- o Contactos -- Inspeccione si hay quemaduras. Si los contactos comienzan a picarse, desconecte el relevador y recubra o reemplace los contactos.
- o Electromagneto -- Inspecciones que la operación sea sólida. El ruido de los magnetos puede ser producido por bajo voltaje en las terminales de la bobina, por materias extrañas en la faz del núcleo o corrosión en la clavija de la bisagra.
- o Circuitos Eléctricos -- Haga la prueba de Megohm (megger) a los circuitos y ajuste los tornillos terminales. Inspeccione si los empalmes son impermeables y haga las reparaciones necesarias para obtener lecturas correctas en la prueba de megger.
- o Controles Fotoeléctricos -- El acondicionamiento de las unidades de control fotoeléctricas debe comprender la limpieza de cada unidad y bruñido de los contactos, el examen cuidadoso del conjunto de la

pila fotoeléctrica y el reemplazo o ajuste de los componentes que estén flojos. Los interruptores de la pila fotoeléctrica se deben calibrar para encenderse a aproximadamente 15 lux y apagarse a aproximadamente 25 lux. Se debe reponer la conductividad original de cada circuito. Los conductores que tienen el aislamiento en mal estado o dañado se deben reemplazar.

- o Interruptores de Circuitos -- Los dispositivos de sobrecorriente, como interruptores de circuito, protectores de ondas, interruptores de fugas de corriente (excepto fusibles) se deben activar encendiéndolos y apagándolos varias veces para asegurar una correcta operación.
- o Postes -- Inspeccione la verticalidad con la plomada si hay deterioro y cubiertas flojas o faltantes de los agujeros de acceso; pinte si es necesario.
- o Pescante -- Inspeccione si hay deterioro por deformación.
- o Alambres del Tramo Aéreo -- El pandeo se puede corregir ajustando los tensores posteriores. La cantidad de pandeo generalmente no tiene importancia siempre que la cabeza del semáforo permanezca en la posición correcta todo el tiempo y esté dentro del rango de altura prescrito sobre la carretera. Los alambres con cordones quebrados se tienen que reemplazar.
- o Tensores y Conexiones - Inspeccione si están tensos o si hay señales de deformación; inspeccione la condición del insulador y el desgaste en las argollas y clavijas.
- o Anclajes -- Inspeccione si hay movimiento; inspeccione las guardas si se trata de un área peatonal.
- o Cajas de Empalmes Aéreos -- Inspeccione la impermeabilidad y la corrosión; las espiras de lluvia deben tener la posición correcta.
- o Cabezas del Semáforo -- Inspeccione la altura con relación a la vía y desgaste del hangar, frotamiento, desgaste de cables y daño causado por el clima: asegúrese que la dirección es la correcta y que los visores y rejillas de ventilación estén en la posición correcta. Inspeccione si hay alguna unidad verde en conflicto.
- o Cajas de Paso -- Inspeccione la conexión a tierra y quite el cieno de la caja; inspeccione los empalmes de los conductores; inspeccione si hay evidencia freática.
- o Atenuadores Detectores y Espiras -- Inspeccione las cubiertas de los atenuadores para ver si hay señales de desgaste; inspeccione las espiras y conductores con respecto a enterramiento y conductividad; haga la prueba de megger a las espiras; inspeccione la protección contra rayos en los terminales de los conductores.
- o Sistema de Vía Peatonal -- Inspeccione si funciona correctamente, incluyendo las señales de pulsadores.

- o Gabinete de Control -- Inspeccione la conexión a tierra y la impermeabilidad; quite el polvo con una aspiradora; inspeccione ventilaciones y abanicos para asegurarse de que éstos funcionan correctamente.
- o Reemplazo de bombillas -- Las bombillas se deben reemplazar con regularidad para minimizar la quema. En el momento de cambiar la lámparas, los reflectores, luces de lenteja y cabezas deben recibir una buena limpieza. La limpieza se puede efectuar con agua y jabón, baño ultrasónico o detergente comercial aplicado con un tarro aspersor.

## 9.5 Iluminación de Calles e Iluminación de Señales

La iluminación de calles y de señales se proporciona para mejorar la visibilidad durante los períodos de oscuridad y para promover la utilización segura y eficiente de las instalaciones especiales de la carretera. Las instalaciones de iluminación poseen numerosos puntos vulnerables los cuales, si no se inspeccionan y no reciben mantenimiento, harán que las instalaciones sean inefectivas. Las lámparas se pueden fundir o su iluminación se puede reducir considerablemente por causa de la acumulación de suciedad en las cubiertas de vidrio o reflectores. Estos problemas se pueden disminuir mucho mediante un programa de reposición de lámparas y de limpieza, los cuales se discuten en la dos primeras subsecciones. Como las señales de tránsito, las luces de la calle poseen numerosos componentes eléctricos que se deben inspeccionar y mantener rutinariamente. La tercera subsección presenta una lista de inspección general en tanto que la cuarta subsección presenta algunas pautas de inspección y mantenimiento para elementos específicos del sistema de iluminación. La subsección final trata acerca de las consideraciones especiales de la iluminación en mástiles altos.

Es imprescindible tener un enfoque sistemático para el mantenimiento de la iluminación de las calles. Muchas agencias han tenido éxito creando un inventario completo de su iluminación, trazando mapas de los sitios y de sus elementos y registrando datos específicos de cada instalación en tarjetas de anotación. La información que se debe registrar incluye lo siguiente: tipo de luz, fabricante, información sobre tamaño, edad de la instalación, duración de diseño de la lámpara, fechas de cambio de las lámparas, etc. Dicha información puede ser invaluable en la programación de cambios globales de lámparas e inspecciones de rutina. También será una ayuda para optimizar el inventario de las piezas de repuesto necesarias para un mantenimiento rápido y eficiente.

Si un sistema de iluminación y sus componentes se pueden estandarizar, será posible tener una menor variedad de piezas individuales en un inventario de piezas de repuesto, lo que hará más fácil su control. Ejemplos de repuestos que se consideran imprescindibles incluyen: balastos, luces, lámparas, vidrios varios, controles fotoeléctricos, postes y pescantes.

Aunque algunas inspecciones se pueden dejar en manos de personas con diversa capacitación, gran parte del mantenimiento demanda un técnico

electricista capacitado que esté completamente familiarizado con los requerimientos de mantenimiento del equipo. Generalmente, estos técnicos reciben parte de su capacitación de parte del fabricante. Ellos deben estar completamente familiarizados con todos los peligros posibles en este tipo de mantenimiento. Las inspecciones rutinarias programadas se pueden complementar con personal de otras agencias, especialmente de seguridad pública, para informar sobre lámparas apagadas y otras irregularidades del funcionamiento.

#### 9.5.1 Reemplazo de Lámparas

Existen dos estrategias con respecto al reemplazo de lámparas. Las lámparas se pueden reemplazar cuando se apagan, lo que supone que el sistema de información es bueno y que hay suficiente flexibilidad para responder rápidamente a los informes. Dicho enfoque puede requerir trabajo nocturno y sin considerar la rapidez de respuesta del personal, siempre habrá algunas horas de oscuridad. Un enfoque alternativo consiste en el reemplazo en grupo lo que quiere decir que se reemplazan todas las lámparas de un área dada o en un circuito, a intervalos regulares. El intervalo depende de la duración programada de la lámpara, la que es publicada por el fabricante. La duración de una lámpara se basa en las pruebas de duración de la lámpara particular operada a un voltaje y corriente dados. Aunque es imposible hacer que las lámparas iluminen durante un número de horas exacto, los fabricantes modernos pueden producir grupos de lámparas en los cuales la mayoría de ellas tendrá una duración razonablemente parecida a la diseñada.

El reemplazo en grupo ofrece varias ventajas. Reduce la frecuencia de los apagones de lámparas, disminuyendo por ende el costo de mantenimiento, y la iluminación se mantiene próxima a los niveles iniciales. Además, un programa como este incluye generalmente cualquier lámpara incandescente en circuitos en serie que operen con filamentos parcialmente acortados. Dichas lámparas producen una luz menor y continúan su operación mucho más allá de la duración diseñada. Dichas lámparas pueden continuar alumbrando, sin ser detectadas, por largos intervalos, posiblemente durante años. En un sistema de reemplazo en grupo, organizado correctamente con respecto a la frecuencia, los apagones intermedios se pueden reducir a un 5 por ciento anual, lo que significa un nivel de servicio aceptable. Otra ventaja del reemplazo en grupo es que las cuadrillas pueden trabajar durante el día cuando los circuitos no contienen energía.

El cambio de las lámparas se debe programar de manera que cada fuente de luz reciba una lámpara nueva y que el sistema reciba una inspección cíclica. Las lámparas fluorescentes y de halido se reemplazan cada dos años en un programa de reemplazo rutinario. Las lámparas de vapor de sodio se reemplazan cada dos años y medio o cada tres años, y las de mercurio cada cinco años (con base en bombillas programadas para 24.000 horas). Otras lámparas se deben reemplazar al cumplirse el 90 por ciento de su duración programada.

Sin considerar el método de reemplazo seleccionado, se deben precisar dos puntos acerca del reemplazo. Primero, cuando se presta servicio a cualquier sistema de iluminación, especialmente si se trata de lámparas de vapor de sodio de alta presión, el circuito eléctrico se debe apagar y cerrar. Segundo, se debe iniciar un programa de eliminación, por seguridad, de las viejas lámparas de vapor de mercurio, ya que el mercurio en una lámpara

descartada puede presentar un peligro ambiental cuando se quiebra en un montón de chatarra.

#### 9.5.2 Limpieza

Las unidades de iluminación de vidrio se deben limpiar regularmente; de otro modo, la continua acumulación de contaminantes se cocinará en la superficie de la lámpara a causa del calor de ésta. Esto forma una capa que reduce la iluminación y que no se puede quitar por métodos ordinarios. El humo industrial y las evaporaciones de los vehículos en las vías de mucho tránsito pueden hacer necesario el establecimiento de áreas localizadas para hacer la limpieza más frecuente. La excesiva acumulación de contaminantes en o dentro de los refractores de vidrio también puede causar un calor anormal que puede producir cuarteos por impacto térmico. Las superficies reflectoras, compuestas por lo general de aluminio anodizado, se pueden teñir mediante acción química de los contaminantes de aire o del humo de los insectos, por fuera del montaje óptico, reduciendo por ende su eficiencia.

Como mínimo, las luces se deben de limpiar durante cada ciclo de cambio de lámparas. Además, las luces con fuentes de luz de vapor de mercurio también se deben limpiar al llegar a la mitad de su duración (cada 2 1/2 años). Las luces que se encuentran en túneles y en otros sitios donde los aparatos de iluminación están sometidos a una acumulación de suciedad poco usual o dentro de patrones de salpicamiento por los vehículos en circulación, requieren ciclos de limpieza más breves. Las unidades selladas funcionarán satisfactoriamente con ciclos de limpieza más largos.

Las unidades no selladas se afectan a causa de los insectos y además la respiración de la unidad y las presiones del viento pueden causar una mayor acumulación de suciedad dentro de la unidad. Los contaminantes industriales de algunas localidades también afectan los programas de limpieza. Las pilas fotoeléctricas también se deben limpiar y se debe inspeccionar su correcto funcionamiento de "encienda y apague" cada 6 meses.

Los modernos refractores de unidades de iluminación se pueden quitar por un simple arreglo de mordazas. Esto permite que el refractor se baje para recibir mantenimiento. Un buen procedimiento consiste en tener vidrio de repuesto o conjuntos completos, los cuales se instalan en tanto que los sucios se llevan para darles limpieza.

La limpieza se realiza en un vehículo de mantenimiento con detergentes, cepillos, etc. Deben sumergirse totalmente todo o parte del conjunto óptico en una solución detergente y la suciedad incrustada se debe quitar con una esponja o cepillo suave. Limpie el exceso de humedad con un trapo limpio. La lana de acero nunca se debe utilizar al limpiar las superficies de vidrio ni las metálicas ya que se pueden dañar permanentemente las superficies: se puede destruir la eficiencia óptima y además las superficies ásperas son más susceptibles a la acumulación de suciedad. Nunca se deben usar limpiadores ácidos o alcalinos en el aluminio.



### 9.5.3 Inspección

La inspección periódica de las luces es esencial y se puede efectuar durante el cambio de lámparas. El operario de mantenimiento que realiza el cambio de lámparas no está generalmente capacitado ni equipado para hacer reparaciones. Sin embargo, el operario debe recibir capacitación para notar e informar sobre cualquier evidencia de daño o problema de una manera rutinaria para programar las reparaciones. Las Figuras 9-13A, 9-13B y 9-13C, "Lista de Aceptación de Instalación de señales", muestran puntos típicos que se deben incluir en una inspección. A continuación se proveen algunos procedimientos más detallados de inspección:

- o Inspeccione si hay empaques flojos, desgastados o que falten y repare o reemplace según sea necesario. Los empaques deficientes dejan entrar la suciedad y la humedad, causan apagones rápidos, aumentan la cantidad de vidrios quebrados y disminuyen la iluminación.
- o Inspeccione si hay cuarteo o vidrios quebrados, determine la causa (choque o impacto térmico) y reemplace si es necesario. El rompimiento por impacto térmico se debe al enfriamiento súbito del vidrio. Se origina principalmente por la lluvia que cae sobre el vidrio que se ha calentado excesivamente a causa de la absorción de calor producida por la acumulación de suciedad. Estos rompimientos son por lo general roturas limpias y simples sin origen aparente ni astillamiento. El rompimiento por choque, por otra parte, comienza desde un punto local, el cual se evidencia generalmente por el astillamiento.
- o Los refractores plásticos o tapas se deben inspeccionar para ver si hay fisuras y huecos. Mire si hay pandeo y cambios en la forma, los cuales pueden ser causados por un sobrecalentamiento. Los refractores de policarbonato se deben inspeccionar con respecto al oscurecimiento o cambio de color.
- o Inspeccione si hay aisladores agrietados o quebrados. Estos se deben reemplazar y se debe pasar un informe sobre su condición.
- o Inspeccione si la luminaria se mantiene rígida en su posición correcta.
- o Inspeccione los componentes que conducen corriente para ver si el aislante está quemado o quebrado. El arqueamiento causado por los portalámparas flojos y el asentamiento incorrecto sobrecalentará el interior, acortará la duración de la lámpara y dañará los dispositivos, los interruptores y los componentes internos de los dispositivos. Se utilizan interruptores de película (amortiguadores) en circuitos en serie para evitar el aflojamiento de los portalámparas, los asentamientos incorrectos y el cuarteo de los portalámparas de porcelana que se insertan en los receptáculos. Se debe informar al técnico electricista sobre los componentes dañados.
- o Inspeccione si hay abrasión que podría ocasionar cortocircuitos o conexiones a tierra.

#### 9.5.4 pautas de Inspección y Mantenimiento para Elementos de Iluminación de Calles.

Transformadores. Los Transformadores de corriente constante tienen tendencia a aumentar gradualmente la cantidad de corriente liberada a un circuito en serie. Este aumento se presenta porque hay fricción entre los componentes móviles y por un desequilibrio en el peso a causa de la acumulación de aceite y/o suciedad.

Por lo tanto, la inspección debe incluir lo siguiente:

- o Limpie, ajuste y regule para corregir la desviación que se ha presentado en el valor de corriente deseado.
- o Inspeccione la operación mecánica. En las unidades aisladas contra el engrase, inspeccione la presencia de humedad o sedimentos y cambie el aceite cada 2 años.

Interruptores de Aceite. Los interruptores de aceite deben inspeccionarse para ver si hay abrasión, si las conexiones están bien ajustadas, si las boquillas están limpias y si hay fisuras. La inspección debe incluir el reemplazo de los portalámparas que se encuentran en mal estado, el nivel de aceite, la fuerza dieléctrica del aceite y la filtración y reemplazo del aceite si es necesario.

Relevadores. Los relevadores utilizados en la iluminación de las calles son de construcción resistente para garantizar una larga duración sin necesidad de inspección frecuente. La inspección anual se recomienda como sigue:

- o Contactos -- Examine si hay quema excesiva y superficies muy picadas que requieran desconexión del circuito para permitir la reafirmación de las superficies con una herramienta bruñidora de contacto.
- o Imán -- Asegúrese que la operación sea silenciosa. El ruido del imán puede producirse por un bajo voltaje en las terminales de la bobina, por materias extrañas en la superficie del núcleo o corrosión de la clavija del gozne la que impide el libre movimiento. Se requiere limpiar y quitar la corrosión.

Controles Fotoeléctricos. Los controladores fotoeléctricos del tipo de sulfuro de cadmio necesitan poco mantenimiento fuera de la limpieza de la cubierta (ventana) y la recalibración. Las cubiertas sucias hacen que la lámparas alumbren más tiempo del necesario; por tanto, los programas de limpieza se tienen que basar en las condiciones atmosféricas locales.

Los controles fotoeléctricos del tipo de sulfuro de cadmio con frecuencia fallan cuanto están en posición "seguro" o "prendido". Esto hace que la lámpara de la luminaria alumbre hasta que se reemplace el control. Cuando la lámpara está encerrada, el calor de la operación de la lámpara y balasto durante las horas diurnas, más el calor solar, pueden causar una temperatura excesiva dentro de la unidad. Dichas temperaturas excesivas pueden originar

la falla prematura de los componentes. Por lo tanto, cuando los controles fotoeléctricos fallan, se deben reemplazar tan pronto como sea posible.

Relojes. Se usan diversos tipos de relojes. La mayoría se mueve por medio de un motor sincrónico que nunca requiere lubricación. Algunos pueden incluir un escape de resorte que continuará operando el mecanismo durante los períodos breves de interrupción de la corriente. La mayoría de los relojes tienen soportes autolubricados; por lo tanto, la inspección anual se puede reducir a inspeccionar las terminales, y los seguros y levas que operan los contactos para determinar si están ajustados correctamente. Los contactos se deben inspeccionar y se deben bruñir o reemplazar si se encuentran muy quemados.

Interruptores de Película. Los interruptores de película en serie pueden causar demasiada molestia y costo si no se seleccionan, instalan y mantienen correctamente. Es importante que se usen los interruptores de tamaño apropiado. La inspección visual de nuevos interruptores de película, antes de la instalación, puede eliminar las unidades defectuosas. Dicha inspección debe abarcar los siguientes puntos: paralela lateral, aislamiento interrumpido, absorción de humedad, plegamiento y centramiento del disco.

Postes y Pescantes. Los postes y pescantes se deben inspeccionar rutinariamente. Los postes se deben mantener en posición vertical. Cualquier cuarteo que se encuentre en un poste se debe comunicar al ingeniero. Las reparaciones se deben programar rápidamente. Las láminas faltantes durante la inspección se deben reemplazar inmediatamente.

Las superficies galvanizadas de los postes se limpian con un cepillo de alambre y se pintan con 2 capas de pintura No.3 - imprimante de óxido de zinc. Se usa una escobilla de cerdas para aplicar la pintura. Por lo menos 18 horas deben dejarse pasar antes de aplicar la segunda capa. La pintura se debe aplicar cuando la temperatura del poste es baja y nunca se debe aplicar cuando la temperatura del poste es mayor que la de la mano.

Cajas de Paso. Las cajas de paso se deben inspeccionar rutinariamente para asegurarse que estén adecuadamente conectadas a tierra y que los empalmes estén bien ajustados. Se debe quitar el cieno de las cajas y cualquier cubierta dañada o faltante se debe reemplazar inmediatamente.

#### 9.5.5 Iluminación de Mástil Alto

Además de los pasos esquematizados en los párrafos previos, se deben seguir procedimientos especiales de mantenimiento cuando se trabaja con equipo de mástiles altos. Estos procedimientos se refieren principalmente al diseño de los componentes del mecanismo de alzamiento mecánico los cuales permiten que las luces se bajen y alcen, como se muestra en la Figura 9-14, "Unidades de Iluminación Bajadas de Mástil Alto". Los fabricantes de equipos de mástil alto utilizan diferentes diseños por ésto sólo se pueden ofrecer recomendaciones generales aplicables a todos los tipos de equipo. Para garantizar la duración correcta, prolongada y libre de problemas del equipo, siga estrictamente los pasos esquematizados en la literatura provista por el fabricante. A continuación se presenta una lista de pasos de tipo general útiles para tener una visión general de los requerimientos de mantenimiento que se deben cumplir.

### Cabrestante

- o Quite cualquier polvo o materia extraña que se puede haber acumulado en la parte superior del cabrestante o en los cables de alambre, y limpie a fondo.
- o Inspeccione el aceite del baño de aceite y añada o cambie si éste está muy espeso y/o sucio.
- o Inspeccione todos los soportes y lubrique si es necesario.
- o Opere a motor el dispositivo de descenso en toda su longitud de viaje e inspeccione visualmente si hay demasiado desgaste en el mecanismo del cabrestante.

### Cables

- o Inspeccione la instalación de cables en el cabrestante y la sección de cable visible en la abertura de la puerta del mástil para determinar si hay deshilachamientos, ensortijamientos o corrosión.
- o Inspeccione el cable del cabrestante en toda su longitud para ver si hay deshilachamiento, ensortijamiento o corrosión.
- o Inspeccione los puntos de anclaje del cable del cabrestante y de los cables de alzamiento en el aro de soporte de la unidad luminosa.
- o Desde la base del mástil, observe los cables de alzamiento desde el aro de soporte de la unidad luminosa en posición baja hasta la cabeza del mástil para ver si hay defectos obvios.

### Aro de la Unidad Luminosa

- o Inspeccione los rodillos de guía (donde se ajustan) y lubrique y ajuste según sea necesario.
- o Inspeccione los cables de interconexión y cajas de empalmes para determinar daños y repare según sea necesario.
- o Inspeccione el anclaje del cable de suministro de energía y si hay daños físicos en el cable.

### Pernos de Fundación

- o Inspeccione los pernos de fundación y ajuste las tuercas donde sea necesario.

FIGURA 9-13A LISTA DE ACEPTACION DE INSTALACION DE SEMAFOROS

Acceptable

<u>Si</u>	<u>No</u>	<u>Postes</u>	<u>Comentarios</u>
---	---	Inclinación apropiada en los postes	_____
---	---	Manguito en tierra en la base de la fundación	_____
---	---	Lechada alrededor de los postes de base de anclaje	_____
---	---	Posición correcta de agujeros de servicio y otros accesorios	_____
---	---	Cubiertas de casquete y de soporte manual en su lugar	_____
---	---	Gabinete montado en el poste bien asegurado	_____
---	---	Instalación eléctrica	_____
---	---	correcta del gabinete al poste	_____
---	---	Varillas de polo a tierra bien aseguradas al poste y a los conductores	_____
---	---	Marcas de soldaduras y rasguños galvanizados	_____
---	---	Huecos y postes viejos bien tapados	_____
<u>Cajas de Paso</u>			
---	---	Instalación apropiada según plan	_____
---	---	Cubiertas a nivel del pavimento	_____
---	---	Soportes colgantes instalados	_____
---	---	Empalmes seguros e impermeables	_____
---	---	Conductos metálicos adheridos correctamente	_____
<u>Brazo del Semáforo</u>			
---	---	Pandeo adecuado del brazo	_____
---	---	Brazo conectado adecuadamente al poste	_____
---	---	Unión del brazo a la altura adecuada	_____
---	---	Cables unidos al tramo con amarras apropiadas	_____
---	---	Soportes colgantes de cabeza del semáforo colocados correctamente	_____
---	---	Balancedores de la cabeza del semáforo instalados correctamente	_____

Acceptable

<u>Si</u>	<u>No</u>	<u>Brazo del Semáforo</u>	<u>Comentarios</u>
—	—	Cabezas de semáforo en alineación correcta	_____
—	—	Cabezas de semáforos cuelgan rectas	_____
—	—	Instalación hasta las cabezas de semáforo aseguradas electricamente	_____
—	—	Instalación hasta las cabezas de semáforo aseguradas mecánicamente	_____
—	—	Cabezas de semáforo libres para oscilar sin chocar	_____
—	—	Señales montadas en el brazo correctamente puestas y aseguradas	_____
—	—	Brazos inferiores instalados donde sea necesario	_____
—	—	Espacio libre hasta cabezas y señales	_____
—	—	Boquillas de cabezas de semáforo no más largos de 30"	_____
—	—	Cabezas de semáforo razonablemente niveladas a través del brazo	_____
—	—	Empalme en espira de gotero hecho correctamente	_____
—	—	Chavetas correctas (acero inoxidable o bronce)	_____

FIGURA 9-13B LISTA DE ACEPTACION DE INSTALACION DE SEMAFOROS

Aceptable

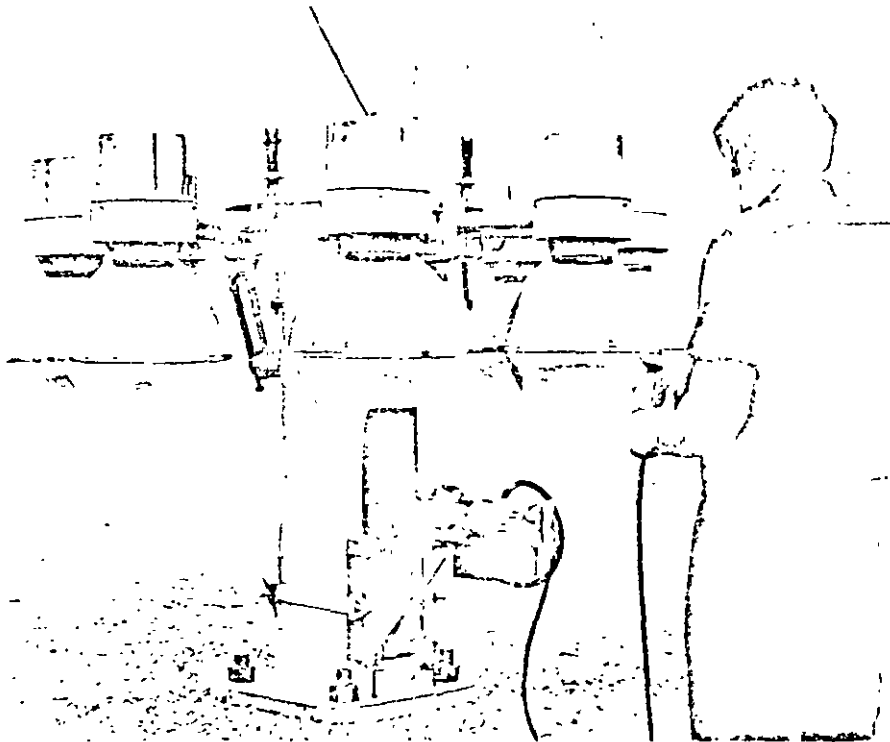
<u>Si</u>	<u>No</u>	<u>Gabinete de Control</u>	<u>Comentarios</u>
—	—	Montado correctamente en base de hormigón	_____
—	—	Altura correcta sobre la rasante	_____
—	—	Varillas de polo a tierra adheridas adecuadamente al servicio	_____
—	—	Conductos metálicos asegurados correctamente	_____
—	—	Prueba de polo a tierra 20 y 20 micro voltios; todos los otros 10 voltios	_____
—	—	Instalación de alambres limpia y correcta	_____
—	—	Cables de instalación marcados correctamente	_____
—	—	Posición de componentes marcados claramente en fase y función	_____
—	—	Esto incluye:	_____
—	—	- Detectores	_____
—	—	- Relevadores de demora de tiempo	_____
—	—	- Unidades de traslape	_____
—	—	- Unidades de interconexión	_____
—	—	- Paquetes de interruptores	_____
—	—	- Doble espacio libre	_____
—	—	- Prevaciamiento	_____
—	—	- Fases de controlador	_____
—	—	- Componentes especiales	_____
—	—	Luz intermitente correcta	_____
—	—	Tiempo según lo especificado	_____
—	—	Operación según lo especificado	_____
—	—	Diagramas de circuito provistos	_____
—	—	Esquema provisto de instalaciones y código de colores del contratista	_____
—	—	Provisión de cerraduras de gabinete adecuadas	_____
—	—	Medidores instalados adecuadamente (si es necesario)	_____
—	—	Interruptor de fusibles o de circuitos instalados correctamente	_____

Acceptable

<u>Si</u>	<u>No</u>	<u>Detectores</u>	<u>Comentarios</u>
—	—	Colocación adecuada según plan	_____
—	—	Instalación adecuada según plan	_____
—	—	Funcionamiento adecuado según plan	_____
—	—	Tipo adecuado según plan	_____
—	—	Alambre adecuado utilizado en espiras y conductos de entrada	_____
<u>Detector Superior/Brazo de Interconexión</u>			
—	—	Unidos adecuadamente a los postes	_____
—	—	Cables amarrados adecuadamente a los cables mensajeros	_____
—	—	Espacio libre correcto sobre la rasante.	_____
<u>Semáforo para Peatones</u>			
—	—	Localización correcta	_____
—	—	Cabezas alineadas correctamente	_____
—	—	Amarre seguro	_____
—	—	Operación adecuada	_____
<u>Botones para Peatones</u>			
—	—	Localización correcta	_____
—	—	Amarre seguro	_____
—	—	Altura correcta sobre la rasante	_____
—	—	Señales instaladas y de tipo correcto	_____
—	—	Señales a la altura adecuada sobre la rasante	_____



FIGURA 9-14 UNIDADES DE ILUMINACION BAJADAS DE MASTIL ALTO



#### 9.6 Atenuadores de Impacto

Los atenuadores de impacto se utilizan para disminuir la severidad de una colisión con un objeto fijo que no se puede quitar ni proteger por otros tipos de sistemas protectores. La colocación de atenuadores se hace usualmente en las proximidades de las secciones triangulares, columnas de puente y espolones que apoyan las señales superiores. Los tipos más comunes de atenuadores consisten en barriles plásticos llenos con diversos volúmenes de arena, hormigón liviano (vermiculita) formado para destruirse con el impacto y cable con fricción de zafar. El mantenimiento de los atenuadores consiste en la remoción de la suciedad resultante de colisión, el reemplazo de los elementos dañados del atenuador y en mantener el área del atenuador libre de basura y desechos. Al enterarse de una colisión, las fuerzas de mantenimiento deben responder inmediatamente para quitar los desechos y reponer el atenuador. A menos de que el ingeniero de otras instrucciones, los atenuadores se deben reponer según su diseño original.

Es esencial devolverle a los atenuadores dañados su condición funcional tan pronto como sea posible. Es obligatorio por lo tanto tener disponible un suministro adecuado de piezas de repuesto en todo momento.

La secuencia de reparación para los atenuadores de impacto es la siguiente:

- o Instale todos los aparatos de control de tránsito
- o Quite y elimine la suciedad producida por la colisión
- o Quite y elimine todos los elementos dañados del atenuador
- o Reemplace los elementos del atenuador según se necesite para reponer el diseño original y
- o Recoja todos los aparatos de control de tránsito del área de trabajo.

#### 9.6.1 Aparatos Atenuadores de Impacto

El propósito del aparato atenuador de impactos es el de reducir los daños y muertes asociados con el choque de vehículos. Esta reducción se logra disipando la energía cinética del vehículo errante en el momento del impacto. La desaceleración del vehículo errante se efectúa dentro de límites prescritos desde el impacto hasta la detención final.

Estos aparatos se justifican donde no resulta práctico quitar el objeto fijo tal como en un triángulo de rampa donde los objetos fijos pueden ocasionar colisiones, donde no se pueden instalar adecuadamente guardarrieles para dirigir correctamente el vehículo errante, y en los extremos de aproximación de los muros de retención situados en triángulos. Sólo se debe poner un atenuador de impacto cuando la colisión en el objeto protegido causaría un accidente más grave que el golpe sobre el atenuador de impacto.

Existen dos tipos básicos de atenuadores de impacto:

- o Tubos de Plástico Llenos de Agua. (Células Amortiguadores de Alto Drenaje) los cuales consisten en tubos de plástico que han sido llenados con agua y que absorben la energía del impacto por medio del agua que es forzada a través de huecos en la parte superior del recipiente. Los conjuntos de células se adhieren mediante cilindros de pernos, además se unen con pernos a una estructura de respaldo diseñada para resistir la fuerza total anticipada del impacto. La ventaja es que este dispositivo también tolera golpes laterales de costado. Aún después de un golpe severo, una unidad de células (sandwich) se puede impulsar fácilmente a su posición original, anclar nuevamente en su lugar y reemplazar o reparar cualquier célula dañada en unas pocas horas. El agua que se desparrama de las células durante el impacto no representa ningún peligro en la vía.

Las principales desventajas de estos dispositivos es que requieren láminas de respaldo o muros para su anclaje, por lo que no se pueden utilizar en los triángulos con declive excesivo de cruce o con una superficie extremadamente torcida; y donde los paneles laterales se introducirían en el pavimento de circulación después de un impacto.

Barriles Plásticos Llenos de Arena. Este atenuador de impacto consiste en un arreglo de barriles plásticos de aproximadamente 3

pies (0,9 m) de diámetro, cada uno de los cuales está parcialmente lleno de arena. La arena se mantiene en la porción superior del barril, lo que hace más difícil que los vehículos suban a la rampa ya que el centro de gravedad de la arena se encuentra a aproximadamente la misma altura del vehículo que choca. A diferencia de otros atenuadores de impacto, este aparato no está anclado y no requiere una lámina o muro de respaldo. Además, los recipientes de tamaños diferentes con distintas cantidades de arena en su interior se deben colocar enfrente de cualquier obstáculo para presentar una barrera más eficiente en cualquier situación específica. El principio de intercambio de impulso se emplea en este dispositivo al desacelerar a los vehículos que chocan. Esto hace que se compensen los diferentes pesos y velocidades de los vehículos y así mantiene la desaceleración promedio bastante constante.

La principal desventaja de este sistema es que después del impacto los recipientes se rompen y se desparrama la arena en el pavimento; con impactos grandes, los recipientes normalmente se destruirían, dejando el objeto fijo sin protección, y el peso del atenuador puede superar la carga permisible de la estructura.

## 9.7 Barreras Centrales

Las barreras centrales evitan que los vehículos crucen el centro y choquen con el tránsito que circula en dirección opuesta. Impiden que un vehículo que ha chocado con la barrera se desvíe hacia el flujo de tránsito y tienden a desacelerar a los vehículos errantes.

Las barreras centrales son de dos tipos: viga metálica y hormigón de cemento portland. Las barreras de hormigón pueden ser premoldeadas o moldeadas en el sitio. Las barreras de vigas metálicas se deben inspeccionar frecuentemente para garantizar la integridad estructural, la altura y la alineación. Las reparaciones se deben hacer con prontitud cuando existe peligro para el tránsito o cuando la integridad funcional se encuentre en entredicho. El daño, que representa un peligro para el tránsito, se debe reparar tan pronto como sea posible, de otra manera la barrera dañada se podrá reparar hasta cuando lo permita el programa. Los delineros faltantes o dañados se deben reemplazar con prontitud.

Las barreras metálicas se reparan quitando y reemplazando los elementos dañados del riel. Remueva y reemplace los postes dañados, enderece y vuelva a alinear los postes útiles y reemplace los delineadores defectuosos.

Las barreras de hormigón requieren un mínimo de mantenimiento; sin embargo, la inspección es necesaria para garantizar que las barreras tengan la altura apropiada y que las reparaciones se programen con prontitud cuando una barrera está quebrada o fuera de línea. Los delineadores faltantes o dañados se deben reponer con prontitud. Las astillas y los daños menores ocasionados por los accidentes se pueden reparar con lechada de cemento epóxico. Para procedimientos detallados de formulación y empleo de las mezclas de cemento epóxico, consulte las recomendaciones del fabricante.

Las secciones de barreras fuera de su sitio se deben volver a fijar en su línea y rasante originales. Se usa una grúa móvil para levantar y volver a alinear la sección desplazada (o secciones desplazadas). Los desplazamientos menores se pueden corregir mediante el uso de un gato hidráulico. Una cuña de madera de aproximadamente 6,6 pies (2 m) de longitud se pone contra las ruedas posteriores de una rasante motorizada o volquete cargado que se ha colocado cerca de la barrera desplazada y paralelo a ésta. Se pone un gato hidráulico de 5 Ton., el espacio entre el gato, y la barrera se llena de bloques de madera. Se hace funcionar el gato lentamente hasta que la barrera se desplace hacia la posición deseada.

La secuencia de reparación para una barrera metálica es la siguiente:

- o Instale todos los implementos de control del tránsito
- o Quite las secciones dañadas de barreras metálicas
- o Quite y reemplace los postes dañados
- o Enderece los postes útiles y vuelva a alinear todos los postes
- o Instale nuevas vigas metálicas
- o Reemplace los delineadores reflectores
- o Quite toda la suciedad del área de trabajo y
- o Recoja todos los implementos de control del tránsito del área de trabajo.

La secuencia de reparación para una barrera de hormigón es la siguiente:

- o Instale todos los implementos de control del tránsito
- o Con gatos hidráulicos vuelva a alinear las secciones desplazadas
- o Repare las astillas con lechada de cemento epóxico
- o Recoja todos los implementos de control del tránsito del área de trabajo.

## 9.8 Guardarriel

Los guardarrieles se instalan para proteger el tránsito y reducir la severidad de los accidentes por carros que se salen de la vía. Los guardarrieles son flexibles o de perfil de hormigón de seguridad. Los tipos más comunes de guardarriles flexibles son de viga metálica y cable de alambre. El perfil de hormigón de seguridad se construye de hormigón de cemento portland y se puede moldear en el sitio o se puede traer premoldeado. El guardarriel se puede instalar en lugares como terraplenes demasiado in-

clinados, extremos de barandas de puentes, espolones de puentes y estructuras de señales superiores.

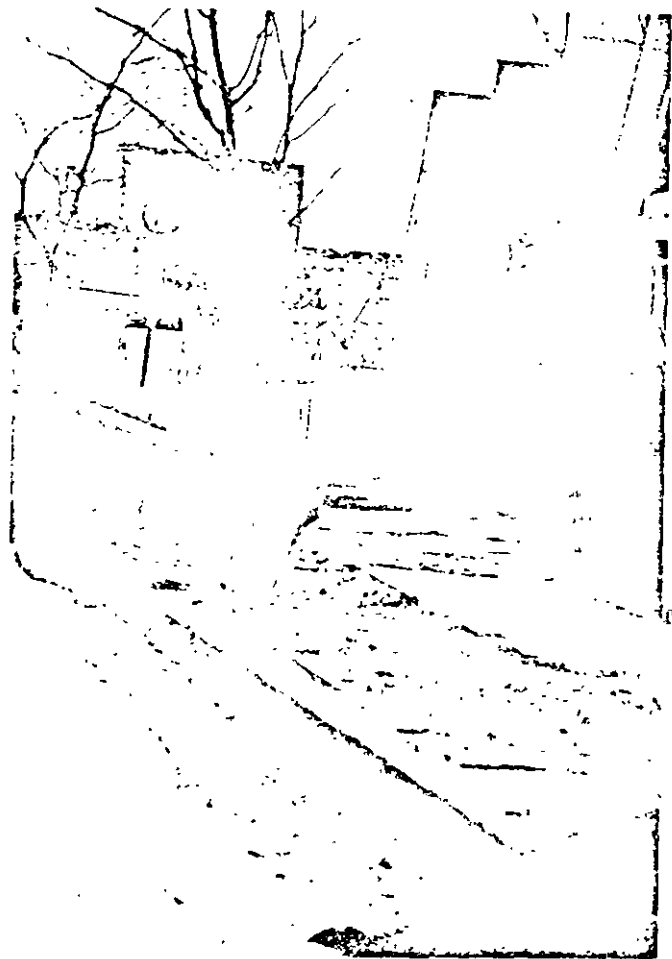
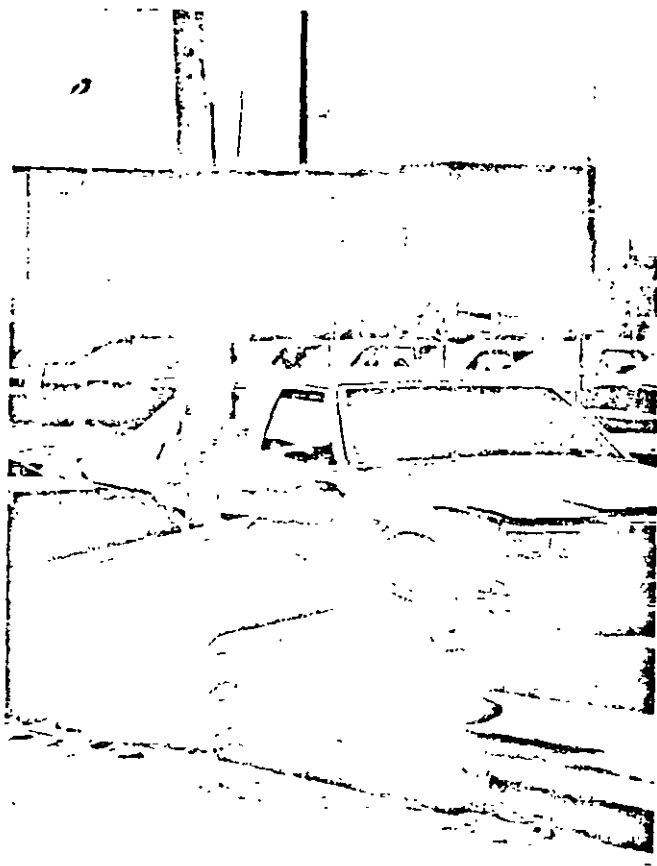
El guardarriel se debe inspeccionar rutinariamente en busca de deficiencias. El daño producido por los accidentes se debe reparar temporalmente si existe algún peligro obvio o si la integridad funcional se ha perjudicado (ver la Figura 9-15, "Guardarriel que Necesita Reparación")

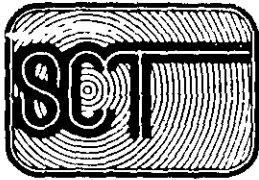
Los perfiles de hormigón de seguridad con pequeños destrozos o astillas, sometidos a daños estructurales menores, se pueden reparar con lechada de cemento epóxico. El daño severo se debe corregir quitando el hormigón dañado, reformando el área y reconstruyéndola con hormigón. El perfil de seguridad de hormigón premoldeado puede sufrir desplazamiento durante un accidente. Es posible que se necesite una grúa para volver a alinear las secciones donde ha ocurrido un gran desplazamiento; sin embargo, los desplazamientos pequeños se pueden corregir de la misma manera que las barreras centrales.

Los guardarrieles flexibles pueden desalinearse horizontal y verticalmente por hundimiento del terraplén, la erosión y el crecimiento de espaldones. Un guardarriel desalineado confunde a los conductores y puede causar un daño grave por impacto y un esfuerzo indebido en ciertos postes. Los postes caídos se deben colocar en línea mediante un gato. Los postes hundidos se deben colocar en la rasante mediante un gato. Las áreas pequeñas que han perdido revestimiento se deben cepillar con cepillo de alambre y pintar con dos capas de pintura a base de óxido de zinc sin arralante.

La tensión en los cables de alambre debe ser suficiente solamente para mantenerlos rígidos. Se hacen ajustes aflojando las mordazas del cable, pandeando y ajustando los pernos extremos unas pocas vueltas y volviendo a ajustar las mordazas del cable.

FIGURA 9-15      GUARDARRIEL QUE NECESITA REPARACION





**SECRETARIA  
DE COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES**

**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA**

# **Manual para inspección y conservación de puentes**

**Tomo**

**Dirección General de Servicios Técnicos**

**Dirección General de Servicios Técnicos  
México, F. 1988**

## **PRESENTACION**

Numerosos puentes de la red de carreteras y ferrocarriles de nuestro país presentan daños diversos y otras anomalías de comportamiento como consecuencia del notable incremento experimentado por la magnitud y la frecuencia de las cargas rodantes, cuyos efectos se ven agravados por el deterioro que causan los elementos ambientales al haberse diferido los programas normales de mantenimiento por la necesidad de atender con prioridad otros problemas nacionales.

Conscientes de este problema, las autoridades de la Subsecretaría de Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes han emprendido en los últimos años extensas tareas de rehabilitación de puentes a todo lo largo del territorio del país.

La Dirección General de Servicios Técnicos ha preparado este documento con la intención de que sirva como un auxiliar a los ingenieros y técnicos encargados de esas tareas de rehabilitación. El documento contiene la traducción al español, con algunas adaptaciones al medio técnico mexicano, de 3 publicaciones norteamericanas:

AASHTO Manual for Bridge Maintenance. 1976.  
Manual AASHTO para Mantenimiento de Puentes. 1976.  
Manual for Maintenance Inspection of Bridges.  
Guía de Inspección para Mantenimiento de Puentes.  
Optimizing Maintenance Activities.— Bridge Painting.

Optimización de las Actividades de Conservación.- Pintura de Puentes.  
Esta publicación no lucrativa, es de carácter interno y está destinada fundamentalmente al uso de ingenieros y técnicos de la SCT. Se ruega a los tenedores de un ejemplar comunicar a la Dirección General de Servicios Técnicos las observaciones que estimen pertinentes.



## PROLOGO

El conservar los puentes carreteros en condiciones de proporcionar seguridad y un flujo de tránsito ininterrumpido, es una función principal de un Ingeniero de Conservación de Puentes.

Este manual ha sido preparado para servir como una guía para todos los ingenieros de puentes, para que puedan utilizarla como una fuente de referencia sencilla, la cual representa la contribución recibida de un cuerpo selecto de ingenieros de conservación. No se pretende establecerlas como normas nacionales debido a la variación de las condiciones, recursos limitados de mano de obra, equipo y materiales, y a los diferentes programas estatales. En realidad, las recomendaciones contenidas en el manual en alguna parte pueden contradecirse con las políticas u objetivos actuales del Estado. Nosotros proponemos el manual únicamente para identificar un área problema y para hacer las recomendaciones que se considera pueden dar como resultado una operación efectiva, así como métodos de dirección eficientes dirigidos a resolver el problema.

Nosotros proponemos el manual actualizado con los nuevos métodos de operación, los nuevos materiales y el equipo moderno de los que tiene conocimiento el comité.

Durante la preparación de la primera edición de este manual se recibió información valiosa, comentarios y recomendaciones del Subcomité en Operación AASHTO sobre Mantenimiento Contingente Naval para Mantenimiento de Puentes, de la Administración Federal de Caminos, Oficina de Ingeniería, División de Proyecto e Inspección, División de Hidráulica y Cuerpo de Apoyo Especialista, Sr. Wilkes, Secretario del Subcomité de Operación en Puentes y Estructuras

## PREFACIO A LA EDICION NORTEAMERICANA

Una de las funciones principales del Ingeniero de Mantenimiento de Puentes es conservar los puentes carreteros en condiciones de permitir un flujo ininterrumpido y seguro del tránsito.

Este manual se ha preparado para servir como una guía para todos los Ingenieros de Puentes y para que funcione como una referencia única de información, en la que se recoge la colaboración de Ingenieros destacados en Mantenimiento de diversos Estados de la Unión Americana. El manual no pretende establecer normas nacionales de mantenimiento, debido a las condiciones variables, a las limitaciones de personal, equipo y programa que pueden encontrarse en los diferentes Estados de la Unión y a la diversidad de programas estatales. De hecho, algunas de las recomendaciones que contiene este manual pueden en algún grado entrar en conflicto con las políticas y metas actuales de algunos Estados.

Pretendemos actualizar este manual a medida que el Comité de Mantenimiento de la AASHTO conozca nuevos métodos de operación, nuevos materiales y nuevos equipos.

Durante la preparación de la primera edición se recibieron informaciones, recomendaciones y comentarios valiosos del Grupo de Trabajo en Mantenimiento de Puentes del Subcomité Operante en Mantenimiento de la AASHTO, así como de diversas dependencias y personalidades de la Administración Federal de Carreteras.

## CAPÍTULO 1.0.0 INTRODUCCION

- 1.1.0 Objetivos
- 1.2.0 Alcance
- 1.3.1 Nomenclatura
  - 1.3.1 Cargas sobre Estructuras
    - A. Carga Muerta
      - 1. Superficie de Rodamiento
      - 2. Pisos Estructurales
      - 3. Miembros de Acero Estructural
      - 4. Banquetas y Guarniciones
      - 5. Tuberías de Servicio o Conductos
    - B. Cargas Vivas
    - C. Impacto
    - D. Viento
    - E. Fuerzas Longitudinales
    - F. Fuerzas por Temperatura
  - 1.3.2 Elementos del Piso
    - A. Superficie de Rodamiento
    - B. Piso Estructural
      - 1. Concreto Reforzado
      - 2. Placas de Acero
      - 3. Rejillas de Acero
      - 4. Tablones de Madera
      - 5. Trabes Cajón de Concreto Presforzado
    - C. Banquetas.
      - 1. Concreto Reforzado
      - 2. Placa de Acero
      - 3. Tablones de Madera
    - D. Guarniciones
    - E. Parapetos
      - 1. Sistemas Múltiples Metálicos
      - 2. Trabes cajón
      - 3. Trabes W
      - 4. Concreto Reforzado
      - 5. Madera
  - 1.3.3 Elementos de la Superestructura
    - A. Trabes Laminadas
    - B. Trabes Compuestas (Armadas)
      - 1. Angulos o Escuadras del Cordón
      - 2. Cubre Placas
      - 3. Atiezadores de Apoyo
      - 4. Atiezadores Intermedios
    - C. Trabes de Concreto

D. Armaduras	23
1. Cuerdas	24
2. Diagonales	24
3. Montantes	24
4. Nudo	24
5. Arriostramiento de la Entrada de Puente	25
6. Arriostramiento Contra la Acción del Viento	25
7. Arriostramiento Lateral Superior	25
8. Arriostramiento Lateral Inferior	25
9. Pieza de Puente	25
10. Largueros	25
11. Placas de Unión	25
1.3.4 Tipos de Claro	28
A. Claros Libremente Apoyados	28
B. Claros Continuos	29
C. Claros en Cantiliver	29
D. Trabes Compuestas	30
E. Apoyos	33
1.3.5 Elementos de la Subestructura	33
A. Estribos	33
1. Estribo Recto	33
2. Hombro del Estribo	33
B. Pilas	33
C. Pilotes	33
1. Pilotes H de Acero	33
2. Madera	33
3. Concreto	33
4. Pilotes de Tubo Rellenos de Concreto	33
1.3.6 Diversos	34
A. Gálibos	35
B. Bombeo (contraflecha)	35
C. Refuerzo para Concreto	35
1. Varillas Corrugadas	35
2. Malla de Alambre	35
D. Soldaduras	35
E. Pernos de Alta Resistencia	36
F. Fatiga	37
G. Juntas de Dilatación	37
H. Drenes	37
I. Desagües hacia Abajo	37
1.4.0 Inventario	37
1.5.0 Inspección	47

## CAPITULO 1.0.0 INTRODUCCION

Los puentes representan la más alta inversión unitaria de todos los elementos del sistema de camino. Cualquier defecto en la estructura no únicamente representa una reducción en la inversión, sino lo más importante, presenta la mayor oportunidad de todas las posibles fallas del camino para alterar el bienestar de la comunidad y la pérdida de vidas.

### 1.1.0 Objetivos

El propósito de este manual es el de proporcionar guías para el mantenimiento apropiado de los puentes carreteros.

### 1.2.0 Alcance

Este manual señalará los tipos de problemas comúnmente experimentados en cada uno de los diversos elementos del puente e identificará un método apropiado para su corrección. En la opinión de que la mayor parte de los problemas pueden prevenirse o minimizarse por un mantenimiento preventivo oportuno, estas medidas también se señalarán.

No existe intención de proporcionar una identificación completa de todos los métodos posibles de reparación, tampoco de señalar el método mejor. Se identificará un método factible para la condición usual encontrada. Siempre que sea posible se utilizarán términos genéricos; sin embargo, la mención de un determinado tipo de producto no representa la exclusión de algún otro diseñado para lograr el mismo propósito.

### 1.3.0 Nomenclatura

Antes de empeñarnos en una discusión amplia del mantenimiento y reparación de estructuras carreteras, es importante primero establecer una serie de definiciones uniformes. Estas definiciones proporcionarán un vocabulario común para la comprensión del tema, uso común del material de adiestramiento y métodos de mantenimiento, y otro intercambio de ideas.

Un beneficio adicional derivado del establecimiento de un grupo de definiciones, es la comprensión del funcionamiento de las diversas partes componentes que integran las estructuras carreteras y el papel que estas partes individuales juegan para proporcionar capacidad de carga. Esta comprensión de la importancia de los

miembros estructurales individuales para tomar las cargas del puente, tendrá una relación considerable con la naturaleza y urgencia de los procedimientos de mantenimiento y reparación que se desarrollen.

Por esto será el propósito de esta sección desarrollar un marco común de referencia para ser utilizado en la descripción del mantenimiento y reparación de las estructuras del camino. En las siguientes definiciones, debe comprenderse que este manual será utilizado por personas en una amplia variedad de medios. No es difícil que este manual sea utilizado por personas que varíen desde ingenieros profesionales registrados, con una disciplina estructural considerable o por personal de las cuadrillas de mantenimiento de puentes con adiestramiento estructural escaso o no formal. Por esto, en el siguiente material se intentará tratar el tema con la menor referencia posible a los aspectos teóricos. La teoría será insertada únicamente cuando ayude por sí misma a la claridad del tema que se está presentando.

### 1.3.1 Cargas en las Estructuras

#### A. Carga Muerta:

La carga muerta sobre una estructura es el peso de cualquier accesorio permanente que esté soportado por la estructura. Esta es una carga fija que permanece en su posición durante la vida de la estructura, a menos que sea eliminada. También pudiera ser incrementada. Algunos ejemplos son:

1. Superficie de Rodamiento
2. Pisos Estructurales
3. Miembros Estructurales
4. Guarniciones y Banquetas
5. Tubos o Conductos de Servicio

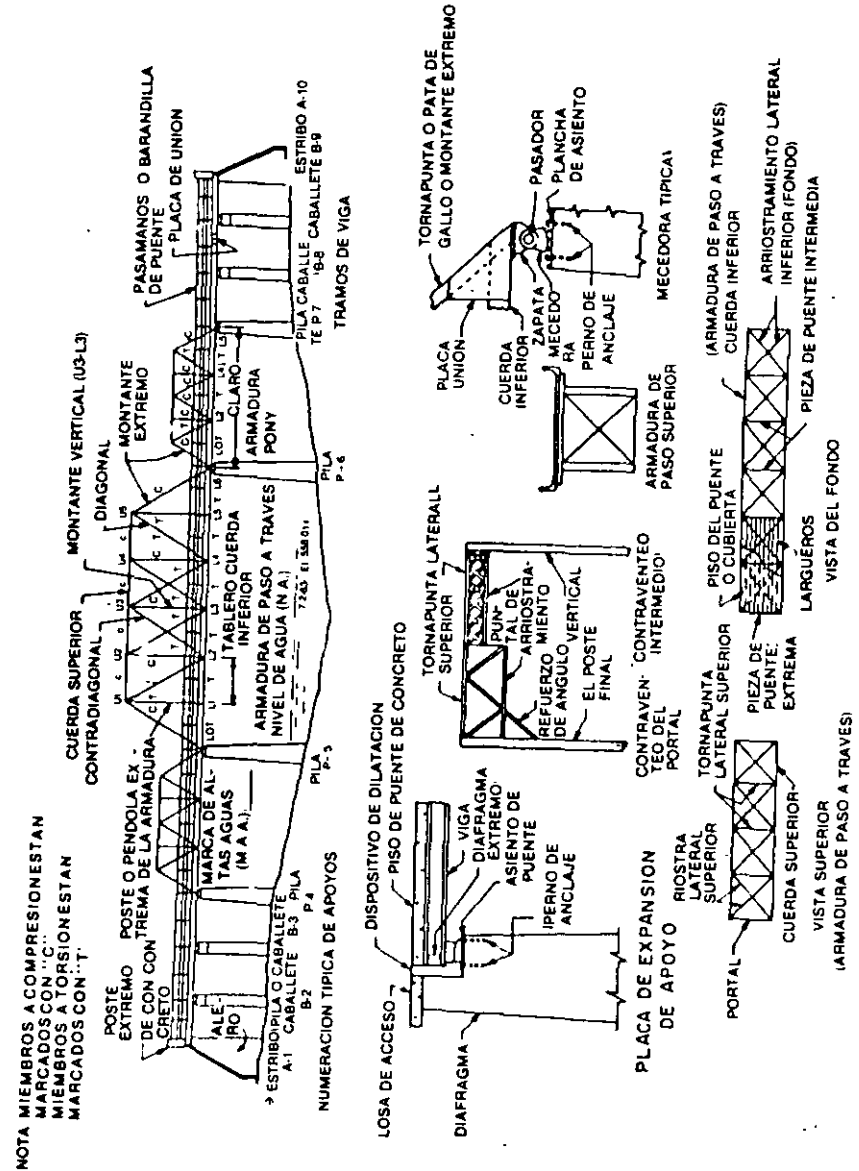
#### B. Carga Viva:

La carga viva sobre una estructura incluye todas las cargas o fuerzas debidas al tránsito vehicular o peatonal, el cual actúa sobre la estructura. Las cargas de caminos utilizadas para establecer la clasificación de inventario y de operación serán las cargas estándar AASHTO "H" o "HS" o uno de los tres tipos de vehículo convencional típico, descritos en el "Manual para Inspección del Mantenimiento de Puentes", AASHTO 1974, o las cargas locales máximas del Estado.

#### C. Impacto:

Esto es una fracción igual a un porcentaje calculado de la carga viva, el cual se agrega a ésta en una estructura para tener en cuenta los efectos vibratorio y dinámico de las cargas del tránsito.

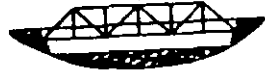
## ELEVACION Y PERFIL



TIPOS GENERALES DE PUENTES  
 COMO SE REPORTO EN LA FORMA 5 H P S



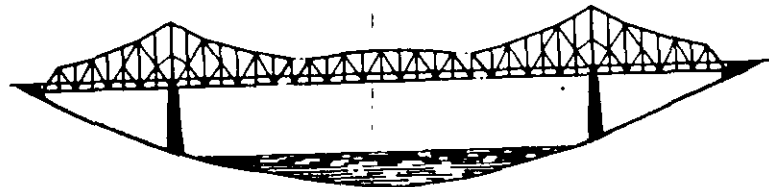
ARMADURA DE PASO A  
 TRAVES



ARMADURA PONY



ARMADURA DE PASO  
 SUPERIOR



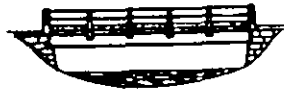
CANTILIVER



TRABES DE PASO A  
 TRAVES



TRABES DE PASO  
 SUPERIOR O CON



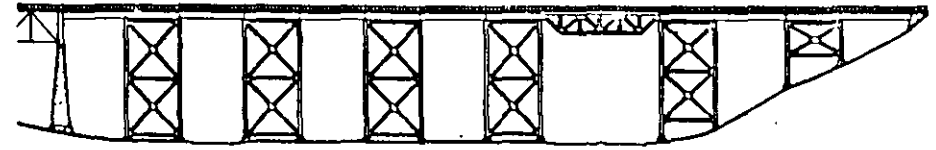
VIGA I



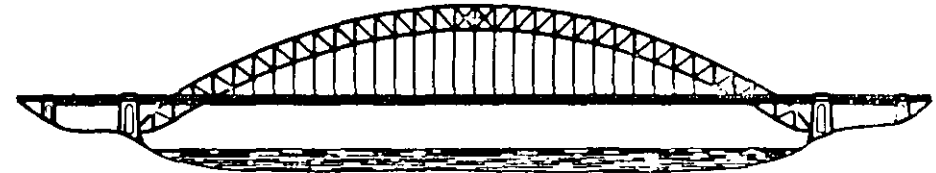
CON PISO INFERIOR

SUSPENDIDO

PISO SUPERIOR



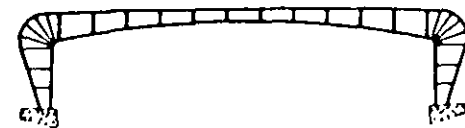
VIADUCTO DE ACCESO



ARMADURA DE ARCO DE PASO A TRAVES



MARCO RIGIDO DE ACERO



MARCO RIGIDO  
 ELEMENTO COMPONENTE TRABE DE  
 ACERO



TRABE CONTINUA



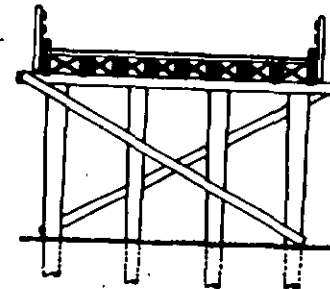
VIADUCTO DE MADERA



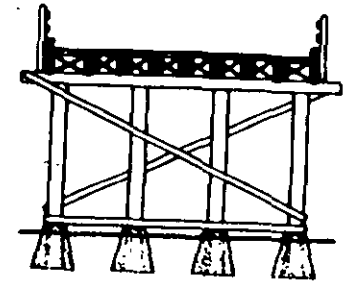
TRABE DE TIMPANO LLENO



ARCO DE TIMPANO ALIGERADO



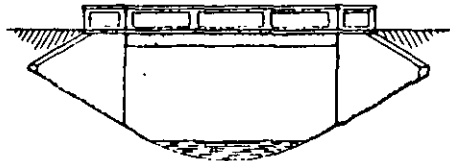
CABALLETE DE PILOTES HINCADOS



CABALLETE DE MARCO

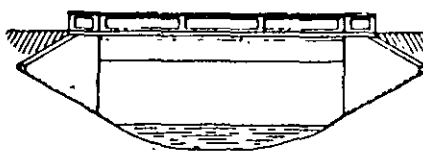


MARCO RIGIDO DE CONCRETO



SECCION DE LA LOSA

LOSA DE CONCRETO (PLANA)



SECCION VIGA T

VIGA T DE CONCRETO



PUENTE CUBIERTO

#### D. Viento:

La carga por viento es una fracción por el efecto del viento actuando contra la estructura y la carga viva. Esta carga se calcula sobre la base de un número dado de Kg/cm<sup>2</sup> dependiendo de la velocidad del viento, que actúa contra la superficie vertical expuesta del puente.

#### E. Fuerzas Longitudinales:

Estas representan una fracción por el efecto de las fuerzas originadas por el tránsito que se mueve a través del puente. Estas fuerzas actúan longitudinalmente, por ejemplo, paralelas a la línea del eje del puente, y generalmente se consideran equivalentes al cinco por ciento del valor de la carga viva.

#### F. Fuerzas por Temperatura:

Esta es una fuerza aplicada a la estructura, debido a la variación de la temperatura.

Aunque existen otros factores de carga que aquellos mencionados anteriormente, las cargas citadas pueden considerarse como los factores principales que influyen en el proyecto de una estructura típica para camino.

La decisión final en cuanto a las cargas y/o las combinaciones de cargas aplicadas a una estructura particular es, naturalmente, la responsabilidad del ingeniero proyectista y será tomada después de un cuidadoso y completo análisis estructural.

### 1.3.2 Elementos del Piso

#### A. Superficie de Rodamiento:

La Superficie de rodamiento proporciona el piso para el tránsito de los vehículos y se coloca sobre la cara superior de la losa estructural. Existen también Superficie de rodamiento coladas integralmente con la losa estructural. Cuando se utiliza esta técnica se le designa como piso monolítico.

Las Superficies de rodamiento pueden ser de concreto asfáltico o concreto de cemento portland y se considera que no proporcionan capacidad de carga.

#### B. Piso Estructural:

El piso estructural o losa, proporciona la capacidad portante de carga del sistema de cubierta.

Los sistemas de piso estructural típicos son:

1. Concreto Reforzado
2. Placas de Acero (pisos ortotrópicos) con capas de rodamiento delgadas superpuestas.
3. Rejillas de Acero (abiertas o rellenas con concreto)
4. Tablones de Madera
5. Trabes Cajón de Concreto Presforzado

#### C. Banquetas:

Las banquetas se colocan en las estructuras donde el tránsito de peatones justifique su uso. De otra manera, se recomiendan generalmente banquetas de seguridad.

Las banquetas típicas son:

1. Concreto Reforzado
2. Placas de Acero
3. Tablones de Madera

#### D. Guarniciones:

Las guarniciones se prevén en conjunto con las banquetas o las banquetas de seguridad. Las guarniciones pueden construirse de concreto reforzado, granito pre-labrado, madera o placas de acero.

#### E. Parapetos:

Los parapetos se colocan a todo lo largo de los bordes extremos del sistema de piso y proporcionan protección para el tránsito y los peatones. Existe una amplia variedad de materiales y formas de parapetos.

Algunos de los más comunes son:

1. Sistemas de rieles metálicos múltiples
2. Trabes Cajón
3. Trabes W

4. Concreto Reforzado

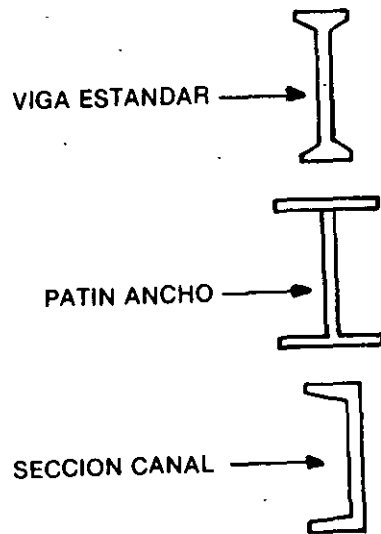
5. Madera

### 1.3.3 Elementos de la Superestructura

#### A. Traveses Laminados:

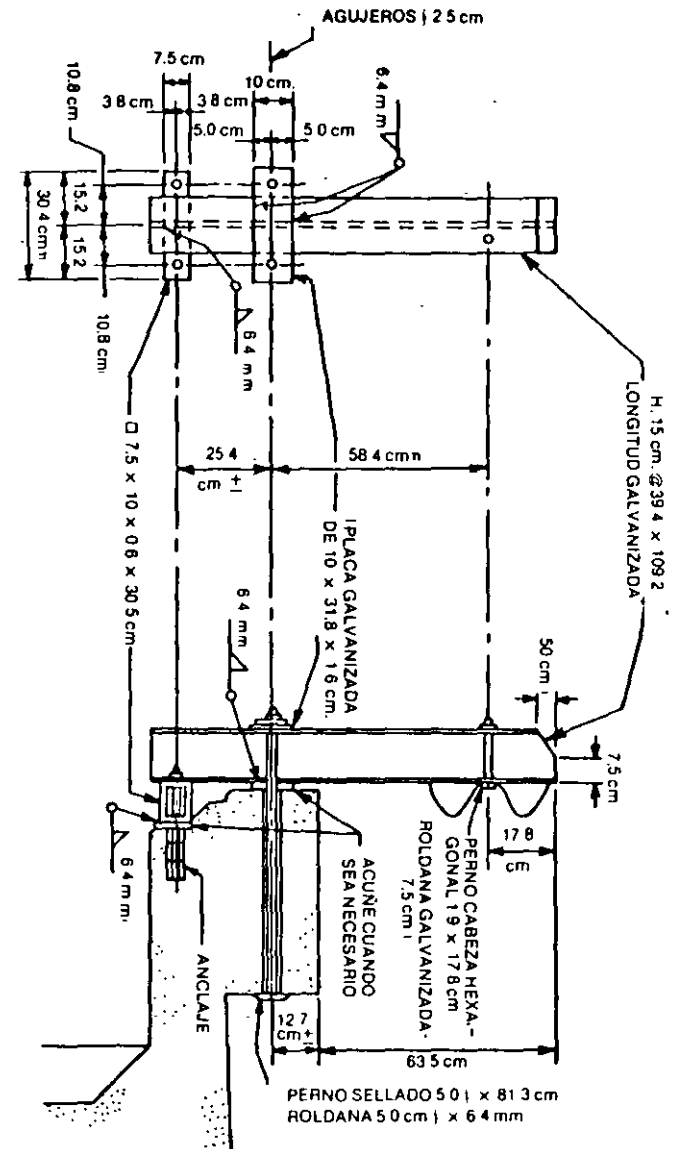
Las traveses laminados se utilizan para claros cortos. Las traveses se obtienen del taller de laminación como una unidad integral compuesta de dos patines y un alma. Los patines resisten el momento flexionante y el alma el cortante.

Los tipos más comunes de perfiles laminados para traveses son:

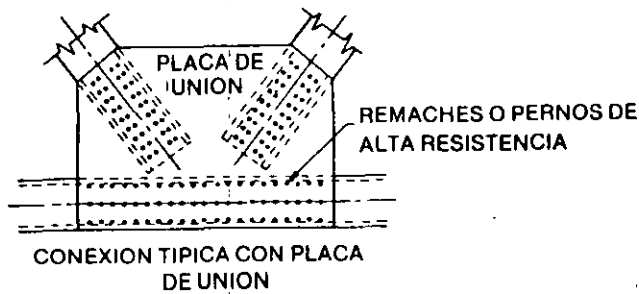


Los siguientes ilustra una sección transversal y longitudinal típica para tramos de vigas laminadas:

#### DETALLES DE POSTE DE ACERO

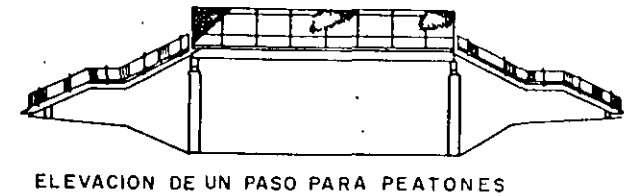
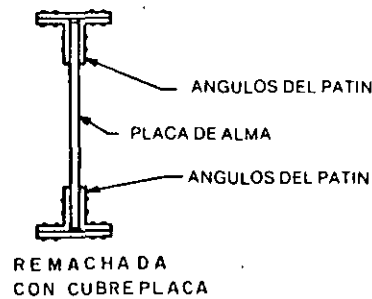
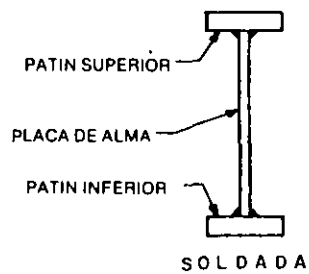




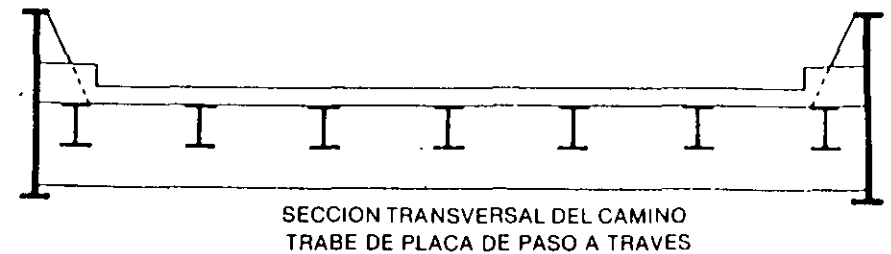
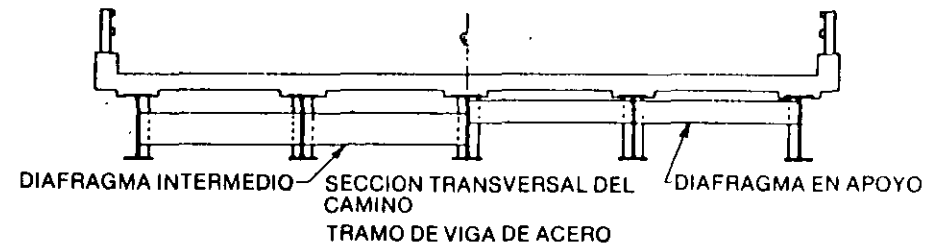


### B. Trabe Compuesta armada

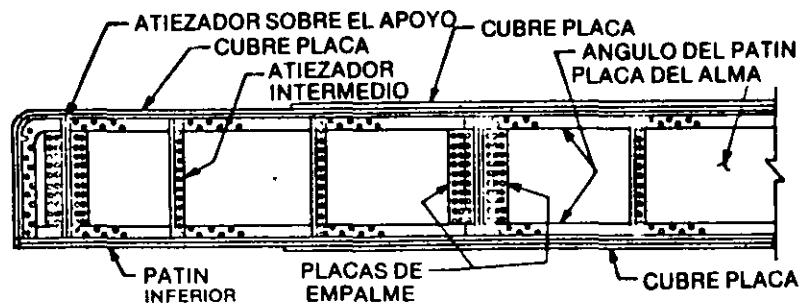
Este tipo de miembro estructural se utiliza para longitudes de claro intermedias que no requieran una armadura y si necesitan un miembro mayor que una trabe laminada. Los elementos básicos de una trabe compuesta son un alma a la cual los patines son remachados o soldados en los extremos superior e inferior. Las formas más comunes de sección transversal se muestran abajo:



ELEVACION DE UN TRAMO DE VIGA DE ACERO



Las partes componentes de una trabe compuesta típica están ilustradas abajo:



La mitad superior de la trabe compuesta (trabe de placas) estará en compresión y la mitad inferior en tensión para estructuras libremente apoyadas.

#### 1. Angulos:

Los ángulos se utilizan para traveses de placas remachadas y transmiten fuerzas de compresión o de tensión inducidas por la flexión.

#### 2. Cubre Placas:

Las cubre placas están soldadas o remachadas a los patines superior y/o inferior de la trabe para incrementar la capacidad de carga.

#### 3. Atiezadores en el Apoyo:

Estos son placas o ángulos colocados verticalmente en las zonas de apoyo y conectados al alma. Su función principal es la de transmitir los esfuerzos cortantes en la placa del alma al dispositivo de apoyo, y para prevenir el desgarramiento y el pandeo del alma.

#### 4. Atiezadores Intermedios:

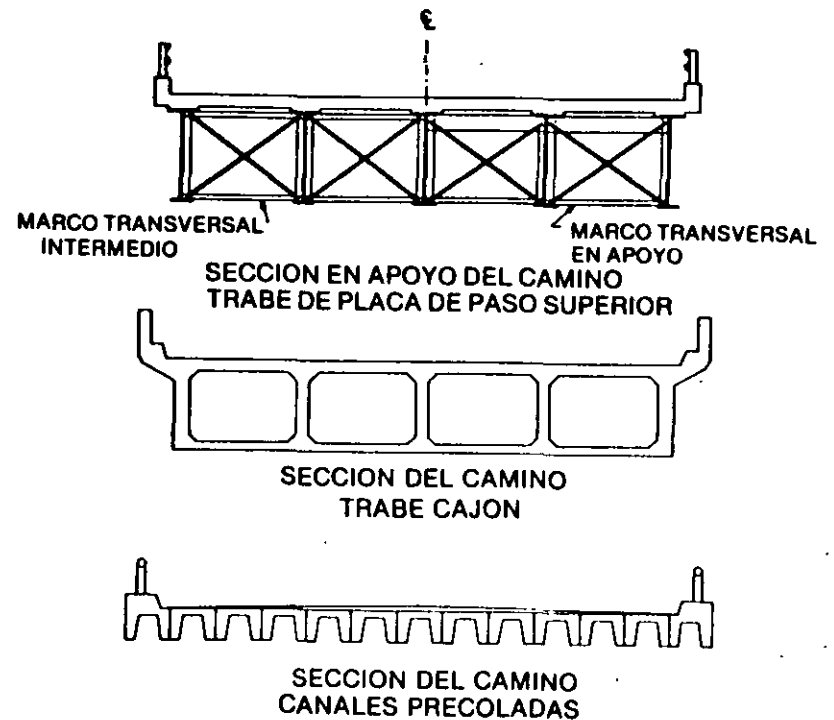
Los atiezadores intermedios son utilizados en los puntos de cargas concentradas o en las traveses peraltadas para prevenir el desgarramiento y el pandeo del alma.

#### C. Traveses de Concreto:

Las traveses de concreto están generalmente reforzadas en la zona de esfuerzos de tensión, ya sean resultantes de flexión, cortante o combinación de esto producido por cargas transversales, son por proyecto tomadas por el acero de refuerzo. El concreto toma únicamente compresión (y algo de cortante). Son generalmente de forma rectangular o T, con sus dimensiones de peralte mayores que su ancho.

#### D. Armaduras:

La armadura es un tipo de sistema estructural, el cual, debido a sus características, proporciona capacidades de carga altas y puede ser utilizado en claros de mayor longitud que las traveses laminadas y las traveses compuestas (de placas). La armadura funciona básicamente de la misma manera que una trabe laminada o una trabe compuesta para resistir las cargas —las cuerdas superior o inferior actúan como patines de las traveses y los miembros diagonales como el alma.



Los elementos típicos de sistemas estructurales que son utilizados para estructuras carreteras están ilustrados como sigue: (Estos tipos de armadura pueden ser utilizados como "Paso a través" o "Paso Superior").

#### 1. Cuerda:

En una armadura, los miembros longitudinales, superiores o inferiores, que se prolongan en toda la longitud se denominan cuerdas. La porción superior se denomina cordón superior o cuerda superior y la correspondiente a la porción inferior es denominada cordón inferior o cuerda inferior. Para un tramo libremente apoyado, la cuerda superior estará siempre en compresión y la cuerda inferior estará siempre en tensión y se considerarán como miembros estructurales principales.

La falla de cualquier cuerda provocará la inseguridad de la armadura.

#### 2. Diagonales:

Los tramos de miembros de alma diagonales entre cuerdas superior e inferior sucesivas resistirán tensión o compresión dependiendo de la configuración de la armadura. La mayor parte de las diagonales son también miembros estructurales principales y su falla podría usualmente ser crítica y volver a la armadura insegura.

#### 3. Montantes

Miembros de alma verticales entre las cuerdas superior e inferior; los cuales resistirán esfuerzos de tensión o compresión dependiendo de la configuración de la armadura. La mayor parte de las verticales son también miembros estructurales principales y su falla puede ser generalmente crítica y colocar a la estructura en condiciones de inseguridad.

#### 4. Nudo:

El punto de intersección de un miembro de alma principal y uno de la cuerda de una armadura.

Los incisos del 5 al 11 que siguen pueden ser considerados miembros estructurales secundarios y aun cuando su falla debiera recibir atención inmediata, una falla de un solo miembro no volverá la armadura insegura.

#### 5. Arriostamiento del Portal:

El arriostamiento del portal se encuentra en la parte superior en los extremos de una armadura de paso a través y proporciona estabilidad lateral y transferencia de cortante entre armaduras.

#### 6. Arriostamiento Transversal:

Los puntales transversales son miembros estructurales secundarios que atraviesan de lado a lado entre armaduras en nudos interiores y proporcionan estabilidad lateral y transferencia de cortante entre armaduras.

#### 7. Arriostamiento Lateral Superior.

Los puntales laterales superiores están situados en el plano de la cuerda superior y proporcionan estabilidad lateral entre las dos armaduras y resistencia a los esfuerzos por viento.

#### 8. Arriostamiento Lateral Inferior:

Los puntales laterales inferiores están situados en el plano de la cuerda inferior y proporcionan estabilidad lateral y resistencia a los esfuerzos por viento.

#### 9. Pieza de Puente:

La pieza de puente atraviesa de lado a lado entre armaduras en los nudos y transmite las cargas de los largueros del piso y el sistema de piso a las armaduras.

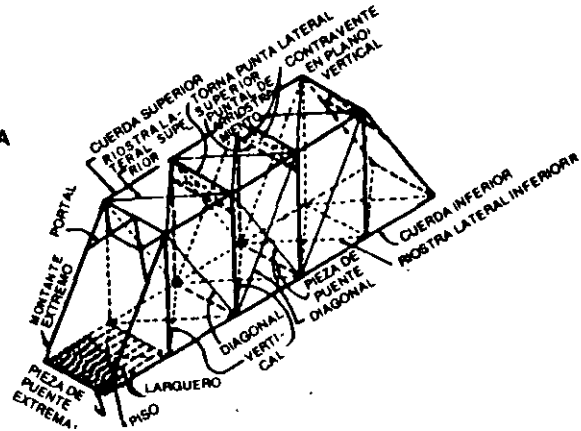
#### 10. Largueros:

Los largueros atraviesan de lado a lado entre piezas de puente y proporcionan el apoyo principal para el sistema de piso. La carga del piso es transmitida a los largueros y a través de los largueros a las piezas de puente y de éstas a las armaduras.

#### 11. Placas de Unión:

Estas placas conectan los miembros estructurales de una armadura. En armaduras antiguas se utilizan pernos en lugar de éstas

**ARMADURAS PARA  
PUENTES**



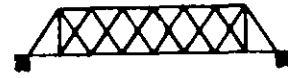
ARMADURA HOWE DE PASO A TRAVES



ARMADURA PRATT DE PASO A TRAVES



ARMADURA WARREN DE PASO A TRAVES



ARMADURA WARREN DE PASO A TRAVES CUADRANGULAR



ARMADURA WHIPPLE DE PASO A TRAVES



ARMADURA DE CORDON SUPERIOR ARQUEADO



ARMADURA BALTIMORE DE PASO A TRAVES



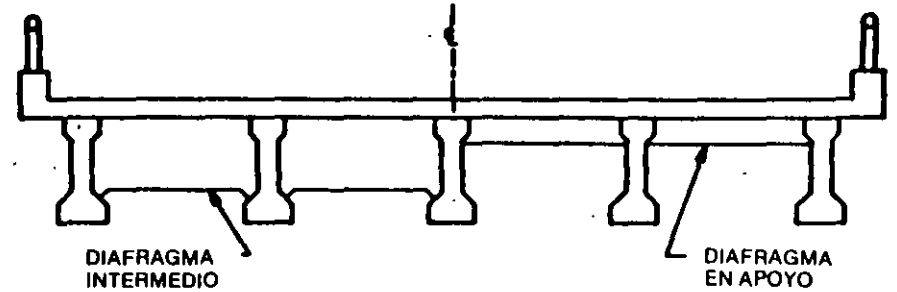
ARMADURA - K



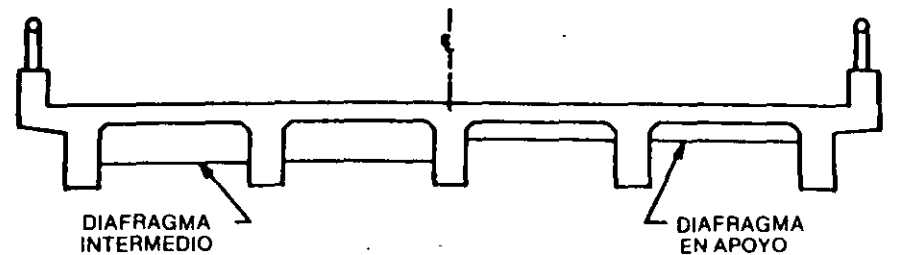
ARMADURA PETIT DE PASO A TRAVES



ARMADURA - K



SECCION DEL CAMINO  
TRABE PREFORZADA



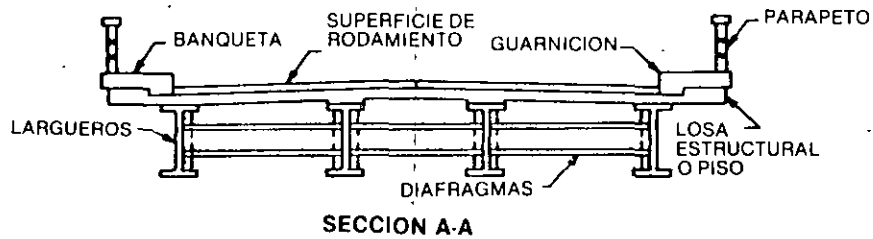
SECCION DEL CAMINO  
VIGA "T"

### 1.3.4 Tipos de claro:

En términos de su condición de apoyo, hay tres tipos generales; libremente apoyados, continuos y en cantiliver.

#### A. Libremente Apoyados:

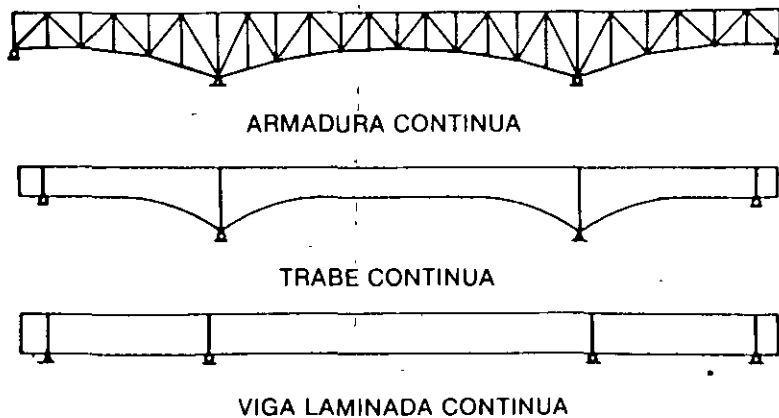
Este es el más común. Consiste de una trabe diferente para cada tramo y está apoyada en un extremo en un pasador o articulación (apoyo fijo) y en el otro sobre un rodillo (apoyo móvil).



#### B. Tramos Continuos:

Es el caso en el cual la superestructura es continua sobre uno o más apoyos. Las ventajas principales de este tipo de construcción son la reducción del peralte de la superestructura y la reducción del número de juntas del piso, y una mayor reserva de resistencia.

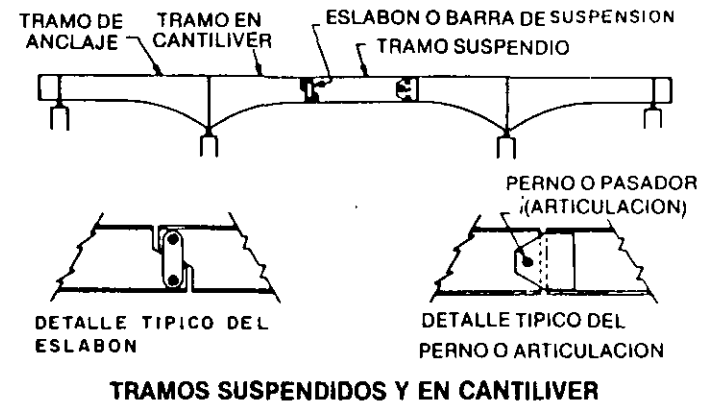
Los siguientes, son ejemplos de estructuras continuas:



#### C. Tramos en Cantiliver:

Este tipo de proyecto proporciona algunas de las ventajas de los tramos continuos. La diferencia principal viene siendo que una o varias articulaciones son colocadas en la trabe para simplificar su proyecto y construcción.

Se ilustra un diseño de tramo suspendido típico:

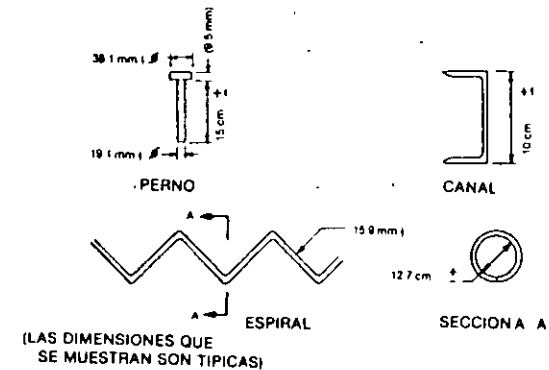


#### D. Trabes Compuestas:

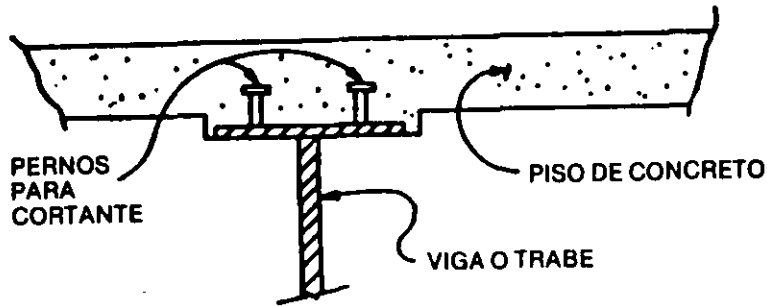
Miembros Estructurales Compuestos —como el nombre lo implica— están compuestos de dos o más materiales de construcción.

Una trabe compuesta tiene conectores para cortantes soldados al patin superior y cuando el piso es colado sobre la trabe, ésta y el piso trabajan como una unidad para resistir las cargas.

Se ilustran tres tipos de conectores por cortante que se utilizan comúnmente:



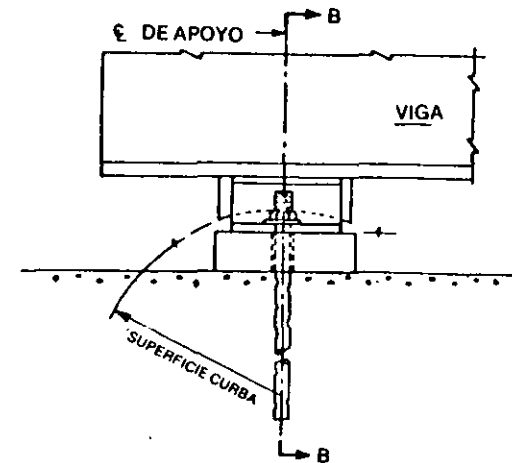
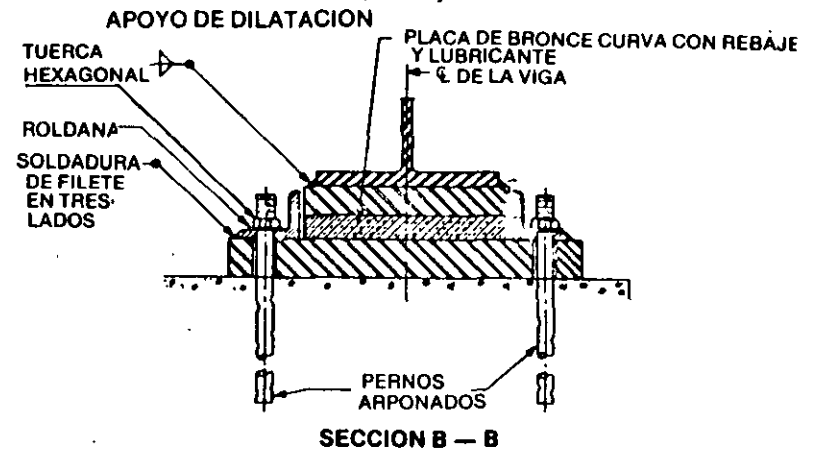
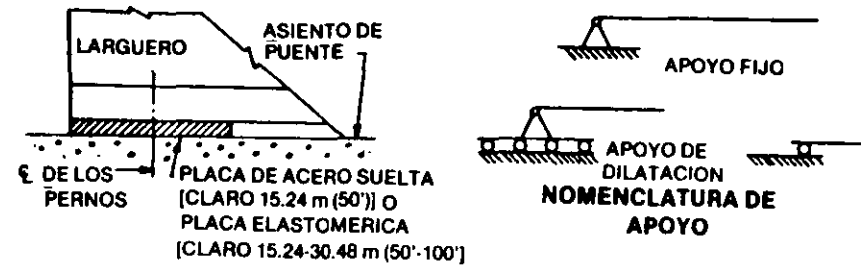
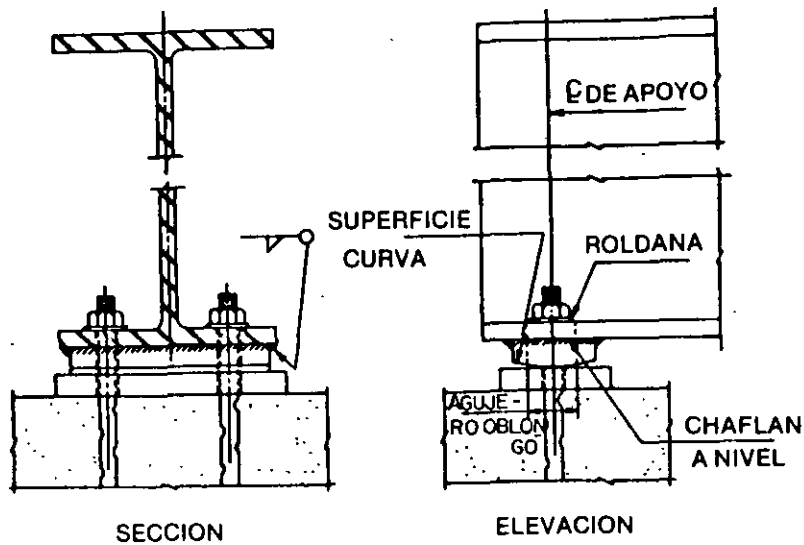
Se ilustra una sección compuesta típica:



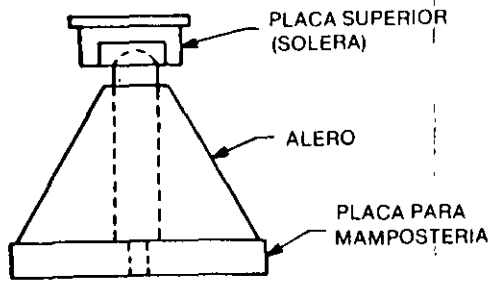
### E. Apoyos:

Los apoyos transmiten la carga de la superestructura a la subestructura. Ellos también se diseñan para movimientos longitudinales debidos a dilatación y contracción y movimientos de rotación debidos a la deflexión. Los apoyos del puente son de vital importancia para el funcionamiento de la estructura. Si ellos no conservan una buena disposición de trabajo, puede inducirse esfuerzos a la estructura que pueden acortar la vida útil del puente.

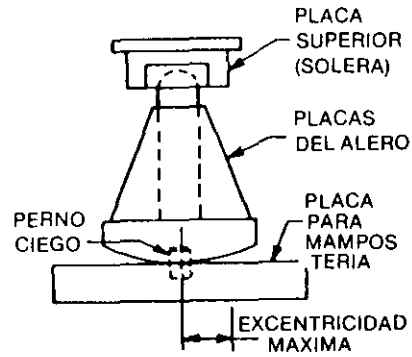
En las siguientes páginas se muestran algunos de los apoyos típicos para puente:



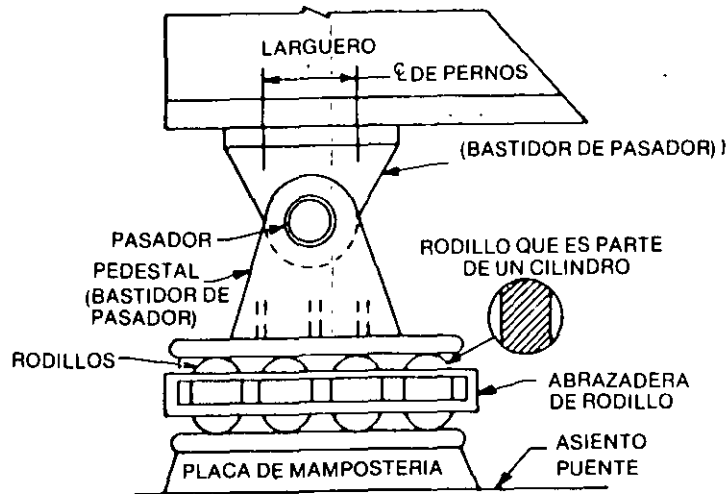
APOYO DE DILATACION DESLIZANTE



**APOYO FIJO**



**APOYO DE DILATACION**



**APOYO DE DILATACION CON RODILLO**

### 1.3.5 Elementos de la Subestructura

#### A. Estribos:

Una estructura individual la cual soporta el extremo de un tramo simple o el extremo final de una superestructura de varios claros, y generalmente retiene o soporta el terraplén de acceso.

1. Estribo Recto. (Estribo aislado (colgado), Estribo al pie del Terraplén). Un estribo asentado cerca de la parte superior de un terraplén o talud y que tiene una altura relativamente pequeña. Frecuentemente está apoyado sobre pilotes hincados a través del terraplén o del terreno natural, los estribos pueden también estar cimentados sobre relleno de grava, el terraplén o el mismo terreno natural.

2. Estribo de Altura Total. (Estribo de Hombro). Un estribo en cantiliver que se prolonga desde la rasante del camino bajo hasta aquella del camino de arriba. Usualmente se asienta fuera del hombro.

Esto puede ser sobre pilotes o en cimientos por ampliación de base de diseño abierto o cerrado. En la página siguiente se detalla un estribo típico de puente y la terminología relacionada:

#### B. Pilas:

Las Pilas de Puente transmiten la carga de la superestructura al material de cimentación y proporcionan apoyos intermedios entre los estribos.

#### C. Pilotes:

Los Pilotes se utilizan para transmitir las cargas del puente al material de cimentación cuando las condiciones del suelo no son convenientes para recibir la carga por superficie.

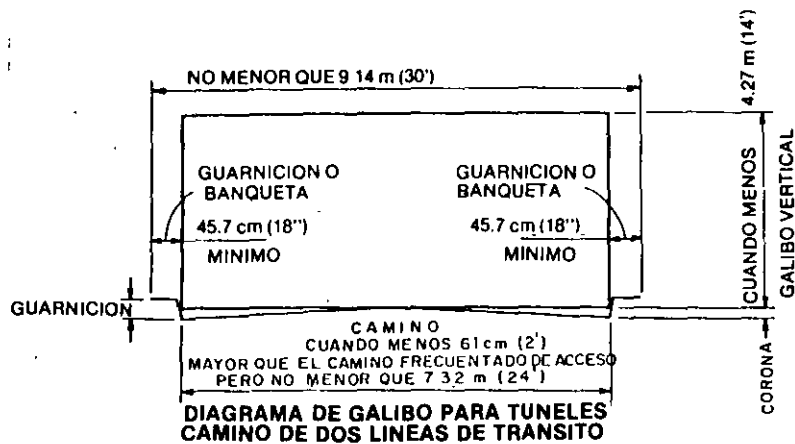
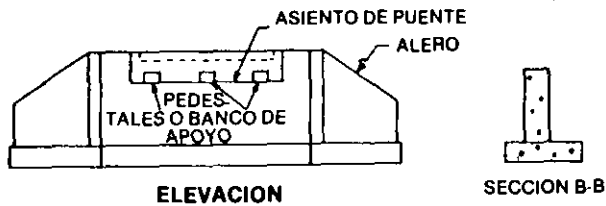
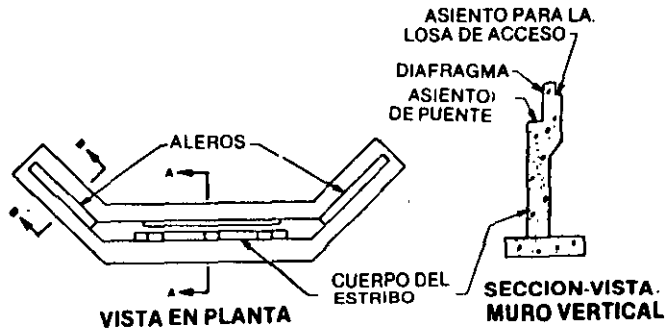
Los tipos de pilote típicos son:

1. Pilotes de Acero en H
2. Madera
3. Pilotes de Concreto (Colados en sitio o precolados)
4. Tubo relleno de concreto o Pilotes con cuerpo de Pared Delgada

### 1.3.6 Varios

### A. Gálibos:

Gálibos se refieren a las distancias mínimas que proporciona el puente para el paso del tránsito. Se muestran las medidas del gálibo típico:



### B. Bombeo (Contraflecha):

Es una curvatura inicial, generalmente hacia arriba, construida en una trabe, trabe compuesta o armadura para eliminar efectos geométricos desagradables, columpios y trampas de agua sobre la superficie del puente y permitir curvas verticales o pendientes transversales en la sección del camino:

### C. Refuerzo para Concreto:

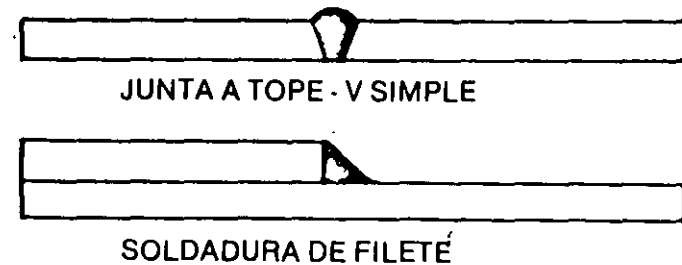
El Concreto no puede resistir esfuerzos de tensión y por consiguiente se refuerza con varillas de acero o alambre.

Se utilizan generalmente para refuerzo de concreto, dos tipos, que se ilustran en la siguiente página.

1. Varillas corrugadas —para refuerzo principal.
2. Malla de alambre para áreas de esfuerzos bajos, por ejemplo, esfuerzos por temperatura.

### D. Soldaduras:

El soldado es un método de conservar dos metales juntos por la fusión del metal en las juntas uniéndolos con un material de aportación de una varilla de soldadura. Cuando se enfría el metal de soldadura y el metal base forman una junta continua y casi homogénea. Se muestran en seguida dos soldaduras típicas:



### E. Pernos de Alta Resistencia:

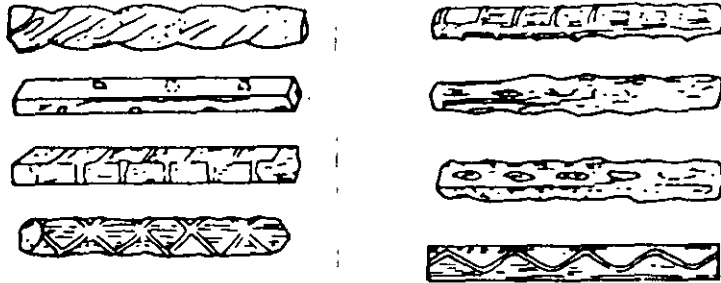
Estos pernos desarrollan una fuerza de fijación elevada cuando se aprietan a muy alta tensión. Durante los últimos 15 años, el perno de alta resistencia A325 ha llegado a ser el principal fijador en el campo de acero estructural. Las especificaciones designan para un perno estructural hexagonal pesado, una tuerca hexagonal semi-terminada pesada y ya sea una o dos roldanas. Pueden requerirse roldanas biseladas.



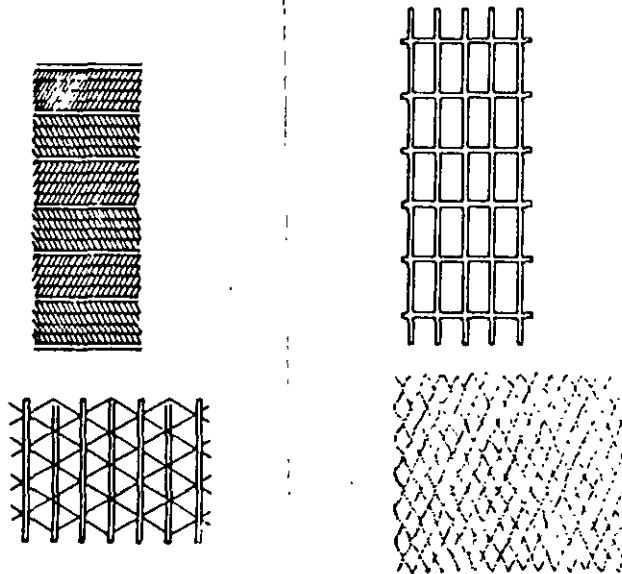
## F. Fatiga:

Este término se aplica al fenómeno por el cual un miembro estructural, sujeto a esfuerzos alternados de tensión y compresión debidos a las cargas móviles en el puente, tiene su vida útil reducida. Una grieta, muy frecuentemente pequeña, se desarrollará y crecerá gradualmente sobre el miembro, con lo cual decrecerá su capacidad de carga hasta un punto peligroso en el cual existe la posibilidad de falla súbita.

### VARILLAS CORRUGADAS



### MALLA DE ALAMBRE



## G. Juntas de Dilatación:

Estas son juntas colocadas en la superficie de rodamiento del puente y en el piso mismo, para permitir el movimiento longitudinal de los miembros estructurales debidos a cambios en la temperatura. Ellas previenen el agrietamiento en la superficie de rodamiento y en el piso.

## H. Drenes:

Estos están situados a lo largo de la línea de guarnición y proporcionan el drenaje del piso.

## I. Bajadas para Desagüe:

Cuando no es conveniente permitir que el agua de los drenes caiga libremente, ésta se elimina con el uso de tubos.

### 1.4.0 Inventario

La operación inicial en el mantenimiento de puentes y una de las más importantes, es tener un registro exacto y completo de cada puente en el sistema carretero. Estos sistemas pueden variar desde un sistema de tarjeta manual sencillo, conteniendo la localización básica y datos tipo, hasta un archivo de datos automatizado que contenga los datos históricos completos, como los materiales que se utilizaron en cada elemento del puente y su procedencia.

Un mantenimiento adecuado requiere un nivel de reserva para materiales, equipo y mano de obra, es deseable que el inventario provea suficiente detalle para que la futura carga de trabajo pueda ser determinada para propósitos de presupuesto.

En vista de que organizaciones de caminos del Estado son requeridas para proporcionar información sobre el inventario de estructuras a FHWA sobre todas las estructuras en sistemas F.A., serán consultadas la Sección 3, Registros, y Lámina 14, Inventario de Estructuras y Hoja de Avalúo (S1 y A) del Manual para Inspección de Mantenimiento de Puentes.

Se estudiarán también el "Registro y Guía de Codificación para Inventario de Estructuras y Evaluación de los Puentes de la Nación".

### 1.5.0 Inspección

La función principal del programa de mantenimiento de puentes es la de conservar los puentes en condiciones que proporcionen seguridad y un flujo de tránsito ininterrumpido. La protección de la inversión en la estructura se facilita a través de reparaciones bien programadas, está subordinada únicamente a la seguridad del tránsito y a la de la estructura misma.

Para alcanzar los resultados deseados se requiere de vigilancia y procedimiento de inspección cuidadosos.

IDENTIFICACION		CLASIFICACION	
1 Estado	24 Sistema de carretera	Cambio de fecha	
2 Distrito de la carretera	25 Administrativo	Inspección de mantenimiento	
3 Municipio + Población	26 Funcional	Análisis de las condiciones	
4 Ruta del inventario En Debajo		Evaluación	
5 Puntos Intersectados		Estimación de costos	
		Revisión general	
7 Inet. soportadas por la estr.	DATOS DE LA CONSTRUCCION		42 Tipo de servicio CLAVE
8 Estructura No	27 Año de construcción	43 Tipo de estructura	
9 Localización	28 Carriles en la estr. debajo	44 Tipo de acceso	
10 Especto libre vertical mín	29 TDA Año	45 No de claros - Principal	
11 Kilometraje	30 Carga de diseño	46 No de accesos	
12 No del tramo de la carretera	31 Ancho de cda. entre hombros	47 Dist. Libre horizontal m	
13 Descrip. de la protección del pte	32 Con faja Sin Abierto Cerrado	48 Long. máx. del claro m	
14 Kilometraje de la protección	33 Esviajamiento	49 Long. de la estructura m	
15 Longitud de la protección	34 Estr. inclinada Si No	50 Banquetas Izq Der m	
16 Latitud	35 Características de seguridad	51 Ancho cda. entre guarnic. m	
17 Longitud	36	52 Ancho de losa entre orillas m	
18 Vulnerabilidad física	37 Control de navegación Si No	53 Gálbo vert. sobre losa m	
19 Lona de retorno o desvío	38 Vertical m	54 Gálbo vert. abajo de losa m	
20 Peaje	39 Horizontal m	55 Gálbo vert. derecha m	
21 Vigilancia	40 Señales de abierto y cerrado	56 Gálbo vert. izquierda m	
22 Propietario		57 Superficie de rodamiento	
CONDICION Material Análisis de las condiciones Calificación			
58 Losa			
59 Superestructura			
60 Subestructura			
61 Canal y protección del canal			
62 Alicatado y muros de contención			
63 Estimación de vida útil	60 Alineamiento de la cda. de acceso		
64 Condiciones de operación	65 Estado del inventario		
EVALUACION Defectos Calificación			
67 Condición de la estructura			
68 Geometría de la losa			
69 Gálbos interiores Vertical y lateral			
70 Capacidad de carga de seguridad			
71 Condiciones de la corriente de agua			
72 Alineamiento de la calzada de acceso			
MEJORAS PROPUESTAS			
73 Año requerido Terminado Descripción (el concepto)			
74 Tipo de obra			
75 Long. de la obra de mejoramiento m			
76 Carga de diseño			
77 Ancho de la calzada m			
78 No. de carriles			
79 Tipo de servicio	82 Mejoramiento de la calzada anterior Año		
80 TDA	81 Año 83 Tipo de mejoramiento de la calzada		
Observaciones			
84 Costo del mejoramiento \$			
85 Obras preliminares \$			
86 Demolición \$			
87 Subestructura \$			
88 Superestructura \$			
89 Fecha de la inspección			

Los procedimientos de inspección no se tratarán en detalle en este manual ya que existen excelentes manuales detallados sobre la materia. Se hace una recomendación específica a los dos documentos siguientes:

Manual para Inspección de Mantenimiento de Puentes 1974 Publicado por American Association of State Highway and Transportation Officials.

341 National Press Building

Washington, D.C. 20045

Manual de Adiestramiento de Inspectores de Puentes 70

\*U.S. Department of Transportation

Federal Highway Administration

Bureau of Public Roads

Washington, D.C. 20590

Es sabido que cada zona del país tiene ciertas condiciones geográficas, las cuales imponen el énfasis de una inspección especial. Aquellas estructuras sobre los depósitos aluviales de las corrientes, sujetas al golpeo del agua de las crecientes, requieren una inspección frecuente de su cimentación, mientras que aquellas zonas de fuertes nevadas están sujetas a problemas de piso especiales. Las estructuras expuestas a la acción periódica de aguas saladas requieren un enfoque diferente a aquellas sujetas a contaminantes deletéreos de humo industrial. Los manuales antes citados proporcionan suficiente detalle a fin de que cada jurisdicción pueda desarrollar un procedimiento de inspección que proporcionará la información apropiada de las condiciones del puente para aquella zona al mismo tiempo que se reúnen las normas FHWA.

El procedimiento de inspección, si se utiliza para establecer las prioridades de reparación, será cuidadoso de subrayar qué deterioro se encuentra en los miembros principales, secundarios y miembros redundantes. Debido a la falla de un miembro principal generalmente resulta en un colapso inmediato de la estructura, esto se convierte en la prioridad mayor de una organización de mantenimiento.

\* Se hará referencia específica al Capítulo VI, Reportes y Recomendaciones

## CAPITULO 2.0.0 PISOS

El deterioro de los pisos de puente ha sido el mayor problema individual en el mantenimiento de puentes por muchas décadas. Unos cuantos empleados veteranos de mantenimiento de puente pueden todavía ser localizados en algunos de los Departamentos de Carreteras del Estado en este país, quienes pueden reanudar la gran actividad que se requiere en la reparación de cubiertas de madera de diferentes diseños tales como pisos de puente de tablonces laminados de madera o bloques de madera. Es únicamente a partir de la II Guerra Mundial que el problema del deterioro de los pisos de concreto ha surgido como uno de los más importantes y molestos problemas de la época moderna para los ingenieros y técnicos en mantenimiento de puentes.

### 2.3.0 Nomenclatura

Los pisos tratados en este capítulo se limitarán a concreto ortotrópico y rejilla de acero con una discusión adicional de problemas, métodos correctivos y métodos preventivos.

El deterioro de los pisos de concreto tiene lugar en tres formas principales: descamado, desconchamiento y agrietamiento.

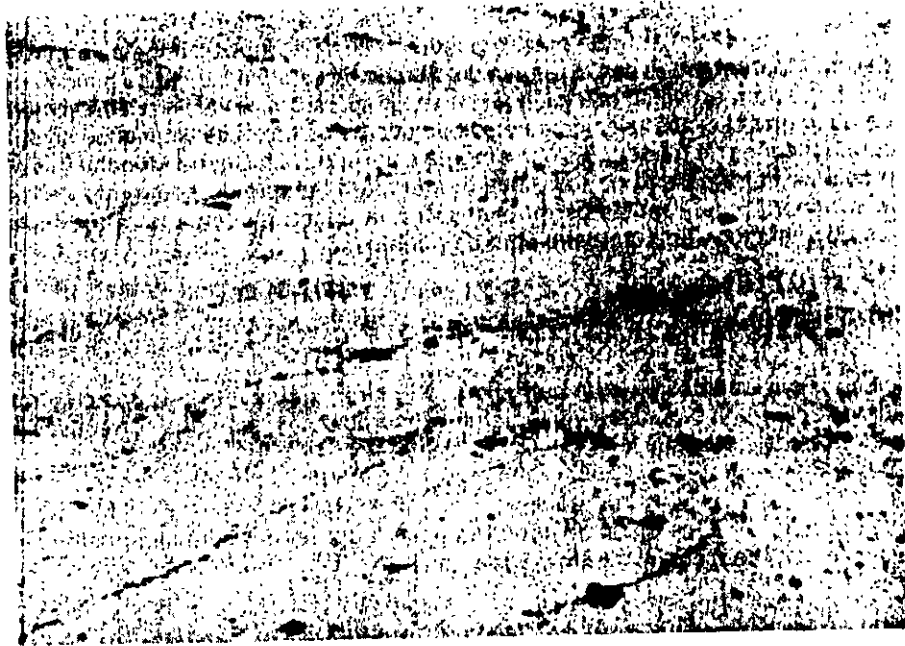
Un piso ortotrópico es un piso metálico que actúa integralmente con la superestructura metálica. El piso lo constituyen realmente los patines superiores del sistema completo de traveses, largueros y piezas de puente. Se construye una superficie de rodamiento de concreto asfáltico o epóxico para obtener resistencia al deslizamiento.

Un piso de rejilla de acero es un piso de reemplazo y consiste en una rejilla abierta apoyada sobre separadores que tienen asiento sobre los largueros longitudinales. La altura de los separadores depende del ajuste necesario para emparejar la elevación del piso antiguo. Los separadores están soldados a los largueros y la rejilla abierta está soldada a los separadores.

### 2.3.1 Pisos de concreto

#### A. Escamado

1. El escamado se hace evidente por sí mismo por una descomposición gradual de la pasta de cemento, comenzando en la superficie y progresando hacia abajo. Ello puede ser el resultado de las fuerzas expansivas debido a ciclos de congelamiento —descongelamiento, mal drenaje, materiales pobres o una construcción inadecuada.



#### 2. Corrección

Desde que se utilizó aire incluido en el concreto la incidencia del escamado ha sido reducida a proporciones mínimas. El escamado fuerte y severo, donde ocurra, puede ser corregido por el uso de un resane con mortero epóxico delgado para impermeabilizar la zona y prevenir la penetración del agua al acero de refuerzo.

También son aplicables para estas reparaciones cementos patentados de fraguado rápido así como de bajo revenimiento, concreto con un contenido alto de cemento.

### 3. Prevención

Además del uso de concreto con aire incluido, el escamado puede prevenirse con el uso de materiales que no tengan defectos, métodos de construcción apropiados y la conservación de un buen drenaje, especialmente en las zonas de desagüe. Un programa regular de limpieza con chorro de agua puede reducir el escamado. Las investigaciones indican que las aplicaciones de aceite de linaza pueden reducir la posibilidad de escamado.

#### B. Desconchado

##### 1. Problema

El desconchado es la rotura en lascas de piezas de concreto, frecuentemente comienza en la parte superior del acero de refuerzo. Una escuela considera que esto puede resultar de la oxidación del acero, o la dilatación del agregado inferior. Otra escuela estima que el desconchado es relativamente un fenómeno nuevo. Otras consideran que el desconchado está presente con escamado, pero cuando este está desapareciendo, el desconchado llega a ser prominente.

Sin embargo, la mayor parte de las autoridades están de acuerdo que el desconchado está relacionado con la corrosión del acero de refuerzo y que el desconchado se acelera con la mayor utilización de cloruros.

Si bien el desconchado de los pisos de puente de concreto se ha observado que comienza en el primer año de servicio, en otros casos no aparece en cinco años o más. El rango de evolución y severidad se debe a muchos factores tales como espesor del recubrimiento del acero, porosidad del concreto, volumen y tipo de tránsito, flexibilidad del piso (ambas longitudinal y transversal) cantidad de cloruros utilizados para mantenimiento en invierno y número de ciclos de congelamiento —descongelamiento.

El mínimo efecto del desconchado en puentes es el incremento de impacto producido por los vehículos rebotando a través de la zona desconchada. El desconchamiento generalizado sobre estructuras tales como losas de concreto, travesaños cajón y travesaños T puede en realidad reducir la capacidad de carga de seguridad de la estructura.

##### 2. Corrección

###### a. Resanado

Cuando las primeras desconchaduras empiezan a aparecer, es práctica común hacer reparaciones de naturaleza provisional utilizando materiales de resanado asfálticos. Si las desconchaduras son totalmente superficiales, ellas pueden a menudo ser ignoradas a menos que una cuadrilla de bacheo del camión

no vaya a entrar al puente en su programa de rutina de bacheo del pavimento. Cuando el deterioro llega a ser más extenso y profundo, debe iniciarse un programa definido de bacheo del piso. En años recientes, muchos Estados han estado utilizando bachas de mortero epóxico, no obstante que están siendo introducidos nuevos cementos hidráulicos y otros materiales de fraguado rápido, algunos Estados están en contra del uso de los morteros epóxicos.

Al hacer un resane permanente, diferente a un bacheo de asfalto temporal, el material utilizado deberá ligarse firmemente al material sano restante y será de igual o mayor resistencia a la compresión para restituir la integridad estructural del piso.

Los morteros epóxicos siempre han tenido la desventaja de una reacción exotérmica con resultado de una gran cantidad de agrietamiento. Esto llega a ser señaladamente grave en los resanes profundos. La práctica parece estar arraigada en el uso de "cemento Portland de fraguado controlado" y el uso de morteros y concretos de cemento Portland simple con un coeficiente de cemento muy alto, cerca de 9 sacos de cemento por 0.765 m<sup>3</sup> de concreto. En el pasado, ninguno de estos materiales de resane permitía que la línea de tránsito fuera retomada a servicio al fin del día de trabajo, como es el caso con el uso de los resanes epóxicos. Ahora, sin embargo, con ambos cemento Portland de fraguado controlado y concreto con altos coeficientes de cemento, bajo un mezclado controlado cuidadosamente y colados estándar, puede ser abierta al tránsito en dos o cuatro horas. Ha sido utilizado con éxito un producto digno de confianza, Embeco. Este tiene características expansivas y tiene un buen historial aunque es muy costoso. (Vea Capítulo 10 para otros posibles materiales).

Un procedimiento que ha sido desarrollado recientemente es el de reparar las áreas laminadas antes de que las astillas crezcan o se disminuya al área, por medio de la inyección del área con un epóxico de baja viscosidad.

Desafortunadamente, las reparaciones hechas gradualmente por bachas separadas es difícilmente la solución final. Eventualmente, un piso de puente llega a ser una masa de resanes con un proceso de reparación sin fin. Como una aproximación, es más costoso, especialmente en autopistas con volúmenes de tránsito y velocidades altas, donde la interrupción frecuente del tránsito normal es inconveniente y peligrosa tanto para los automovilistas como para los empleados de mantenimiento. Nota: No debe permitirse en la reparación de pisos de puente el uso de cloruros como un aditivo de fraguado rápido.

#### b. Capas Superpuestas

En algunos casos a través del proceso de resanado, se toma la decisión de cubrir el piso completo con una capa superpuesta durable, la cual servirá como superficie de rodamiento y barrera contra la humedad. El objetivo más importan-

te del recubrimiento debe ser la eliminación del agua del piso de concreto. De todos los factores que contribuyen al deterioro de los pisos de concreto, el agua es el factor individual más importante. El oxígeno disuelto en el agua determina un proceso de oxidación nocivo para el acero de refuerzo. El agua por sí sola, cuando tiene volumen suficiente, al congelarse ejercerá fuerzas expansivas destructivas sobre el concreto. Esta acción es bastante grave, pero en vista de que el agua conserva y disuelve químicos muy activos en forma de cloruros, indirectamente llega a ser el factor más importante que influye en la destrucción del piso de concreto del puente.

Existen dos tipos distintos de sistemas de recubrimiento. El primero consiste de una superficie de rodamiento de concreto bituminoso colocada sobre una membrana impermeable. Existen numerosas membranas en el mercado. Este sistema requiere la instalación apropiada de la membrana para que sea efectiva. El segundo sistema consiste de un concreto o mortero de cemento Portland rígido adherente (1) sobre el piso preparado original ó (2) un mortero o concreto de cemento Portland al cual se le ha agregado un látex líquido. El número (1) se aplica con una muy baja relación agua-cemento, comúnmente con un revenimiento máximo de 2.5 cm(1"). El número (2) se mezcla y se coloca también con una relación agua-cemento baja, pero puesto que el látex es un líquido, y este líquido no está incluido en la relación agua-cemento, la mezcla resultante es muy fluida y se coloca muy fácilmente. Estos dos sistemas tienen aproximadamente el mismo costo total in situ. En apoyo de estos sistemas llamados "rígidos" se dice que ellos están estructuralmente adheridos y en consecuencia actúan monolíticamente con el piso original, y de esta manera rigidizan la losa del piso. Haciendo omisión del método elegido, es necesario llevar a cabo un cuidadoso estudio de las diversas alternativas e instalaciones cuidadosas para obtener un recubrimiento efectivo. Los análisis deben comprender el efecto de la carga muerta que se adiciona y el incremento de rigidez en la estructura.

#### c. Reposición

Una alternativa del recubrimiento del piso es la remoción y reconstrucción del piso completo. Un estudio de beneficio-costos indicará si es más económico colocar inmediatamente un recubrimiento a un costo dado para una vida adicional probable dada, o realizar un mantenimiento mínimo para un número de años y entonces reemplazar el piso completo. Debido a las condiciones variables de clima y tránsito, cada Estado debe preparar sus propias estadísticas para las relaciones beneficio-costos mencionadas.

#### 3. Prevención

El desconchado puede ser reducido considerablemente eliminando los factores que contribuyen a la corrosión del refuerzo, tales como la reducción en el uso de deshieladores y proporcionando impermeabilización. Otras medidas que

muchos consideran efectivas y que usualmente sólo pueden ser utilizadas con el diseño de la estructura son:

- Utilización de un concreto mejor y más impermeable
- Proporcionando un sistema impermeable de protección sobre el piso en el momento de la construcción original.
- Revistiendo las varillas de refuerzo (epoxy o galvanizado)
- Proporcionando un recubrimiento adecuado sobre las varillas superiores.
- Diseñando adecuadamente para reducir la vibración por carga viva excesiva.
- Protección catódica
- Utilizando técnicas de construcción y control apropiadas
- Concreto impregnado de polímero

### C. Agrietamiento

#### 1. Problema

El desconchamiento de un piso de concreto es usualmente precedido de agrietamiento. El agrietamiento puede ser transversal, longitudinal, diagonal o grietas indefinidas. El agrietamiento ocurre cuando los esfuerzos de tensión exceden la resistencia a la tensión del concreto. Existen tantos factores probables que causan agrietamiento, como tipos de agrietamiento. Las grietas transversales generalmente se presentan sobre las varillas superiores. Las grietas longitudinales son comunes entre travesaños de concreto presforzados. Las grietas irregulares pueden ser causadas por deflexión, por carga, métodos de curado inapropiados, materiales defectuosos, movimientos de la cimentación y otros fenómenos afines.

#### 2. Corrección

Sea que se repare o no un piso agrietado y el método de reparación dependen de la naturaleza de las grietas. Donde los esfuerzos se hayan eliminado y existan condiciones estables, las grietas pueden ser reparadas por un simple inyectado con un epóxico de baja viscosidad. De otra manera, una grieta móvil es muy difícil de reparar. Primero, los factores que contribuyan al movimiento deben ser eliminados, y entonces, dependiendo del tamaño, el epóxico puede inyectarse o debe quitarse suficiente concreto para permitir que se coloque un resane profundo.

Un piso con numerosas grietas debe repararse colocando una barrera flexible contra la humedad sobre la superficie completa, y recubriendo con una capa de rodamiento flexible. Puede colocarse un recubrimiento rígido si se han establecido las grietas. Esto prevendrá el ataque del agua a las varillas, evitando de esta manera un posible desconchamiento.

#### 3 Prevención

El agrietamiento puede prevenirse tomando las mismas precauciones que se citaron para el desconchamiento. De especial importancia en el control del agrietamiento es la utilización de métodos de curado apropiados. Las previsiones para la dilatación adecuada de los accesos eliminarán el agrietamiento en las juntas del piso asociado con el empuje del pavimento.

### 2 3 2 Pisos Ortotrópicos

#### A Soldadura

##### 1. Problema

Un problema que se ha encontrado es la falla de las soldaduras que unen el sistema.

La corrosión en la superficie de separación entre la superficie de rodamiento y el piso puede estar generalizada bajo ciertas condiciones.

##### 2. Corrección

La mejor protección contra la corrosión del metal es una membrana impermeable. Donde la corrosión está presente, la superficie de rodamiento debe ser retirada, se proveerá impermeabilización y se volverá a colocar la superficie de rodamiento.

Las áreas de soldaduras agrietadas probablemente requerirán un reforzamiento por escopleadura con arco de aire de la soldadura y resoldado.

Aun cuando en algunos lugares puede darse mayor resistencia a estas soldaduras por el reforzamiento con placas y ángulos soldados, esto puede introducir una concentración de esfuerzos que impliquen fatiga. Cuando la carga viva representa un porcentaje mayor de la carga total en un piso ortotrópico, la fatiga llega a ser una consideración crítica.

##### 3. Prevención

La membrana de impermeabilización será proporcionada como una prevención de la corrosión.

Una rígida inspección unida a un buen diseño, es la única prevención real de la soldadura fracturada.

### 2.3.3 Pisos de Rejilla de Acero

#### A. Soldadura

##### 1. Problema

Estos pisos están totalmente libres de mantenimiento. El problema más factible sería una falla de las soldadura. En el estilo antiguo de rejillas donde se unían varillas dobladas (rejillas reticulares remachadas) los remaches algunas veces se cortaban. Cuando son abiertas pueden los diferentes problemas de oxidación de los miembros estructurales que estén sujetos a ellos.

##### 2. Corrección

Las soldaduras y remaches deben ser inspeccionados y cualquier falla corregida por soldadura.

##### 3. Prevención

La mejor prevención de la falla de la soldadura es el proyecto de apoyos que eviten excesiva vibración que pudiera fracturar las soldaduras y un sistema proyectado para sustentar las cargas sin vibración excesiva.

## CAPITULO 3.0.0 SUPERFICIES DE RODAMIENTO

53

### 3.3.0 Nomenclatura

#### 3.3.1 Superficies de Concreto

##### A. Escamado

###### 1. Problema

###### 2. Corrección

###### 3. Prevención

##### B. Desconchamiento

###### 1. Problema

###### 2. Corrección

###### 1. Problema

###### a. Longitudinal

###### b. Transversal

###### c. Diagonal

###### d. Plantilla o Mapeado

###### e. Irregulares

###### 2. Correcciones

##### D. Reventones

#### 3.3.2 Superficies Asfálticas

##### A. Agrietamiento

###### 1. Problema

###### a. Piel de Cocodrilo o Grietas en mapa

###### b. Grietas de Borde

###### c. Grietas en las líneas de Junta

###### d. Grietas por Reflexión

###### e. Grietas por contracción

###### f. Grietas por deslizamiento

###### 2. Corrección

###### 3. Prevención

##### B. Distorsión

###### 1. Problemas

###### a. Canales

###### b. Corrugación

###### c. Depresiones de la Superficie

###### d. Levantamiento

###### 2. Corrección

##### C. Desintegración

###### 1. Problemas

###### a. Baches

53

54

54

54

54

55

56

56

56

57

57

57

57

57

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

60

60

60

60

60

60

60

60

61

61

61

62

62

62

62

62

62

62

62

62

b. Desmoronamiento	62
2. Corrección	62
3.3.3 Superficies de Piedra y Ladrillo	63
A. Juntas Abiertas	63
1. Problema	63
2. Corrección	63
3. Prevención	63
B. Surcos	63
1. Problema	63
2. Corrección	63
3.3.4 Superficies de Rejilla de Acero	63
A. Superficies Resbalosas	63
1. Problemas	64
2. Corrección	64
3. Prevención	64
B. Surcos	64
1. Problemas	64
2. Corrección	64
3.3.5 Superficies de Madera	64
A. Pudrición	64
1. Problema	64
2. Corrección	64
3. Prevención	64
B. Desgaste Mecánico	65
1. Problema	65
2. Corrección	65
3. Prevención	65
C. Pérdida y Desplazamiento del Tablón o del Block	65
1. Problema	65
2. Corrección	65
3. Prevención	65

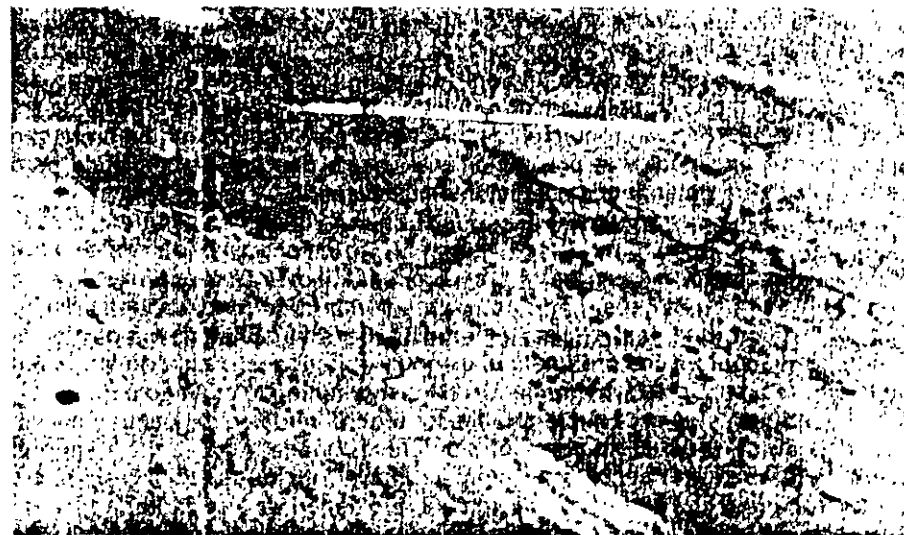
## CAPITULO 3.0.0 SUPERFICIES DE RODAMIENTO

El lecho más alto o capa de material aplicado sobre o con el piso estructural, para proporcionar una superficie de rodamiento pulida y proteger el piso de los efectos del tránsito, desgaste o alteración debida a los agentes atmosféricos y acción química.

### 3.3.0 Nomenclatura

Las superficies de rodamiento de concreto pueden ser coladas con la losa estructural (monolítica) o colada por separado en la parte superior de la losa vaciada previamente, como una superficie de rodamiento separada. Los problemas localizados incluyen escamado, desconchado y agrietamiento

Las superficies de rodamiento de asfalto, colocadas sobre pisos de concreto reforzado, pueden ser construidas con una membrana impermeable entre el asfalto y el concreto, si se conoce con anticipación que el piso permanecerá en servicio por un largo periodo de tiempo.





Las superficies de rodamiento de piedra y ladrillo son comunes en las regiones más antiguas, excepto en casos raros, pueden ser utilizadas para propósitos no estéticos.

Los pisos de rejilla de acero rellenos o abiertos no son comúnmente utilizados como superficies de rodamiento separadas, sino que son parte integral del piso.

Los tablonos y bloques de madera se encuentran ocasionalmente en puentes antiguos con tránsito bajo.

### 3.3.1 Superficies de Concreto

#### A. Descamado

##### 1. Problema

El descamado es la pérdida gradual y continua de mortero y agregado sobre una zona. Se clasifica como ligero (menos de 6.4 mm (1/4") de profundidad), medio (6.4 a 12.7 mm (1/4" a 1/2" de profundidad), fuerte (12.7 a 25.4 mm (1/2" a 1") de profundidad). Generalmente es originado por un mezclado, colocación, acabado o curado inadecuados del concreto.

##### 2. Corrección

En casos de descamado ligero, sellar el área con un compuesto de aceite de linaza (una mezcla de 50% de aceite de linaza y 50% de esencia mineral, colocada en dos aplicaciones, en la proporción de 0.11 Lt/m<sup>2</sup> para la primera capa y 0.07 Lt/m<sup>2</sup> para la segunda capa), o una aplicación de una membrana de curado del concreto Tipo 1, que cumpla con los requisitos de FSS TT-C-00800(1) de fecha 10. de marzo de 1967, en la proporción de 3.78 Litros para cada 60 m<sup>2</sup>. Es preferible hacerlo como una medida de prevención antes que el descamado comience, pero es benéfico para detener una condición de descamado.

Para descamado, medio, fuerte y severo, examine el área para localizar el perímetro del área dañada, haga un corte con sierra de aproximadamente 19 mm (3/4") de profundidad, exterior al perímetro del área dañada (para descamado medio se requiere una profundidad menor) y quite todo el concreto flojo y dañado con rebabeadoras y herramientas de mano, teniendo cuidado para no dañar el acero de refuerzo. Limpie totalmente todo el refuerzo expuesto y nuevamente exponga el concreto por chorro de arena. Donde la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto existente se haya roto, quite el concreto hasta una profundidad que permita al nuevo concreto adherirse a la periferia total de la varilla expuesta. Impregne el área entera, incluyendo el acero de refuerzo, con

una lechada consistente en partes iguales de cemento y arena mezcladas con agua suficiente para formar una lechada espesa. Barra totalmente la lechada en toda el área en una capa delgada y uniforme que no corra o forme charco.

Antes de que la lechada se seque completamente, llene el área con un mortero consistente de una parte por volumen de cemento Portland y tres partes de arena y agua suficiente para producir un revenimiento de 196 mm (3/4" 1/4"). Se proporcionará aire incluido en las áreas sujetas a ciclos de congelamiento-deshielo. Coloque un sobrerrelleno delgado en el área y córtelo con una regla vibratoria deslizándola lentamente a través del área. Acabe la superficie con una llana de madera hasta obtener la textura deseada, cuidando de evitar la sobremaniplulación del mortero. Selle la junta entre las superficies nueva y antigua pintando con una lechada delgada y cubriendo rápidamente el área con una capa de tejido de saco húmeda y limpia hasta que esté en condiciones para abrirse al tránsito y apropiadamente curada. Para remiendos mayores de 2.5 cm (1") de profundidad, 1 1/2 partes de agregado grueso (tamaño máximo de 9.5 mm (3/8")) pueden ser substituidas por 1 1/2 partes de arena. Deberá consultarse el Capítulo 10 para preparados de fraguado rápido y compuestos de curado.

##### 3. Prevención

El compuesto ante-desconchado de aceite de linaza ha probado ser útil para prevenir el descamado, desconchado y otros problemas. Si es posible, el piso será tratado antes de ser abierto al tránsito y repetido cada dos años. También han demostrado su utilidad los compuestos para curado de hule clorinado para la prevención de problemas de superficies de rodamiento de concreto. Ellos pueden aplicarse como una membrana de curado para pisos nuevos o para superficies antiguas, después de una limpieza total, en la proporción de 3.78 litros por cada 60 m<sup>2</sup>. En algunas áreas los epóxicos penetrantes han comprobado ser benéficos.

Las superficies de rodamiento de concreto que muestren señales de peligro para descamado, desconchado y agrietamiento severo pueden ser protegidas por la colocación de una membrana para impermeabilización protegida por un recubrimiento de concreto asfáltico. Antes de colocar la membrana, todo descamado, o desconchado o agrietamiento será reparado como se describe en otras partes del Capítulo 10.

Existe alguna duda en cuanto a la conveniencia de colocar una membrana si existe corrosión activa del acero de refuerzo. Las investigaciones indican que contenidos de cloruro mayores de 1.19 kg/m<sup>3</sup> originan una atmósfera corrosiva en la que las membranas impermeabilizantes son de poca utilidad.

## B. Desconchado

### 1. Problema

El desconchado es una depresión circular u ovalada en el concreto. Es causado por la corrosión del acero de refuerzo o agregado inferior (reventones). Se clasifica como pequeño (no más de 2.5 cm (1") de profundidad o aproximadamente 15 cm (6") de diámetro), grande (más de 2.5 cm (1") de profundidad o aproximadamente 15 cm (6") de diámetro), grande (más de 2.5 cm (1") de profundidad y mayor que 15.0 cm (6") de diámetro) y área hueca (un área de concreto que presenta un hueco profundo cuando se golpea con un martillo, varilla de acero, o al ser recorrido con una cadena de rastreo, indicando la existencia de un plano de fractura bajo la superficie).

### 2. Corrección

Complementar el estudio del piso (por sondeo con varilla, martillo, cadena de rastreo o detector de delaminación del concreto) para determinar la extensión de delaminación o desconchado; también checar el espesor del recubrimiento sobre el acero de refuerzo y examinar el piso con equipo de detección de corrosión. Esto es tiempo mal gastado, costoso y difícil de realizar bajo el tránsito. Si los resultados del estudio indican áreas aisladas pequeñas (menores que el 10% del área del piso) de delaminación, desconchado y bajo voltaje (menor que 0.35) en el equipo de detección de corrosión, se repararán las áreas como se trató previamente. Si los resultados del estudio de campo indican áreas grandes (mayores que el 60% del área del piso) de desconchamiento, delaminación o alto voltaje (mayor que 0.35) en el equipo de detección de corrosión, puede ser más económico hacer un revestimiento o reponer el piso, que pretender la corrección. Naturalmente, que haciendo caso omiso a la disertación, el piso tiene que conservarse hasta que se obtenga dinero y se celebre el contrato. Si los resultados del estudio indican recubrimiento insuficiente (menor de 5 cm (2") de áreas (menor del 60% y mayor del 10% del área del piso) que tienen desconchado, delaminación o lecturas de voltaje mayores que 0.35, al piso se le dará un recubrimiento completo. Este será escarificado uniformemente a una profundidad mínima de 6.4 mm (1/4"), hasta la superficie firme y todas las áreas dañadas eliminadas con rebabeadores, teniendo cuidado de no dañar el acero expuesto. Los martillos cincel (rebabeadores) no serán más pesados que los de la clase de 16 kg y operados en un ángulo menor de 45° con respecto a la superficie. Si se rompe la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto nuevo se adhiera a la periferia completa de la varilla. Se deberá quitar hasta una profundidad que permita que el concreto nuevo se adhiera a la periferia completa de la varilla. Después de quitar todo el concreto dañado, concreto fracturado y otras partículas flojas, la superficie del concreto y el acero de refuerzo expuesto serán totalmente limpiados por chorro de arena seguido por chorro de aire. Inmediatamente antes de colocar el concreto nuevo la superficie existente y el acero de

refuerzo expuesto serán revestidos con una lechada adherente. La lechada consistirá en volúmenes iguales de arena y cemento con la adición de agua suficiente para formar una pasta espesa. La lechada será totalmente extendida sobre la superficie seca para producir una capa delgada y a nivel libre de charcos. No se permitirá que la lechada se seque antes de que el concreto nuevo sea colocado. El concreto nuevo será una mezcla por volumen de 1 parte de cemento Portland, 1 1/2 partes de agregado grueso (tamaño máximo de 9.5 mm (3/8")) y 1 1/2 partes de agregado fino; se agregará agua suficiente para producir un revenimiento de  $19 \pm 6.4$  mm ( $3/4" \pm 1/4"$ ). Para incrementar la trabajabilidad, puede ser agregada agua reduciendo el aditivo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Pueden agregarse aceleradores o materiales de fraguado rápido para reducir el tiempo de cierre de la línea. Se agregará suficiente agente inclusor de aire para mantener un contenido de aire entre el 6 y 8%. El concreto nuevo será colocado tan cerca como sea posible de su posición final para evitar sobremaniplación y mecánicamente golpeado hacia afuera ligeramente por encima de su nivel final y mecánicamente consolidado y maestreado a su nivel final. Puede requerirse un acabado a mano con una llana de madera para producir una superficie uniforme y compacta. Todas las juntas verticales con concreto adyacente serán selladas pintando con lechada de cemento adelgazada. En seguida y tan pronto como sea posible, se completarán las operaciones de acabado, la superficie será cubierta durante 72 horas con un tejido de saco húmedo y limpio. Después de 72 horas se retirará el tejido de saco y se aplicará un compuesto de curado de membrana y se abrirá el tránsito tan pronto como se desarrolle suficiente resistencia. En lugar del concreto descrito anteriormente, puede colocarse concreto con látex-modificado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

La figura 3-1 es un diagrama de flujo desarrollado por Nebraska el cual relaciona el deterioro, la resistencia eléctrica y los métodos de reparación. Podrían desarrollarse diagramas similares adecuados a cada condición de los estados

## C. Agrietamiento

### 1. Problema

Una grieta es una fractura lineal en el concreto. Puede extenderse parcialmente o completamente a través de un miembro de concreto.

Las grietas se clasifican como sigue:

#### a. Longitudinal

Grietas sensiblemente rectas que corren paralelas a la línea de centro de la carretera. Generalmente causadas por contracción, asentamiento, deflexión de la superestructura, losas huecas, o corrosión del acero de refuerzo

#### b. Transversal

Grietas sensiblemente rectas que son aproximadamente perpendiculares a la línea de centro de la carretera. Las causas pueden ser atribuibles a contracción, asentamiento, corrosión del acero de refuerzo o deformación de la superestructura.

### c. Diagonales

Estas son grietas que corren formando un ángulo con la línea de centro de la carretera y pueden resultar del esviamiento.

### d. Plantilla o Mapa

Grietas interconectadas formando redes de tamaño variable, que aparecen similares al agrietamiento por el sol que se forma sobre soleras de limo seco. Generalmente causadas por un curado inapropiado del concreto fresco. El concreto ligero normalmente tendrá "agrietado de mapa"

### e. Irregulares

Grietas tortuosas e irregulares que no tienen forma particular o dirección.

## 2. Corrección

Las grietas longitudinales, transversales y diagonales pueden ser causadas por asentamiento de la superestructura o de la subestructura. Cualquier asentamiento de las unidades de apoyo debe ser corregido antes de intentar reparar las grietas. Las grietas resultantes de la corrosión del acero de refuerzo se repararán como se indicó anteriormente. Las grietas aisladas longitudinales, transversales o diagonales pueden sellarse abriendo la grieta en la superficie cortando una muesca en V, soplando la grieta hacia afuera con aire y sellando con un sellador de grietas. Los pisos con agrietamiento severo serán sellados con una buena membrana impermeable y recubriendo con concreto asfáltico. Donde sea aplicable, la protección catódica puede ser benéfica.

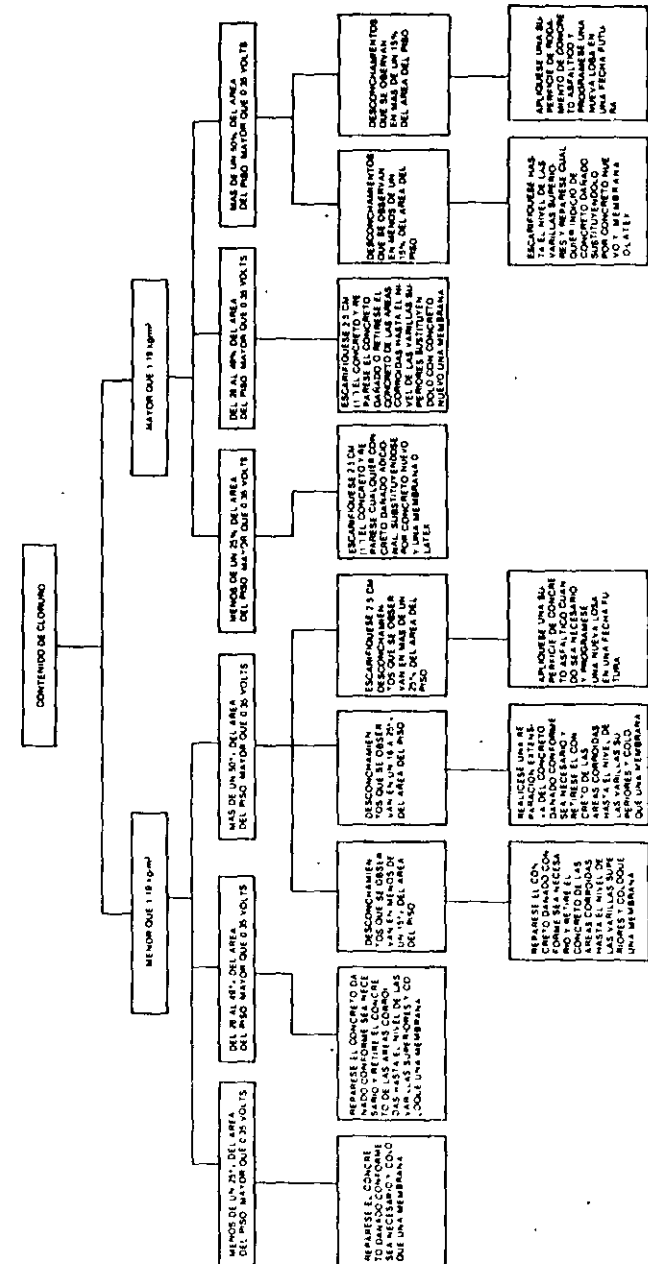
### D. Reventones

Los reventones son fragmentos cónicos que se rompen hacia afuera de la superficie dejando agujeros pequeños. Quedará expuesto en el fondo del agujero un agregado fracturado. Esto es causado por el aumento de volumen del agregado inferior.

## 3.3.2 Superficies Asfálticas

### A. Agrietamiento

#### 1. Problema



El agrietamiento en las superficies de rodamiento de concreto asfáltico toma muchas formas. Algunas de las más comunes son definidas como:

a. Piel de cocodrilo o agrietamiento en mapa

Estas son grietas interconectadas que forman series de pequeños bloques semejando una piel de cocodrilo o una malla de gallinero. El agrietamiento en forma de piel de cocodrilo es generalmente causado por una deflexión excesiva de la superficie sobre un piso inestable, o por el secado exterior del material asfáltico.

b. Grietas de Borde

Estas son grietas longitudinales cercanas al borde del piso, generalmente debidas a la falta de apoyo lateral o secado exterior del material asfáltico o al deterioro del piso de concreto.

c. Grietas en la Línea de Junta

Las grietas en la línea de unión son separaciones longitudinales a lo largo de la junta entre dos franjas de pavimento, generalmente originadas por una junta débil entre tendidos próximos.

d. Grietas de Reflexión

Estas son grietas en los recubrimientos de asfalto los cuales reflejan la plantilla de grietas en el piso subyacente.

e. Juntas por Contracción

Las grietas por Contracción son grietas interconectadas que forman una serie de grandes bloques, frecuentemente es difícil determinar si las grietas fueron causadas por el cambio de volumen en el asfalto o por el agrietamiento del piso subyacente.

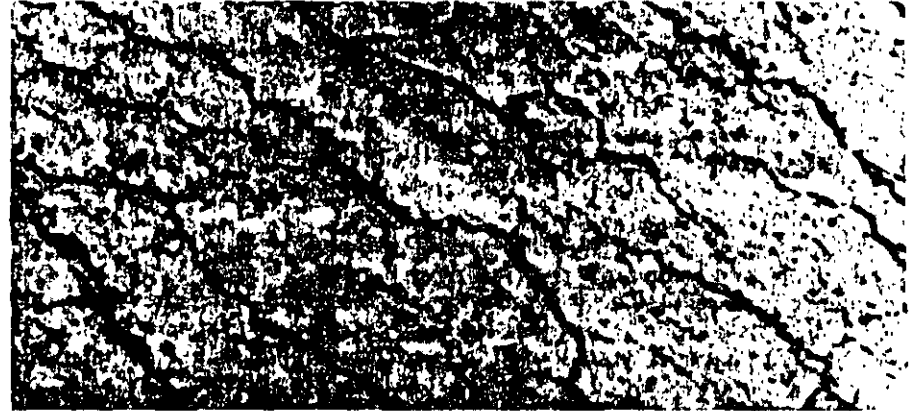
f. Grietas por Deslizamiento

Grietas de forma creciente causadas por la falta de una buena adherencia entre la superficie de rodamiento y el piso de abajo.

## 2. Corrección

La reparación de las grietas en forma de piel de cocodrilo y por deslizamiento se logra quitando la capa superficial hacia abajo hasta el piso y extendiendo lateralmente hacia el interior de la capa superficial sana. El corte se hace cuadrado o rectangular con caras rectas y verticales. Se repara el piso como se descri-

bió en otras partes del capítulo. Aplique un riego de liga al piso expuesto y a las caras verticales. Resane con un asfalto en caliente mezclado en planta de grado denso y compacte a la misma elevación de la superficie vecina. Las grietas de borde, de la línea de junta y de reflexión se reparan limpiando hacia afuera las grietas con un cepillo de cerda dura y aire comprimido. Llène (no rellene) con emulsión de lechada o asfalto líquido mezclado con arena. Cuando se haya curado, selle con asfalto líquido y riegue con aserrín o arena seca, para prevenir que el tránsito lo separe hacia arriba.



Las grietas por contracción se reparan rellenándolas con una lechada de emulsión asfáltica, seguida por un tratamiento superficial o lechada de sello sobre la superficie total.

## 3. Prevención

La detección temprana y la reparación de los defectos menores es, sin duda, lo más importante. Las grietas y otros defectos, que en sus primeras etapas son casi imperceptibles, pueden desarrollarse en defectos graves si no se reparan pronto. Por esta razón, deberá efectuarse una inspección cuidadosa y frecuente a la superficie de rodamiento. En todos los casos de peligro de la superficie de rodamiento, es mejor primero determinar la causa o causas de la dificultad y entonces efectuar la reparación, la cual no únicamente corregirá el daño, sino que prevendrá o retardará su aparición nuevamente.

## B. Distorsión

### 1. Problemas

La distorsión de la superficie es cualquier cambio de su forma original.

La distorsión adopta un número de diferentes formas:

a. Canales (Surcos)

Estos son depresiones canalizadas que pueden desarrollarse en las rodadas de una superficie asfáltica. Ellas pueden resultar de la consolidación o el movimiento lateral de la superficie bajo el tránsito o por desgaste de las llantas con picos.

b. Corrugaciones (Empujamiento)

Las corrugaciones son una forma de movimiento plástico tipificado por ondas a través de la superficie de asfalto, generalmente ocurren en las superficies de asfalto que no tienen estabilidad. Ellas pueden aparecer como lúnulas con la porción curvada señalando en la dirección del tránsito, como en las grietas por deslizamiento o una protuberancia propiamente dicha, transversal a la dirección del recorrido.

c. Depresiones de la superficie

Las depresiones son áreas localizadas de poca profundidad, de tamaño limitado, las cuales pueden o no estar acompañadas de agrietamiento. Estos "baños de pájaros" no son únicamente causa de deterioro de la superficie sino que son un peligro para los automovilistas, especialmente en tiempo de heladas.

d. Levantamiento

Los levantamientos son desplazamientos localizados, hacia arriba, de una superficie, debidos a la protuberancia del piso debajo de ellos. Los levantamientos por hielo son ejemplos.

2. Corrección

La reparación de los canales y las depresiones de la superficie deberán restringir los límites de los canales con un borde recto. Aplicar en los canales un riego de liga ligero y un tendido de asfalto con graduación densa con una pavimentadora. Esté seguro que el material es embadurnado en los bordes. Compacte con un rodillo de llantas neumáticas. En seguida coloque una capa final de arena sobre el área, para prevenir la entrada de agua, teniendo cuidado de no aplicar también mucho asfalto.

Las corrugaciones, empujes y levantamientos serán reparados en forma similar a las grietas en forma de piel de cocodrilo.

C. Desintegración

1. Problemas

Esto es el fracturamiento hacia arriba de una capa de superficie en pequeños fragmentos sueltos. Los baches y el desmoronamiento son dos de los tipos más comunes.

a. Baches

Son agujeros de diversos tamaños, en forma de caja, en la capa de superficie, resultantes de la desintegración localizada.

b. Desmoronamiento

Es la separación progresiva de las partículas de agregado en la capa de superficie, generalmente resulta de una técnica de construcción deficiente, incluyendo concreto asfáltico pobre.

2. Corrección

Los baches se repararán en forma similar a las grietas en forma de piel de cocodrilo.

Para corregir el desmoronamiento, barra la superficie hasta dejarla libre de toda materia extraña y agregado suelto. Aplique una capa final muy fluida de emulsión asfáltica. Después de que el sello ha sido curado, aplique un tratamiento superficial.

3.3.3. Superficies de piedra y ladrillo

A. Juntas Abiertas

1. Problema

La falla de o la falta de un sellador de junta permitirá que la humedad y los químicos para deshielo penetren dentro de la losa estructural.

2. Corrección

Quite el sellador de junta que falló, limpie la junta con aire comprimido y reemplace el sellador de junta.

3. Prevención

Conserve la superficie de rodamiento libre de materias extrañas y escombros y todas las juntas selladas apropiadamente.

B. Surcos

1. Problema

Falla de una losa estructural bajo la piedra o ladrillo permitiendo que el tránsito los desplace.

## 2. Corrección

Quite la piedra o ladrillo y repare la losa estructural. Reemplace la arena amortiguadora y el ladrillo o piedra y selle todas las juntas.

### 3.3.4 Superficies de Rejilla de Acero

#### A. Superficies Resbalosas

##### 1. Problemas

Los pisos de rejilla abierta tienden a ser resbalosos cuando están mojados o cubiertos de hielo.

##### 2. Corrección

Las superficies resbalosas de rejilla de acero abiertas pueden corregirse soldando botones de 8 mm (5/16") de diámetro por 9.5 mm (3/8") de altura, en la intersección de los miembros transversales del piso de acero.

##### 3. Prevención

En áreas sujetas a heladas, los pisos de rejilla de acero abierta se harán antirresbalosas soldando botones de 8 mm (5/16") de diámetro por 9.5 mm (3/8") de altura sobre la superficie, para prevenir accidentes.

#### B. Surcos

##### 1. Problemas

Los pisos de rejilla rellenos, son susceptibles de ser dañados por llantas con picos, causando surcos o "acanalado" del concreto entre la rejilla.

##### 2. Corrección

El daño causado por las llantas con pico pueden corregirse mediante un revestimiento con concreto asfáltico o mortero de resina epóxica, cuando se colocan bajo condiciones controladas.

### 3.3.5 Superficies de Madera

#### A. Pudrición

##### 1. Problema

Los tablones de madera tratado o sin tratar están sujetos a pudrición causada por la humedad que penetra alrededor de clavos, agujeros para pernos, muescas, grietas y contrahilo.

## 2. Corrección

Reemplazar las maderas afectadas con madera tratada y sellar alrededor de todos los clavos, agujeros para pernos, muescas y cortes con sierra

## 3. Prevención

Utilizar madera tratada y sellar todas las áreas con un compuesto impermeable donde la humedad pueda penetrar a las áreas no tratadas. Es importante un drenaje adecuado para que el agua no forme charcos.

#### B. Desgaste Mecánico

##### 1. Problema

Consiste en desgaste debido a la abrasión, acelerado por las materias extrañas y el escombros sobre la superficie o las llantas con picos.

##### 2. Corrección

Reemplace los tablones desgastados con tablones nuevos tratados, colocados, si es posible, con el grano paralelo al tránsito.

##### 3. Prevención

Conserve todas las superficies de rodamiento de madera limpias de materias extrañas y escombros y coloque los tablones con la fibra paralela al tránsito.

#### C. Tablones o Bloques Flojos o Fuera de Lugar

##### 1. Problema

Esto resulta de la falla de los sujetadores o de los miembros de apoyo.

##### 2. Corrección

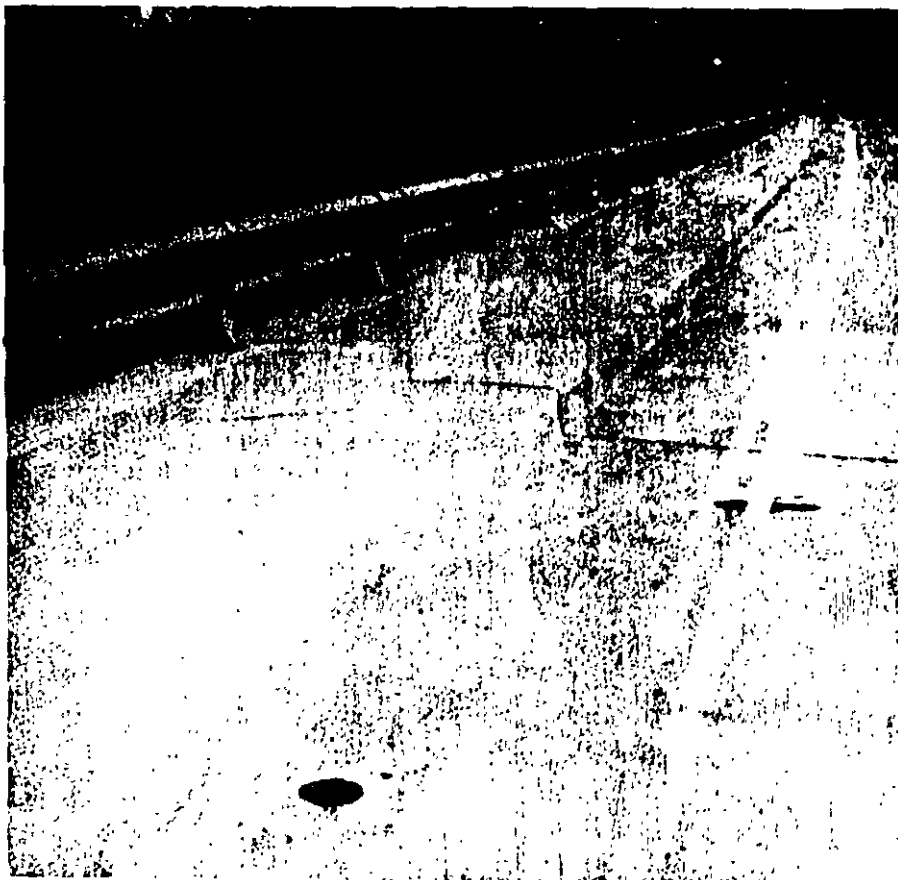
Reemplace los sujetadores y/o los miembros de apoyo que hayan fallado.

##### 3. Prevención

Reemplace los sujetadores deteriorados con sujetadores galvanizados y conserve las superficies de rodamiento limpias para prevenir que el agua o la humedad se acumulen en ellas.

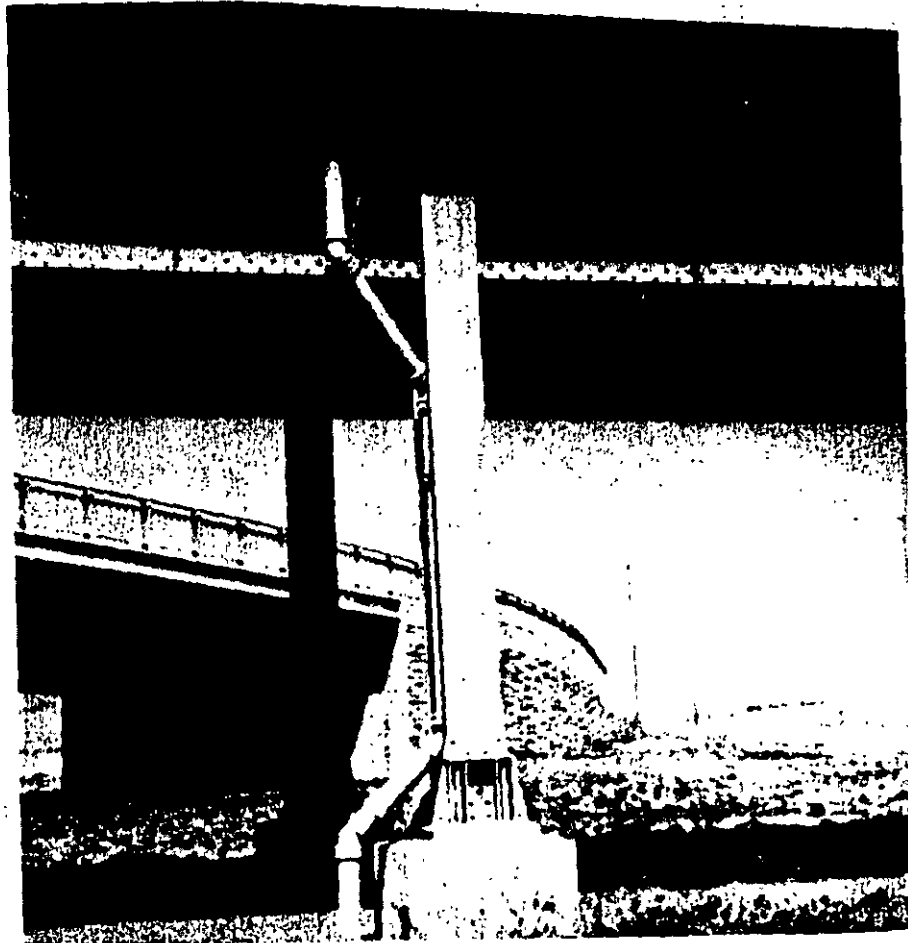
## **CAPITULO 4.0.0 SISTEMAS DE DRENAJE DEL PISO**

La operación y el mantenimiento de los sistemas de drenaje del piso son de máxima importancia en un buen programa de mantenimiento preventivo y no se le puede dar demasiado énfasis a este aspecto.



#### 4.3.0 Nomenclatura

Se requiere un buen drenaje para el mantenimiento adecuado de los puentes. Un drenaje deficiente dará motivo a que el agua quede encharcada o atrapada sobre el puente, lo cual constituye un riesgo para el tránsito y puede contribuir a un deterioro amplio. Un drenaje inadecuado se debe generalmente a la acumulación de materias extrañas y escombros con obstrucción y bloqueo del sistema. El agua estancada puede entonces congelarse y romper los tubos o puede contener químicos corrosivos, los cuales atacan los elementos estructurales del puente.



#### 4.3.1 Sistemas de Drenaje

##### A. Embornales —Caída Libre y Entubados

###### 1. Problemas

Son causas de obstrucciones los tubos de descarga de diámetro pequeño, los canalones largos hacia abajo, los desagües horizontales con pendientes inadecuadas y los cambios de dirección bruscos. Las caídas cortas a través de tubos que drenan directamente bajo el puente pueden causar corrosión del acero estructural y las pilas de concreto, o la erosión de los taludes de tierra del estribo.

###### 2. Corrección

Quite las materias extrañas y el escombros de los embornales y canalones de bajada por presión de agua y/o sondas metálicas. Debe tenerse cuidado con las sondas para prevenir la perforación del tubo.

###### 3. Prevención

Se debe hacer una inspección y limpieza frecuente para prevenir la acumulación de materias extrañas y escombros. Deben aplicarse revestimientos de protección a las pilas y al acero estructural para prevenir la corrosión. Los taludes del estribo deben protegerse por pavimentación o por cunetas revestidas.

El aspecto más importante en la prevención de las obstrucciones de los sistemas de tubería es que éstos sean proyectados de tal manera que sean fácilmente accesibles y se provean vaciados adecuados. Si los drenes de tubo están colocados dentro de los elementos de pilas y estribos, es muy importante en climas fríos que los tubos se conserven libres, para que el agua congelada no agriete la pila o el estribo.

##### B. Rejillas

###### 1. Problema

Las rejillas de acero abiertas (pisos de rejilla de acero abiertas), generalmente proporcionan un buen drenaje del piso, pero pueden acumularse materias extrañas y elementos corrosivos sobre los miembros estructurales abajo del piso.

###### 2. Corrección

Quite las materias extrañas y los escombros de las traveses, piezas de puente y cabezales de pilas.



### 3. Prevención

Una inspección y limpieza regulares y frecuentes son necesarias para prevenir la acumulación de materias extrañas y escombros. Aplicar recubrimientos protectores, cubiertas o placas a los miembros estructurales bajo la rejilla.

### C Juntas Abiertas con Canalones

#### 1. Problemas

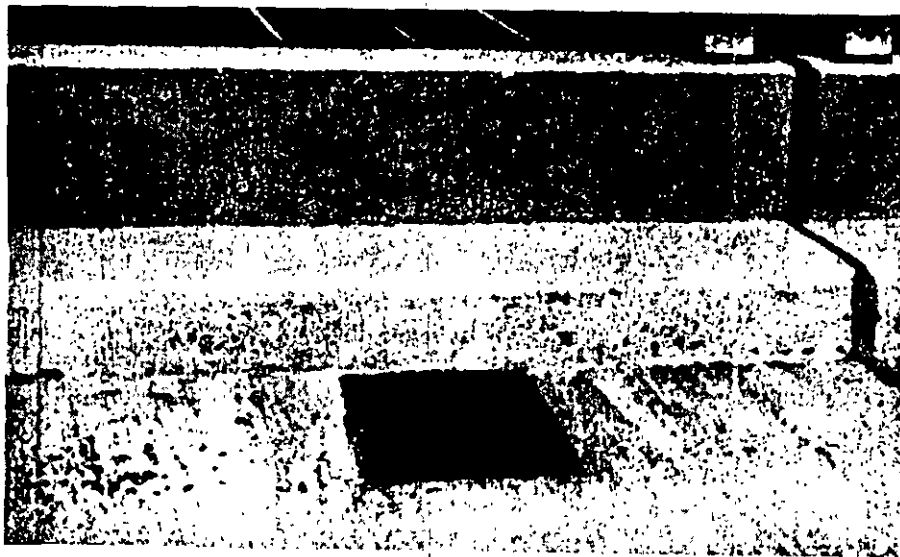
Los canalones bajo las juntas abiertas están también sujetos a obstrucción y a la acumulación de materias extrañas, con el subsecuente retroceso del drenaje que contribuye a la corrosión del acero y a la erosión del concreto y la tierra.

#### 2. Corrección

Quite las materias extrañas y los escombros de los canalones y tubos de descarga.

#### 3. Prevención

Son esenciales una inspección y limpieza regulares y frecuentes de los canalones bajo las juntas abiertas. Deberán aplicarse recubrimientos protectores a las pilas y los estribos. Los taludes de tierra bajo los tubos de descarga deben ser pavimentados.



## CAPITULO 5.0.0 GUARNICIONES, BANQUETAS, PARAPETOS 75

5.3.0 Nomenclatura	75
5.3.1 Guarniciones	75
A. Metálicas	75
1. Problemas	75
2. Corrección	76
3. Prevención	77
B. Piedra	77
1. Problemas	77
2. Corrección	77
3. Prevención	77
C. Concreto	78
1. Problemas	78
2. Corrección	78
3. Prevención	78
D. Asfalto	79
1. Problemas	79
2. Corrección	79
3. Prevención	79
E. Madera	79
1. Problemas	79
2. Corrección	80
3. Prevención	80
5.3.2 Banquetas	80
A. Concreto	80
1. Problemas	80
2. Corrección	80
3. Prevención	82
B. Placas de Acero	83
1. Problemas	83
2. Corrección	83
3. Prevención	83
C. Rejilla de Acero	83
1. Problemas	83
2. Corrección	84
3. Prevención	84
D. Concreto Asfáltico	84
1. Problemas	84
2. Corrección	84
3. Prevención	85
E. Madera	85
1. Problemas	85
2. Corrección	85
3. Prevención	86

5.3.3 Parapeto	86
A. Concreto	86
1. Problemas	86
2. Corrección	86
3. Prevención	87
B. Acero	87
1. Problemas	87
2. Corrección	87
3. Prevención	88
C. Aluminio	88
1. Problemas	88
2. Corrección	88
3. Prevención	89
D. Tubo y Tubular	89
1. Problemas y Corrección	89
2. Prevención	89
E. Cable	89
1. Problemas	89
2. Corrección	89
3. Prevención	90
F. Madera	90
1. Problemas	90
2. Corrección	90
3. Prevención	91

## CAPITULO 5.0.0 GUARNICIONES, BANQUETAS Y PARAPETOS

### 5.3.0 Nomenclatura

#### Guarniciones

Barrera metálica, de piedra, de concreto, asfalto o madera, paralela al borde lateral del camino, con objeto de guiar el movimiento de las ruedas de los vehículos y salvaguardar las armaduras del puente, parapetos y otros accesorios existentes fuera del límite del camino y también proteger al tránsito de los peatones sobre las banquetas, de la colisión de los vehículos.

#### Banquetas

La porción del área del piso del puente que sirve para el tránsito de los peatones. Las banquetas están generalmente arriba de la zona que ocupan los vehículos, con objeto de proporcionar seguridad y comodidad a sus usuarios.

#### Parapeto

Una guía equivalente a una barrera, construida de madera, concreto o metal en el borde más alejado de la carretera, o porción de la banqueta de un puente, para proteger o guiar el movimiento del tránsito vehicular y de peatones y de impedir el paso accidental del tránsito sobre el costado de la estructura.

### 5.3.1 Guarniciones

#### A. Metálicas

##### 1. Problemas

a. Mantener un sello hermético entre la guarnición y el piso para conducir el drenaje del piso de la calzada a los embornales, (Esto no se aplica a aquellas guarniciones proyectadas para permitir el paso del agua por drenar bajo ellas).

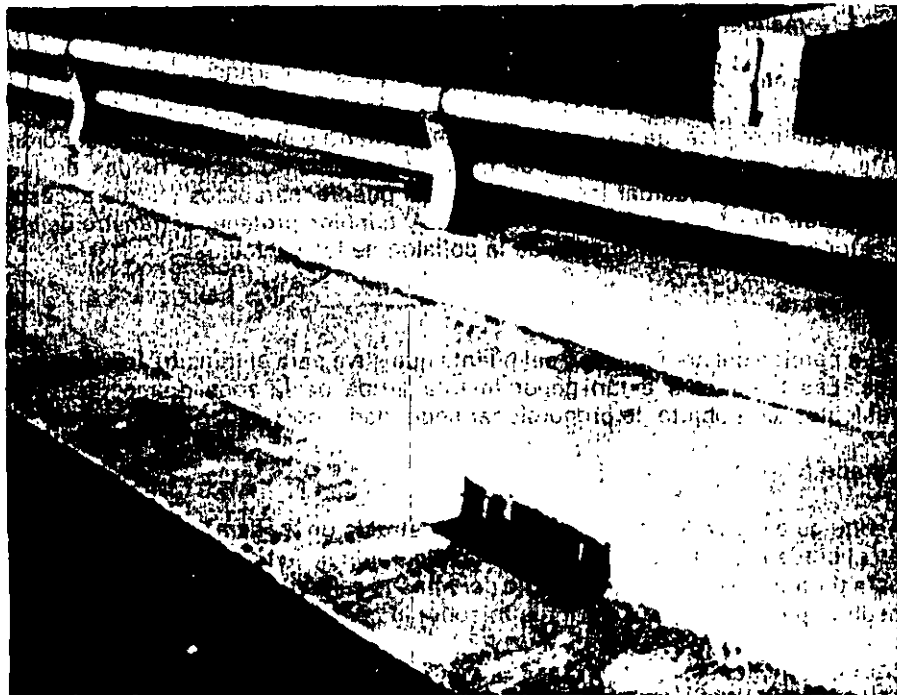
b. Pérdida de sección debida a la corrosión

c. Desalineamiento y daño debidos a las colisiones de los vehículos.

d. Pernos de anclaje.

## 2. Corrección

a. Las guarniciones metálicas fijas a pisos de acero o concreto deberán colocarse en un material sellante tipo mastique, que prevenga fugas entre la guarnición y el piso, si se requiere que la guarnición encauce el drenaje del piso a los embornales.



b. Las secciones de guarnición que tengan pérdidas de sección severas debidas a la corrosión, deberán ser reemplazadas con guarniciones nuevas. Estas pérdidas pueden minimizarse si las guarniciones y pisos se limpian frecuentemente por inundación.

c. Las guarniciones desalineadas o dañadas deberán ser reparadas y devueltas a su diseño original.

d. Las tuercas de los pernos de anclaje tienen tendencia a aflojarse debido a la vibración y al cambio de temperatura. (Las tuercas dobles o roldanas de presión pueden reducir esta tendencia). Todos los pernos de anclaje deberán conservarse apretados para mantener el alineamiento de la guarnición. Los pernos y tuercas que presten pérdidas severas de sección debido a la corrosión, deberán ser reemplazados.

## 3. Prevención

Las guarniciones metálicas, los pernos de anclaje y el herraje se protegerán de la corrosión. Esto puede acompañarse por un baño caliente galvanizante, o pintándolos con una pintura rica en zinc.

Algunas pinturas tipo epóxico son también convenientes.

## B. Piedra

### 1. Problemas

Normalmente la mampostería de sillares se amarran en el lugar con mortero. El mortero es vulnerable al deterioro causado por los descongelantes químicos y los ciclos de congelamiento-deshielo. Las secciones de la guarnición de piedra se aflojan y pueden ser separadas por la colisión de los vehículos, si el deterioro del mortero ha originado la pérdida de adherencia entre las secciones de la guarnición.

### 2. Corrección

Las secciones de la guarnición que no se han aflojado pero tienen deterioro del mortero, se repararán eliminando el material deteriorado hasta la profundidad del mortero sano y reemplazando los materiales que se quitaron con mortero nuevo.

Las secciones de la guarnición que se han aflojado o desplazado se quitarán y se colocarán nuevamente con mortero fresco.

### 3. Prevención

El mortero que se utilice para fijar las guarniciones de piedra, deberá contener mezclas que incrementen la impermeabilidad y reduzcan la absorción de agua por capilaridad del mortero e impartan resistencia al deterioro que resulta de los químicos para deshielo.

## C. Concreto

### 1. Problemas

- a. Deterioro debido a los ciclos de congelamiento-deshielo y a los químicos para deshielo.
  - b. Desconchado en las juntas de expansión
  - c. Agrietamiento
  - d. Corrosión del acero de refuerzo y los pernos de anclaje en las secciones de guarnición precoladas.
- ### 2. Corrección

- a. El concreto deteriorado será eliminado hasta la profundidad del concreto sano. En ocasiones esto requiere quitar la sección de la guarnición completa. El área que va a ser reparada se limpiará completamente (preferentemente con chorro de arena), en seguida, la superficie de concreto viejo será cubierta con una aplicación de epóxico u otro agente adherente aceptable, para asegurar la liga adecuada entre el concreto viejo y el nuevo.
- b. Generalmente, el desconchamiento de las guarniciones en las juntas de dilatación es causado por un espacio libre insuficiente para permitir el movimiento longitudinal de los tramos. Con bastante frecuencia el espacio libre es reducido por materiales extraños atrapados entre los extremos de la guarnición. Se harán las correcciones para ajustar el espacio libre en la junta, con objeto de permitir el máximo movimiento longitudinal del tramo.
- c. Las grietas en la guarnición más comunes se encuentran alineadas con, o directamente sobre, las grietas transversales en los pisos del puente y las banquetas. Esto generalmente ocurre sobre el acero de refuerzo, particularmente si se coloca también cercano a la superficie. Las grietas de esta naturaleza pueden repararse sellando con inyección de epóxico. Las grietas grandes y las secciones dañadas se repararán utilizando el mismo procedimiento que para el concreto deteriorado.
- d. Las reparaciones de las guarniciones precoladas pueden hacerse de la misma manera que las reparaciones a las guarniciones coladas en el lugar. Las varillas de refuerzo y los pernos de anclaje que tengan pérdida de sección serán reemplazados con material nuevo.

### 3. Prevención

Un programa regular de lavado del piso ayudará a la reducción de este deterioro.

La prevención del deterioro del concreto debido al congelamiento-deshielo y a los químicos para deshielo pueden llevarse a cabo utilizando epóxico o mezclas de polímeros, contenido de aire, concreto con una relación baja agua-

cemento, aplicación anual de aceite de linaza y sellantes superficiales para prevenir la penetración de la humedad y los químicos.

El desconchamiento de la guarnición en las juntas de dilatación puede prevenirse conservando los sellos de la junta o cubre placas bien restaurados, para que no puedan quedar atrapados materiales extraños entre las secciones de la guarnición.

## D. Asfalto

### 1. Problemas

- a. Desalineado y daño causado por colisiones de vehículos.
  - b. Pérdida de adherencia entre la guarnición y el piso.
- ### 2. Corrección

Las secciones de la guarnición que estén dañadas y presenten pérdida de adherencia se quitarán y reemplazarán con material nuevo (preferentemente no asfáltico). Los trabajos pequeños pueden realizarse por la colocación a mano de concreto asfáltico en los moldes de la guarnición. Para trabajos de reparación grandes, es más económico y mucho más rápido, utilizar una máquina para guarnición extruida. Generalmente no se colocan en puentes guarniciones de concreto asfáltico.

### 3. Prevención

La pérdida de adherencia entre las guarniciones y la superficie pavimentada puede prevenirse si se toma un cuidado razonable en la limpieza e imprimación de la superficie del piso antes de la colocación de la guarnición. La temperatura de colocación del concreto asfáltico no será menor que 107°C (225° F) ni mayor de 149° C (300°F). El material bituminoso no se tenderá cuando la temperatura de la superficie sea menor de 4.4 ó 10°C (40 ó 50°F), dependiendo del espesor, o durante las condiciones del tiempo inclementes.

## E. Madera

### 1. Problemas

- a. Las guarniciones de madera, guarda ruedas y bloques embornales están sujetos a daños causados por exposición a los elementos (rajadura, combadura, agrietamiento por intemperie y pudrición). Ellos están también sujetos a daño y desalineamiento originados por la colisión de los vehículos.
- b. Los pernos de guarnición utilizados para anclar las guarniciones y los guarda ruedas a los pisos de puente, son vulnerables a la corrosión. Los pernos de

guarnición corroidos hacen que se dificulte mantener la tensión requerida sobre los pernos para asegurar el alineamiento de la guarnición y el sello entre ésta y el piso del puente.

## 2. Corrección

a. Las secciones de guarnición que hayan sufrido la pérdida de sección debido a pudrición, combadura, rajadura, etc., serán remplazadas con materiales nuevos.

b. Los pernos de guarnición serán revisados periódicamente por tensión para asegurar una conexión estrecha entre la guarnición y el piso del puente. La madera nueva utilizada en la reparación de guarniciones tendrá una considerable contracción, lo cual causará que los pernos se aflojen y permitirá que las tuercas y roldanas vibren y roten hacia afuera del perno.

## 3. Prevención

a. La durabilidad de las guarniciones de madera pueden incrementar por el uso de madera selecta grado estructural, que ha sido tratada a presión con un impermeabilizador adecuado. La madera de calidades más bajas está propensa a agrietamiento por intemperismo, rajadura o combadura. El armazón y el taladrado de agujeros para perno se terminará antes del tratamiento con conservadores.

b. Se utilizarán pernos galvanizados con baño caliente para prevenir la corrosión. Los pernos serán revisados periódicamente para detectar pérdida de tensión causada por la contracción de las secciones de guarnición de madera durante las estaciones secas.

### 5.3.2. Banquetas

#### A. Concreto

##### 1. Problemas

a. Deterioro debido al congelamiento-deshielo y a los descongelantes químicos.

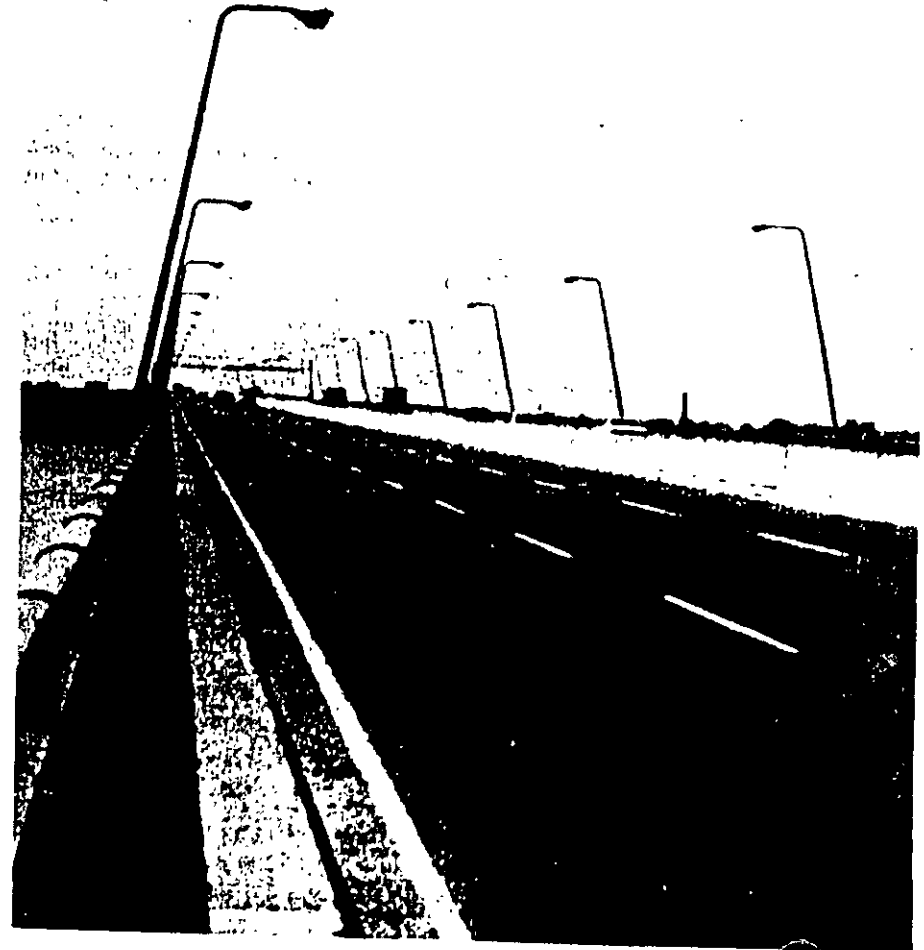
b. Corrosión del acero de refuerzo.

c. Juntas de dilatación (sello, cubre placas, desconchamientos)

d. Drenaje

##### 2. Corrección

a. Las banquetas deben conservarse bien reparadas para asegurar su integridad estructural y proporcionar una condición superficial que sea segura para los peatones. Las grietas, desconchamiento, baches, descamado, u otros deterioros requerirán la remoción del concreto deteriorado hasta la profundidad del concreto sano. El área para reparar se limpiará totalmente y se recubrirá con un agente adherente aprobado antes de la colocación del concreto nuevo. El perímetro del área que va a ser resanada será cincelado hacia afuera para proporcionar una cara vertical cuando sea resanado con concreto de cemento Portland. Esto prevendrá el descamado del bisel del borde. El resane que recubre el borde biselado deberá acompañarse con mortero epóxico.



b. El acero de refuerzo debe estar libre de óxido y contaminación antes de la colocación del concreto nuevo. Las varillas superiores con pérdida de sección serán remplazadas o reforzadas con nuevas varillas adicionales.

c. Las juntas de dilatación, especialmente en los estribos, frecuentemente tendrán movimientos diferenciales que abran o cierren las juntas o produzcan un desalineamiento que es peligroso para los peatones. Las juntas con movimiento restringido pueden originar descamado del concreto y alabeo de las placas de recubrimiento metálicas. Los desalineamientos pueden ser reparados por resane de la superficie. Las placas de recubrimiento metálicas se enderezarán para proporcionar superficies niveladas para los peatones y proveer un cubrimiento total de la abertura de la junta. Esto puede requerir que se agregue un ancho de placa de recubrimiento adicional, donde las juntas se han abierto más allá del espacio libre proyectado.

d. El drenaje de la banqueta deberá conservarse para prevenir encharcamiento del agua que pueda congelarse durante el tiempo frío y causar un peligro para los peatones. El resanado superficial de las áreas bajas ayudará a corregir este problema.

### 3. Prevención

El deterioro del concreto, causado por el congelamiento y el deshielo y por los químicos para descongelar, es difícil de prevenir, a menos que la penetración de la humedad pueda ser eliminada creando una superficie de concreto impermeable y pueda ser fuertemente reducido si se utiliza inclusión de aire.

Muchos materiales son útiles para prevenir la penetración de la humedad. Por ejemplo:

- a. Concreto epóxico y aditivos de polímeros
- b. Endurecedores de la superficie
- c. Revestimiento superficial epóxico
- d. Aceite de linaza

Los recubrimientos epóxicos generalmente requerirán una aplicación de una superficie de material abrasivo para proveer una superficie segura para los peatones. El material de revestimiento pudiera tener que ser aplicado en dos capas para prevenir pequeños agujeros.

Un lavado frecuente de las superficies podría ayudar en la prevención del deterioro.

### B. Placa de Acero

#### 1. Problemas

- a. Corrosión
  - b. Conexiones y cartelas
  - c. Estado de la superficie y drenaje
- #### 2. Corrección

a. y b. Las banquetas de placa de acero, las conexiones y las cartelas deberán inspeccionarse regularmente para detectar corrosión y el estado de la pintura o de la capa de protección.

Cualquier componente de la banqueta que tenga pérdida de sección deberá ser reforzado o remplazado con materiales nuevos.

c. Debe conservarse el estado de la superficie de las banquetas metálicas para que proporcionen una superficie libre de peligro para los peatones. El acero corroído deberá ser limpiado con chorro de arena y después recubierto con una pintura protectora o un sistema epóxico el cual se diseña para el medio ambiente del puente. Pueden agregarse al recubrimiento del piso, arena, óxido de aluminio u otros abrasivos inorgánicos para proporcionar una superficie no resbaladiza para los peatones. Los drenes de la banqueta deberán conservarse libres de materiales extraños que puedan obstruirlos e impedir que el agua corra hacia afuera.

### 3. Prevención

Puede prevenirse materialmente la corrosión de las placas de las banquetas de acero, las conexiones y las cartelas, si se protege el acero con un baño de galvanizado en caliente o con un sistema de pintura rico en zinc inorgánico.

Un lavado frecuente de la superficie ayuda a prevenir el deterioro.

### C. Rejilla de Acero

#### 1. Problemas

- a. Corrosión

b. Conexiones y cartelas, largueros

c. Estado de la superficie

## 2. Corrección

a. Debe conservarse el recubrimiento de protección de las rejillas de acero para prevenir la corrosión y la pérdida de sección. La construcción y la configuración de la rejilla de acero hace difícil limpiar y pintar. Si es posible, la rejilla se quitará para su limpieza y pintura. Esto proporciona también una oportunidad de inspeccionar correctamente las ménsulas de apoyo, los largueros y las conexiones.

b. La rejilla, las ménsulas de apoyo y los largueros deben ser inspeccionados para detectar grietas y pérdidas de sección. Los miembros que proporcionan la integridad estructural de la banqueta que presenten pérdida de sección, deberán reforzarse o remplazarse.

c. Las superficies de las rejillas que hayan llegado a ser resbaladizas y peligrosas para los peatones pueden corregirse recubriéndolas con pintura o epóxico a los cuales se les hayan agregado abrasivos inorgánicos, o estrando la superficie donde sea posible.

## 3. Prevención

Se recomienda un baño de galvanizado en caliente para las rejillas de acero y sujetadores.

## D. Concreto Asfáltico

### 1. Problemas

Las banquetas de concreto asfáltico se utilizan generalmente colocadas sobrepuestas sobre banquetas de concreto de cemento Portland o de placa de acero para proporcionar una superficie adecuada para los peatones. Muchos problemas se generan debido a la pérdida de la adherencia entre el concreto asfáltico y el material sobre el cual está colocado. La pérdida de adherencia permitirá penetrar a la humedad y a los descongelantes químicos y así causar el deterioro del concreto de cemento Portland, la corrosión del acero y el agrietamiento del concreto asfáltico. El concreto asfáltico agrietado producirá baches por dentro durante los ciclos de congelamiento-deshielo.

### 2. Corrección

El concreto asfáltico que haya perdido la adherencia con el material sobre el cual está colocado, requerirá ser remplazado con materiales nuevos. Las áreas

que se van a reparar deben ser inspeccionadas y reparadas cuidadosamente para asegurar la integridad de la banqueta de concreto de cemento Portland o de placa de acero sobre las cuales se ha colocado el concreto asfáltico.

## 3. Prevención

Las áreas que van a ser reparadas se sellarán con una membrana epóxica antes de que sean colocados los resanes de concreto asfáltico. El concreto asfáltico será una mezcla fina, diseñada para hacer impermeable el recubrimiento tanto como sea posible. Los selladores superficiales son útiles para prevenir la penetración de la humedad. Cuando se utilicen selladores superficiales, deberá tenerse cuidado en seleccionar un producto que asegure una superficie que no represente peligro para los peatones.

## E. Madera

### 1. Problemas

a. Pudrición en el piso, largueros de apoyo y durmientes.

b. El estado de la superficie (combaduras, grietas grandes, aflojamiento del piso y clavos que sobresalen).

### 2. Corrección

a. La pudrición en banquetas de madera siempre se desarrollará aproximadamente primero en las zonas donde la cubierta descansa sobre los largueros o durmientes. Los componentes de la banqueta que se hayan debilitado estructuralmente por pudrición y desgaste deberán ser eliminados y remplazados con materiales nuevos.

b. El estado de la superficie es muy importante. Deberán realizarse todos los esfuerzos necesarios para proporcionar una superficie libre de peligro para los peatones. La cubierta que se haya combado y no pueda volver a fijarse hacia abajo con seguridad a los largueros, deberá quitarse y remplazarse con material nuevo. No se tolerarán agujeros de nudos y un espaciado excesivo entre los tablones del piso. Los tablones del piso de la banqueta denominados S4S originarán una condición de superficie resbaladiza cuando se mojen o se escauchen. Los tablones con acabado S1S 2 E colocados con la cara rugosa hacia arriba proporcionarán una superficie menos peligrosa. Los clavos en el piso deben ser revisados periódicamente debido al efecto de empuje hacia arriba causado por la pudrición, desgaste y agrietamiento de la madera durante la estación de secas.

Se recomiendan los clavos o pernos galvanizados debido a su mayor poder de sujeción y resistencia a la corrosión.

### 3. Prevención

La durabilidad de las banquetas de madera se incrementa notablemente si se utiliza la madera grado estructural tratada a presión. Donde exista tránsito de peatones pesado que origine mayor desgaste del normal, se considerará la colocación de planchas de asfáltico premoideado que proporcionen una superficie muy durable. Las planchas asfálticas están disponibles con un material de revestimiento mineral que proporciona una superficie no resbaladiza.

#### 5.3.3. Parapeto

##### A. Concreto

###### 1. Problemas

- a. Daños por colisión
- b. Deterioro
- c. Agrietamiento y desconchado en las conexiones metálicas del parapeto.
- d. Corrosión de conductos expuestos en juntas de dilatación.
- e. Detalles o proyecto original inadecuados.

###### 2. Corrección

a. Los parapetos dañados por colisión serán reparados tan pronto como sea posible. El procedimiento correctivo normal requerirá de la eliminación de todo el concreto dañado y su remplazo con concreto nuevo. Las mezclas de fraguado rápido se recomiendan para las reparaciones que limiten el patrón normal de tránsito vehicular, aunque pueden existir algunos problemas con su uso en grandes volúmenes de colado. Las áreas dañadas que requieran resane, necesitarán la utilización ya sea de un agente adhesivo para asegurar la liga entre el concreto nuevo y el viejo, o el uso de un aditivo de liga en el mortero para el resane.

Cuando hayan ocurrido daños en gran escala en parapetos de bajas especificaciones o de tipo antiguo, se considerará la posibilidad de remplazarlos con un parapeto que cumpla con las normas corrientes en vez de substituirlo con uno del mismo tipo.

b. El concreto deteriorado será eliminado hasta la profundidad del concreto sano. Muchas veces esto requerirá la eliminación de la sección completa del parapeto. El procedimiento de reparación correctiva es el mismo que para barandas dañados por colisión.

c. El agrietamiento y desconchado de los parapetos de concreto es bastante común cuando el parapeto metálico se fija o se embebe en el concreto en los extremos del puente. Las manchas de herrumbre en el concreto pueden indicar la presencia de una corrosión severa del acero de refuerzo. El concreto agrietado o desconchado debe ser eliminado hasta la profundidad de la corrosión, de tal manera que el acero corroído pueda ser limpiado y aplicado un recubrimiento de protección. El acero corroído deberá limpiarse por chorro de arena antes de que se aplique un revestimiento de protección. El procedimiento para la reparación del concreto es el mismo que se recomendó para daños por colisión y deterioro. Las grietas que no tengan desconchado pero que estén abiertas y sean potenciales para permitir la penetración de la humedad, serán selladas para prevenir la corrosión del metal embebido.

d. Los conductos eléctricos embebidos en los parapetos de concreto están expuestos en las juntas de dilatación. Las juntas de dilatación en la tubería se protegerán para prevenir la corrosión que pudiera perjudicar el funcionamiento de la junta. Se recomienda una inspección y un mantenimiento frecuentes del recubrimiento de protección.

##### 3. Prevención

El mayor número de problemas relacionados con los parapetos de concreto pueden atribuirse a la penetración de la humedad y a los daños por colisión. Se recomiendan los selladores superficiales y los mezclados para prevenir la penetración de la humedad. La inyección con epóxico se recomienda para sellar las grietas más grandes en los parapetos de concreto. Los accesorios de acero que se fijan o se embeben en los parapetos de concreto deben ser galvanizados en caliente o pintados con una pintura rica en zinc.

##### B. Acero

###### 1. Problemas

- a. Daños por colisión
- b. Pernos de anclaje y conexiones
- c. Corrosión
- d. Detalles o proyecto original inadecuados

###### 2. Corrección

a. Los parapetos dañados por colisión deberán ser reparados o remplazados tan pronto como sea posible para garantizar la seguridad del tránsito vehicular y de peatones.



nal del parapeto, pero deberá considerarse su remplazo con un parapeto que cumpla con las especificaciones corrientes.

b. La corrosión del cable generalmente se origina en los puntos de contacto donde el cable se fija al puente. Estas áreas serán inspeccionadas para detectar manchas de herrumbre que puedan indicar la falla del galvanizado o recubrimiento de protección de pintura. Los cables con pérdida de sección debida a la corrosión o daños por colisión deberán remplazarse.

c. Los parapetos de cable deberán ser tensados convenientemente para prevenir que el cable se afloje y permita que se combe cuando lo golpeen los vehículos. La tensión adecuada es difícil de mantener debido a la contracción y alargamiento causados por el cambio de temperatura. Las anclas de los cables deberán diseñarse para que proporcionen el ajuste de la tensión del cable.

### 3. Prevención

La prevención de la corrosión del cable se incrementa notablemente utilizando cable y herrajes galvanizados. Es benéfico para prevenir la pérdida de la tensión del cable adaptar un resorte a compresión a las anclas de cable.

## F. Madera

### 1. Problemas

a. Daño por colisión

b. Pudrición, rajado y agrietado

c. Conexiones apernadas

d. Estado de pintura

### 2. Corrección

a. Los parapetos dañados por colisión requieren una reparación inmediata para garantizar la seguridad del tránsito de vehículos y de peatones. Se inspeccionarán cuidadosamente los miembros a los cuales están sujetos los parapetos y se repararán si se requiere, antes de fijar el parapeto nuevo.

b. Las secciones del parapeto que se hayan debilitado debido a pudrición, agrietamiento por intemperie o rajaduras, serán remplazadas con materiales

nuevos. Los parapetos se conservarán libres de astillas o salientes que pudieran ser peligrosas para los usuarios.

c. Los parapetos deben ser cuidadosamente apernados o clavados en las conexiones. Los pernos corroídos que presenten pérdida de sección serán substituidos.

d. El mantenimiento con pintura de los parapetos de madera es muy importante. Una superficie de pintura bien conservada proporcionará una mejor visibilidad y protección contra pudrición y corrosión de los pernos de conexión.

### 3. Prevención

a. Los parapetos generalmente no contribuyen a la resistencia estructural del puente. Ellos se instalan principalmente para la seguridad pública. Los extremos de los parapetos de puente sin protección plantean un grave peligro al tránsito vehicular.

Los parapetos barrera en los accesos a los puentes deberán prolongarse más allá del extremos del parapeto del puente y deberán anclarse a la cara interior. Esta operación reduce la severidad del daño por colisión de vehículos. En un puente de dos carriles se instalará en ambos extremos del parapeto de puente existente el parapeto de acceso tipo abocinado, ahusado. Nota: Esto se aplica a otros parapetos también.

b. La durabilidad del parapeto de madera puede incrementarse utilizando madera de grado estructural que haya sido tratado a presión con un impermeabilizador de madera adecuado. Los grados inferiores de madera están propensos a rajaduras, alabeo y agrietamiento. Cuando los parapetos requieran una superficie pintada, deberá tenerse cuidado de seleccionar un impermeabilizador que proporcione una superficie pintable.

c. Se recomienda un baño de galvanizador en caliente para prevenir la corrosión de los pernos y roldanas de conexión.

d. Al parapeto de madera que se le haya tratado con un impermeabilizador de madera, deberá dársele el tiempo suficiente para su secado al aire antes de la aplicación de la pintura. Si no se cumple con esta regla se presentarán ampollas en la pintura.

e. Como los parapetos de madera y aluminio generalmente son deficientes en su resistencia estructural, se deberá considerar su reposición con tipos más fuertes cuando la reserva de fondos lo permita.



## CAPITULO 6.0.0. SISTEMAS DE JUNTA EN PUENTES

6.2.0 Alcance	95
6.3.0 Nomenclatura	95
6.3.1 Juntas Abiertas	95
A. Juntas Dentadas	96
1. Problemas	96
a. Drenaje	98
b. Aflojamiento y Golpeteo	98
c. Salientes (dedos) Cerradas	101
2. Corrección	101
3. Prevención	106
B. Otras	107
1. Problemas	112
2. Corrección	112
3. Prevención	113
6.3.2 Juntas Cerradas	115
Placa Deslizante	115
1. Problemas	116
2. Corrección	118
3. Prevención	119
B. Elastoméricas	119
1. Problemas	120
2. Corrección	124
3. Prevención	124
C. Sello a Compresión	124
1. Problemas	125
2. Corrección	127
3. Prevención	127
a. Tamaño del Sello	127
b. Espesor de la Pared	127
c. Otros	127
6.3.3 Selladores	128
A. Dilatación-Sellos en Tiras	128
1. Problemas	128
2. Corrección	131
3. Prevención	132
6.3.4 Instalación de Sistemas de Junta	132
A. Instalación en Junta de Concreto Aserrada o Junta Abierta en Concreto Moldeado	132
B. Instalación en Juntas Abiertas Acorazadas	132
C. Instalación de Junta Acorazada Presforzada	133

## **CAPÍTULO 6.0.0 SISTEMAS DE JUNTA DE PUENTE**

### **6.2.0 Alcance**

Una muy importante, pero muchas veces descuidada parte de una superestructura de puentes, es el sistema de junta de la cubierta. Las juntas en la cubierta son diseñadas para prever diversos movimientos de rotación, traslación y transversales, de la superestructura bajo la carga viva o la dilatación y la contracción por temperatura, así como para una completa impermeabilización de la junta. Con la gran cantidad de química para deshielo en uso actualmente, ha llegado a ser mucho muy importante que los sistemas de junta sean diseñados y conservados para ayudar al drenaje del piso, lo cual evita que los químicos para deshielo lleguen a la zona de la estructura del puente abajo de la superficie del camino. Aun en aquellos Estados donde no se utilizan químicos, pero que tienen ciclos de congelamiento-deshieló, los cuales son perjudiciales al concreto de la subestructura, no debe permitirse que la humedad excesiva o las materias extrañas lleguen a los asientos de los apoyos de las unidades de subestructura, o a las superficies de los miembros de acero del puente. El sistema de junta es por sí mismo un medio ambiente muy corrosivo y la oxidación de las zonas de acero expuestas pudiera llegar a ser un problema.

Se detallarán en este capítulo los diversos sistemas de junta en uso. Debido a los numerosos y variados diseños y materiales incorporados en los sistemas de junta a través de los años, pudiera ser imposible cubrir cada sistema específico. El alcance de este capítulo será el de clasificar los sistemas de junta de acuerdo a su tipo y discutir los problemas de conservación asociados a la corrección y prevención de los mismos.

### **6.3.0 Nomenclatura**

#### **Juntas Abiertas**

Las juntas de dilatación abiertas se proyectan para proporcionar movimiento longitudinal a la superestructura y tal vez algún medio de puntear parcialmente la abertura de la junta para permitir que el tránsito cruce suavemente.

## Juntas Cerradas

Las juntas de dilatación cerradas consisten en la disposición de diversos materiales para integrar al puente la junta de dilatación abierta y prever el movimiento longitudinal de la superestructura. Estos dispositivos pueden o no incluir la impermeabilidad en su proyecto.

### 6.3.1 Juntas Abiertas

A. Juntas Dentadas: Las juntas dentadas se han instalado utilizando diversos modelos y plantillas. Las Figuras 1 al 6 muestran detalles de diversos tipos comunes. La función es básicamente la misma, y en ella se permite el movimiento, con la imprescindible característica de que no se concentren los esfuerzos en la cara de unión del piso. Algunas veces se incorporan en el proyecto sistemas de apoyo detallados, para proporcionar la transferencia de la carga de los vehículos a los miembros de la superestructura sin cargar los extremos del piso.

Pueden o no incorporarse previsiones para el drenaje en este tipo de juntas de dilatación. Si se utiliza, éste podría normalmente consistir de un dren a todo lo largo, colocado abajo de las aberturas de las salientes o un sistema de dren de rejilla a todo lo largo, colocado en cualquiera de los lados de la junta abierta (Figuras 4, 5, 6).



Figura 1 Dispositivo típico de dilatación de placa con barras salientes (dedos)

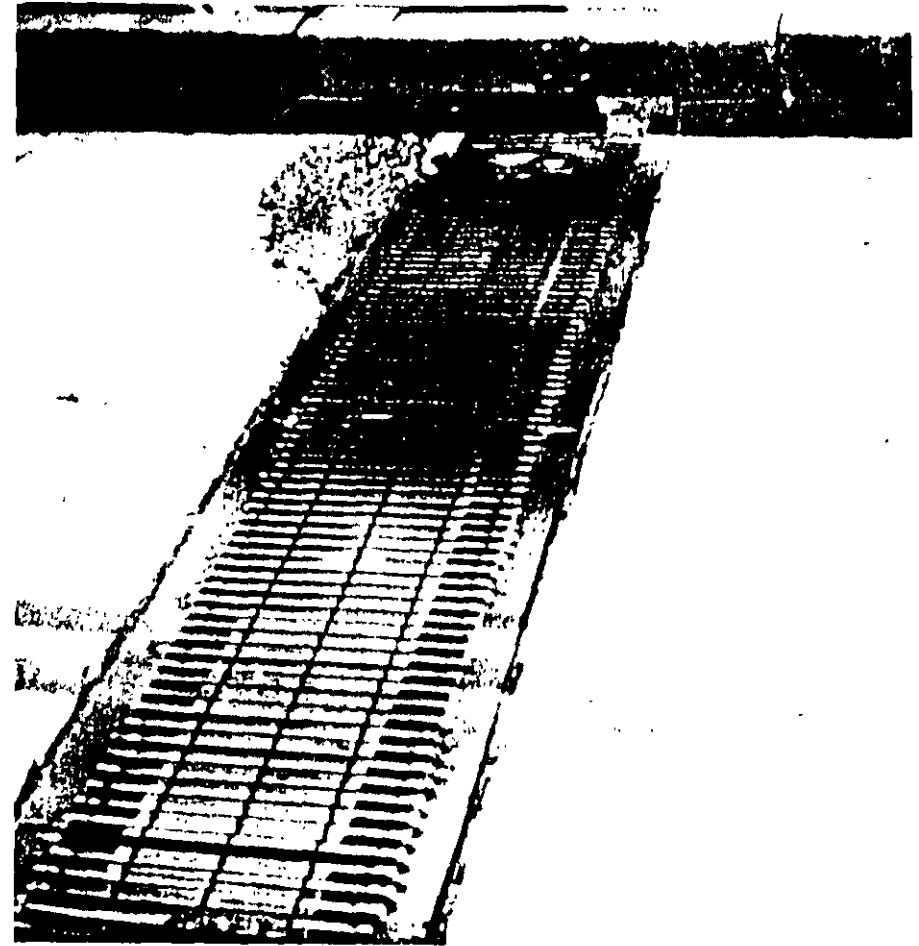


Figura 2 Dispositivo típico de dilatación con barras salientes (dedos)

## 1. Problemas

### a. Drenaje

Cuando no se proporciona un trazo de drenaje totalmente efectivo, el drenaje del camino que pasa a través del dispositivo de dilatación acarrea y deposita químicos para deshielo, tierra del camino, arenilla y grava dentro del sistema de apoyo del dispositivo de dilatación, así como en los patines de los miembros de la superestructura y probablemente en los cabezales de las unidades de subestructura. Estos depósitos acumulan y retienen la humedad, lo que resulta en oxidación de los miembros de acero y deterioro de las superficies de concreto.

Cuando un canal de drenaje se instala abajo del dispositivo de dilatación, el problema más común asociado con el sistema de dilatación es el de la obstrucción del canal de drenaje con la paja del camino, arena y desechos. Un canal de drenaje obstruido, bajo el dispositivo de dilatación, frecuentemente impide la operación adecuada de éste, debido a que obstruye las aberturas de los salientes (dedos) y en casos extremos, causa que éstos se levanten.

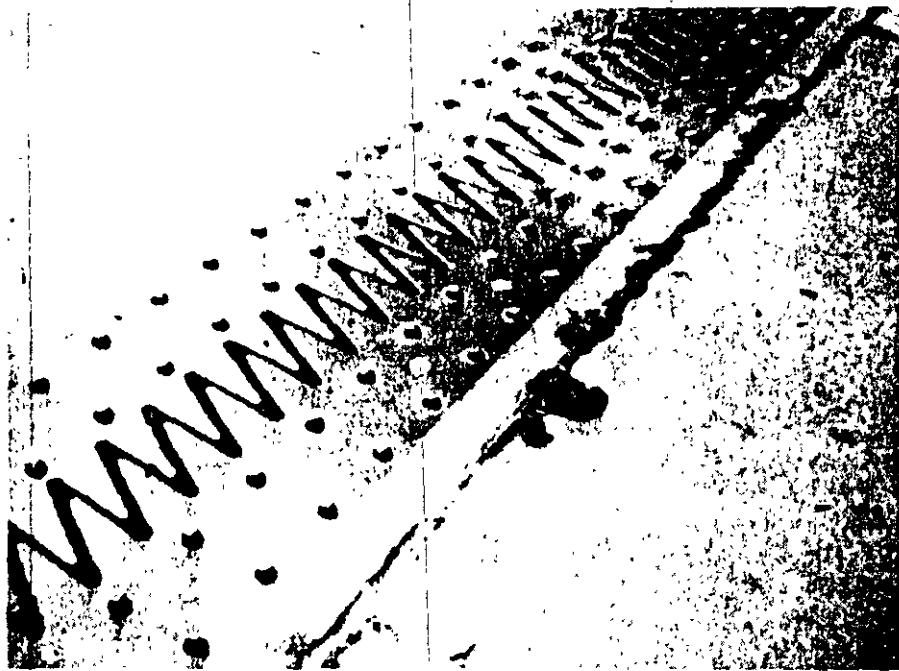


Figura 3. Dispositivo de dilatación de placa con barras salientes (Dedos) con las cabezas de remache expuestas.

La previsión de drenaje de la junta se anula cuando el agua de drenaje superficial evita pasar por el dren obstruido, o el canal de drenaje se rebasa, permitiendo que el agua llegue a los miembros estructurales bajo la junta.

### b. Aflojamiento y Golpeteo

El sistema de vigas y ángulos que soporta el dispositivo de dilatación generalmente se construye apernado o remachado. De vez en cuando, los pernos y los remaches pueden trabajar flojos, causando el movimiento de la junta de dilatación con respecto al piso, bajo las cargas del tránsito. Este movimiento rápidamente provocará el agrietamiento del piso de concreto adyacente a la junta. El movimiento excesivo en dirección vertical pudiera resultar en un desalineado suficiente para crear peligro al equipo de remoción de nieve. La diferencia de pendiente vertical induce al tránsito a producir un impacto mayor, el cual fomenta el incremento del daño.

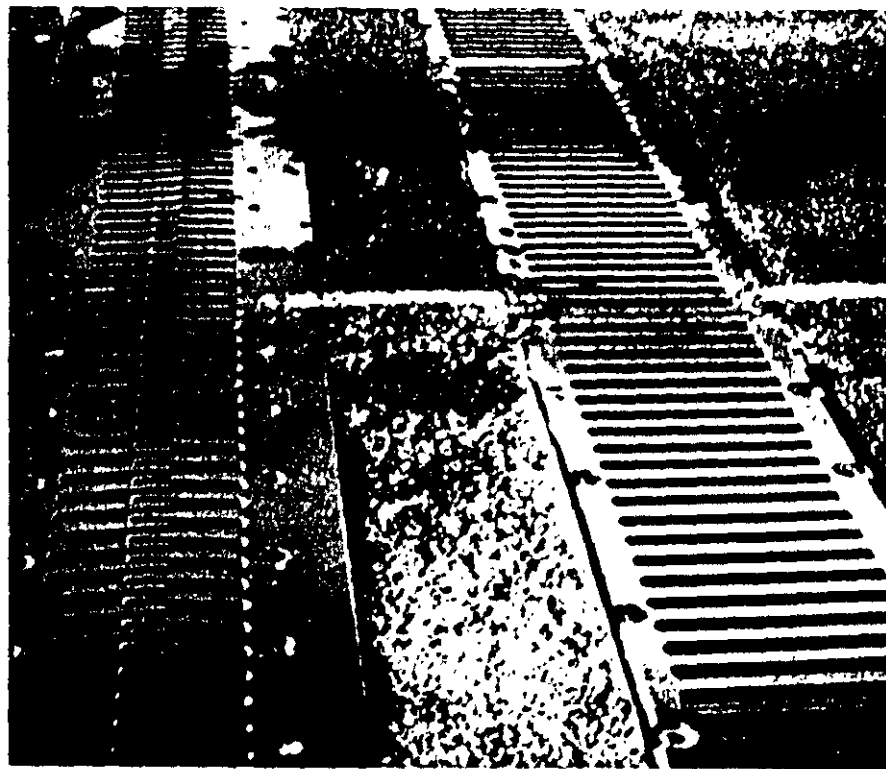


Figura 4. Dispositivo de dilatación con barras salientes (dedos) con sistema de drenaje adyacente

Las barras salientes de dilatación (dedos) pueden fracturarse y desprenderse en las soldaduras, representando un peligro al tránsito y al equipo para remover la nieve.

Las cabezas expuestas de los remaches en la superficie de rodamiento producen un riesgo parecido para el equipo de remoción de nieve.

No es necesario decirlo, cualquier impacto producido por el equipo para remover la nieve es perjudicial para la junta así como para el equipo. Las placas de guarnición de acero están sujetas especialmente a daño de esta naturaleza, resultando generalmente torcidas o rotas y desprendidas de la guarnición (Figura 7).

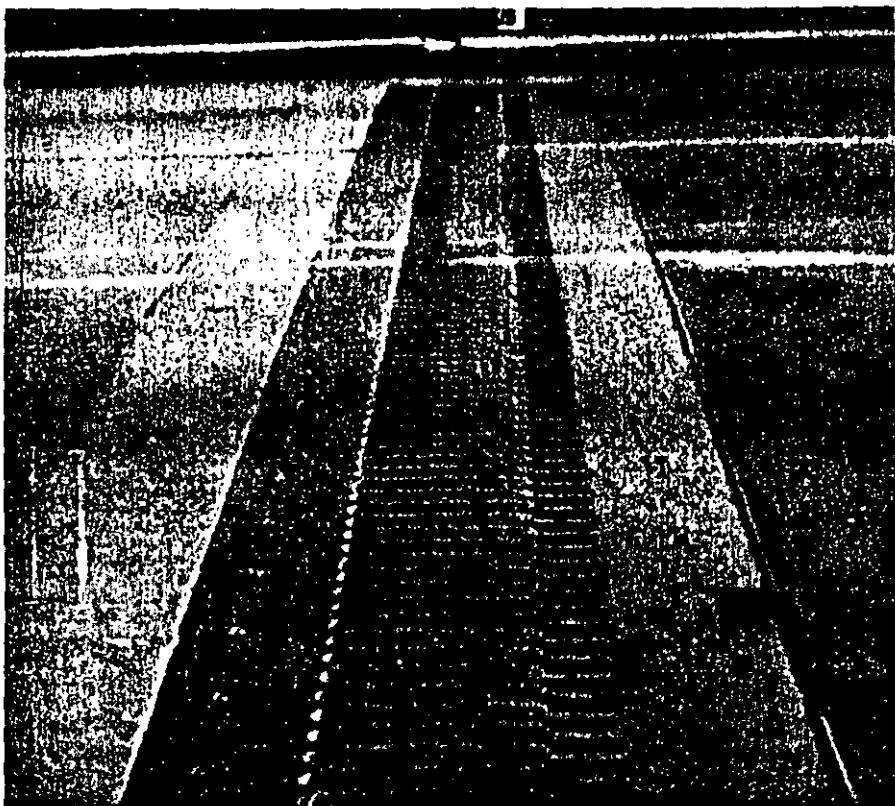


Figura 5 Dispositivo de dilatación de placa con barras salientes (dedos), en el estribo oeste del puente en la calle Alamo.

### c. Saliente (dedos) Cerradas

El movimiento excesivo de las unidades de la subestructura puede reducir el espaciamiento disponible de la junta, ocasionando que el dispositivo de dilatación se cierre en tiempo extremadamente caliente, o, una previsión insuficiente para la dilatación del pavimento puede originar que las juntas se cierren (Figura 8) por exceso de fuerzas en los extremos del puente que separan el pavimento del camino. Cuando quedan cerradas, los esfuerzos incrementados en las líneas de guarnición y en los extremos del piso dan por resultado ruptura por compresión en la guarnición y en el piso en la junta con salientes (dedos) o en una junta de dilatación adyacente (Figura 9).

## 2. Corrección

### a. Drenaje

Un lavado frecuente de todas las superficies horizontales expuestas bajo la abertura de la junta, para remover las substancias extrañas acumuladas ayuda a prevenir la oxidación excesiva del acero y el deterioro del concreto. Pueden instalarse deflectores de placa metálica en los extremos de los largueros o sobre los dispositivos de apoyo, para prevenir la acumulación de materias extrañas sobre los patines inferiores de los miembros de la superestructura y en los dispositivos de apoyo.



Figura 6 Canalón de drenaje, imbornal y tubo de bajada utilizados abajo del dispositivo de dilatación que se muestra en la Fig 5

Los drenes que cruzan de un lado a otro se limpiarán frecuentemente para prevenir que se obstruyan. Si se experimenta una dificultad extrema en la limpieza de los drenes, deben hacerse las modificaciones necesarias para facilitarla, así como su lavado con chorro de agua.

#### b. Aflojamiento del Golpeteo

Si el dispositivo de dilatación está flojo, pero el piso de concreto no se ha roto y levantado en la junta, la reparación puede realizarse quitando los pernos o los remaches flojos o fallados, recolocando en su posición el dispositivo de dilatación y volviendo a colocar los pernos. En los casos en los que el piso de concreto adyacente al dispositivo de dilatación se ha roto y levantado, puede ser reparado en la misma forma, pero además, el piso de concreto dañado debe quitarse y remplazarse con una mezcla de concreto de bajo revenimiento, una revoltura de concreto con aditivo expansor o un concreto de fraguado rápido y un aditivo para adherencia.

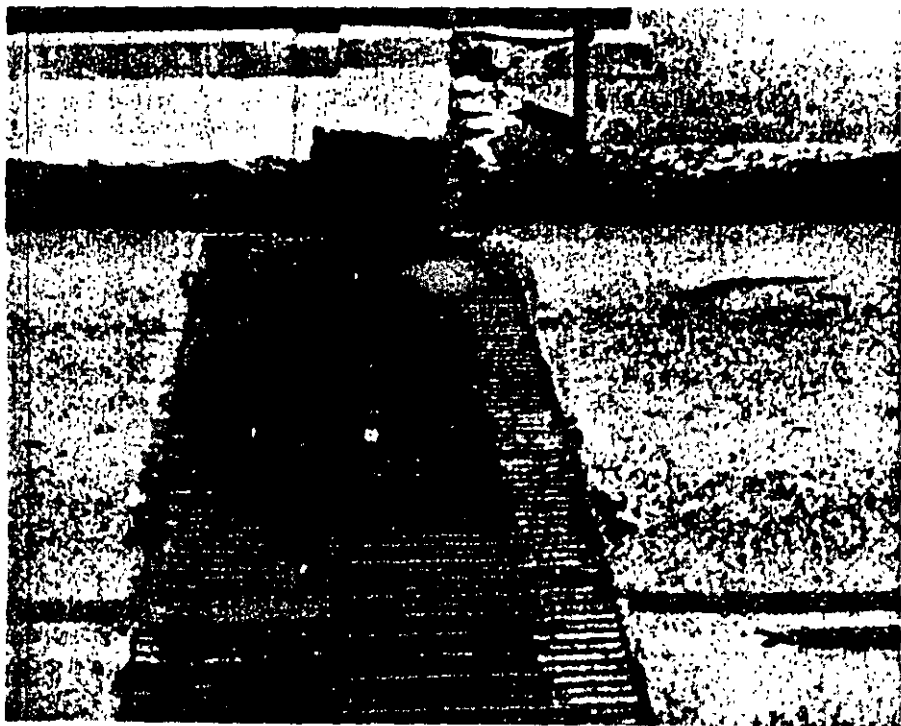


Figura 7. Dispositivo de dilatación de barras salientes (dedos), con la placa de guarnición dañada.

Si los salientes de dilatación (dedos) llegan a desalinearse debido al asentamiento diferencial de la estructura del puente o al desgaste en el ensamble de apoyo, la reparación evidente es la corrección del asentamiento diferencial. Sin embargo, el grado de asentamiento no siempre es de magnitud suficiente para justificar el gasto, por lo que una solución intermedia consiste en esmerilar hacia abajo los dedos protuberantes (Figura 10) y utilizando cuñas bajo los apoyos, nivelar hacia arriba los tramos.



Figura 8. Junta de barras salientes (dedos), cerrada, como resultado de juntas próximas inadecuadas en el pavimento

Las barras salientes (dedos) rotas y desprendidas en las soldaduras, pueden ser colocadas nuevamente en su posición y vueltas a soldar.

Las cabezas expuestas de los remaches que son golpeadas frecuentemente por el equipo para remoción de la nieve pueden quitarse, los agujeros avallanarse y los remaches substituirse con pernos de alta resistencia de tamaño equivalente. Las cabezas de los remaches pueden también ser desvastadas con un soplete para proporcionar un borde biselado que sea más difícil que sea dañado o cause daño al equipo de remoción de la nieve.



Figura 9. Guarnición desconchada en la junta sellada adyacente a la junta de salientes (dedos), mostrada en la Fig 8.

Las placas de guarnición, si no están rotas y desprendidas del concreto, pueden ser enderezadas en el sitio. Si el concreto se ha roto y desprendido, la placa de la guarnición se enderezará, se colocará nuevamente en su posición y el concreto se repondrá.

Es necesario estabilizar el movimiento de la subestructura para prevenir que se repita el desalineado de la junta y se logren buenos resultados en las reparaciones subsecuentes de la misma.

#### c. Salientes (dedos) Cerradas

El procedimiento de reparación deseable sería el de regresar a su lugar original a la subestructura que se movió y causó la condición de cierre. Si esto no es posible, entonces la única posibilidad de aliviar la presión en la junta es la de desvastar los salientes de dilatación, si es posible, o quitar el sistema de junta completo, volviéndolo a colocar en su posición y rehabilitándolo.

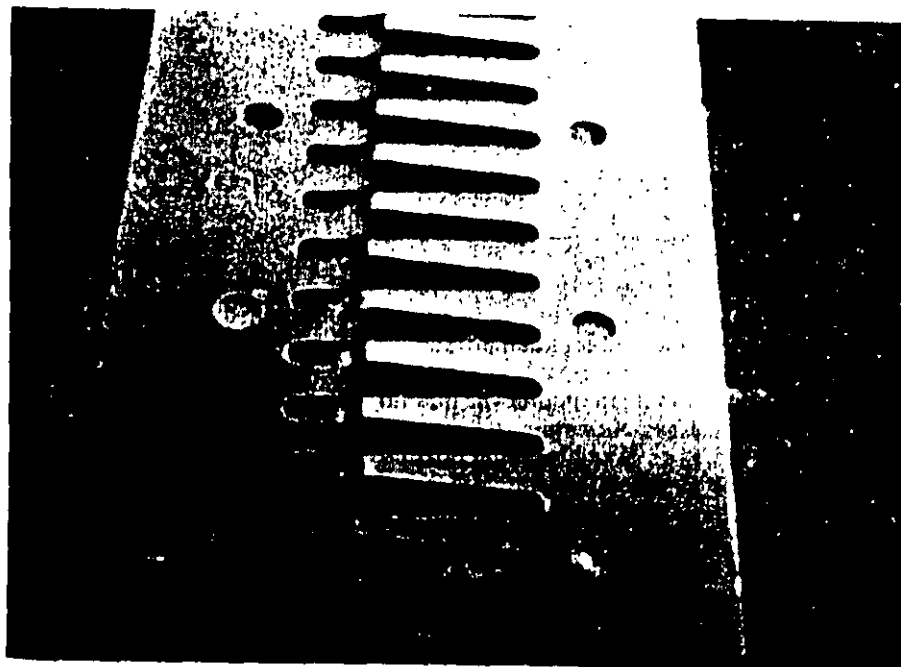


Figura 10 Barras salientes (dedos) de dilatación desvastadas, para reducir peligro al equipo de remoción de nieve



Cuando tal cierre se deba a que el pavimento empuja contra el pavimento, la reparación de la junta puede ser el corte en los accesos.

Remplácese el concreto dañado, si lo hay, de la misma manera como se expuso para la reparación de juntas sueltas.

### 3. Prevención

#### a. Drenaje

En la actualidad, la prevención total del goteo de una junta "abierta" no es posible, pero gran parte del drenaje del piso puede dirigirse hacia otra parte. Es esencial un sistema de drenaje adecuado de suficiente pendiente y que pueda ser limpiado fácilmente.

Si el piso se conserva limpio, una cantidad mínima de substancias extrañas entrará al sistema de drenaje, lo cual ayudará a eliminar la necesidad de una limpieza frecuente.

#### b. Aflojamiento y Golpeteo

Un dispositivo de dilatación adecuadamente proyectado y anclado es la mejor previsión contra el aflojamiento del dispositivo o la rotura de las saliente (dedos) de dilatación. La observación rutinaria y las acciones correctivas son la mejor prevención contra el daño producido por el equipo para eliminar la nieve.

#### c. Salientes (dedos) Cerradas

La mejor solución a este problema es una de las de prevención.

Una observación frecuente de la abertura de las juntas de dilatación a diversas temperaturas, proporciona una indicación inmediata si el dispositivo de dilatación está trabajando adecuadamente.

Si las mediciones indican alguna vez que no está funcionando correctamente, hay que investigar la subestructura para determinar si se está produciendo algún movimiento. Si es así, determinar por qué y si es posible, corregirlo. Investigar el camino de acceso si es concreto, entonces son necesarias juntas adecuadas en las losas de acceso para permitir la dilatación longitudinal del pavimento del camino. El asentamiento de un camino de acceso de asfalto, así como uno de concreto, es indicativo de que los estribos se están moviendo uno hacia otro.

Un movimiento transversal de la superestructura en puentes esviados, es generalmente indicativo de una junta de dilatación atorada o que no opera. (Figura 11). En el caso de que el cierre se deba al empuje del pavimento, un sec-

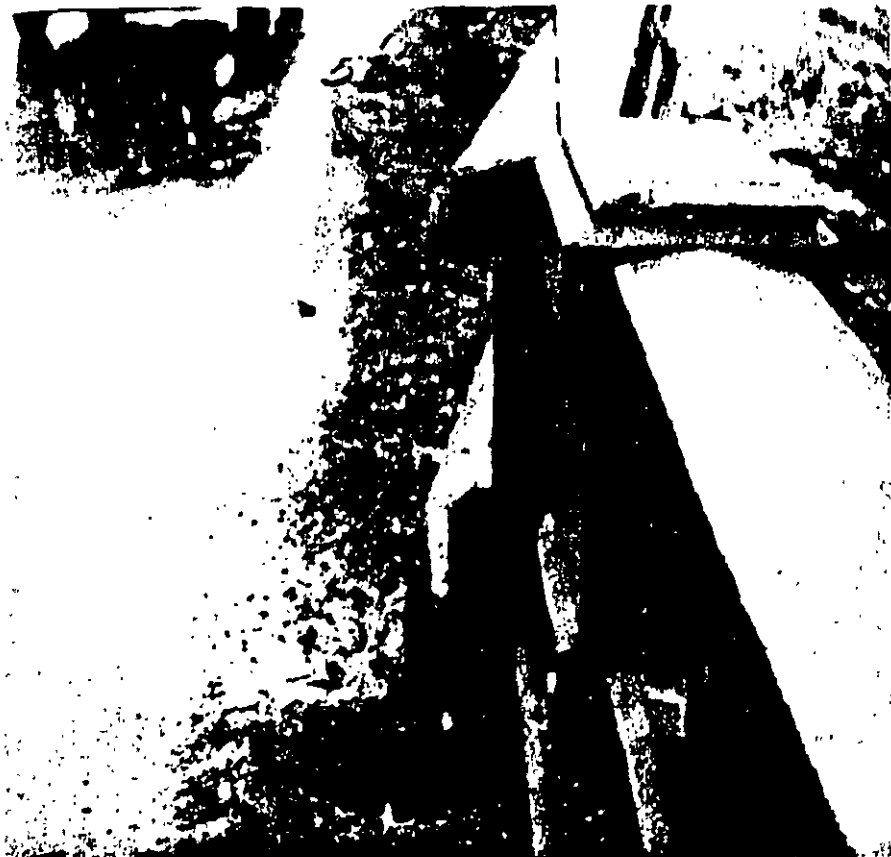


Figura 11. Movimiento transversal de la superestrella 13.97 cm

cionamiento del pavimento asfáltico colocado en las losas de acceso ayudará a la corrección.

#### B. Otros

En muchos puentes se utilizan juntas de dilatación abiertas consistentes en bordes de concreto o concreto blindado entre los tramos de piso adyacentes (Figura 12). Este tipo de junta generalmente proporciona menor movimiento que otros tipos. Algunas juntas se diseñaron de este modo, pero en muchas otras, originalmente se utilizó un mastique u otro material entre los bordes de la junta para prevenir la entrada de las materias extrañas.

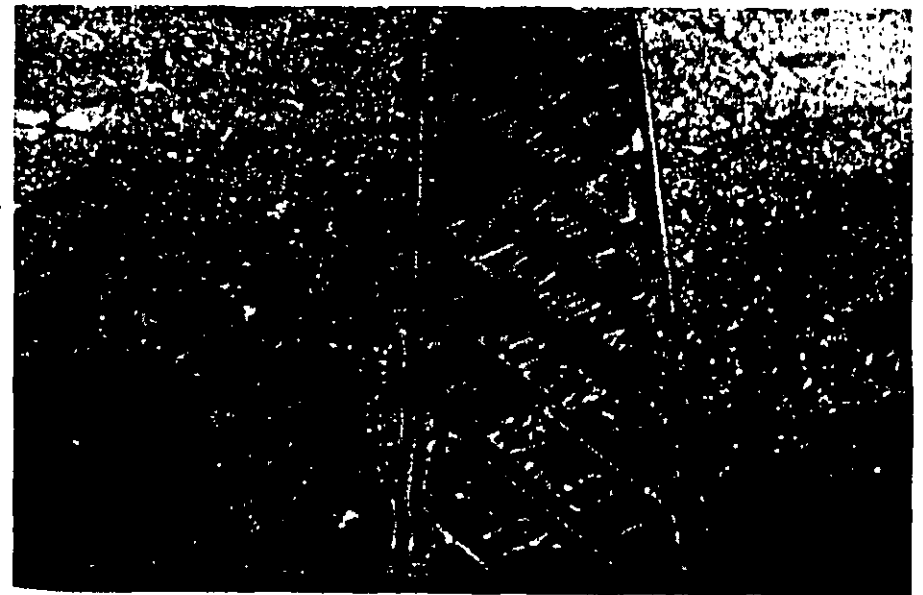
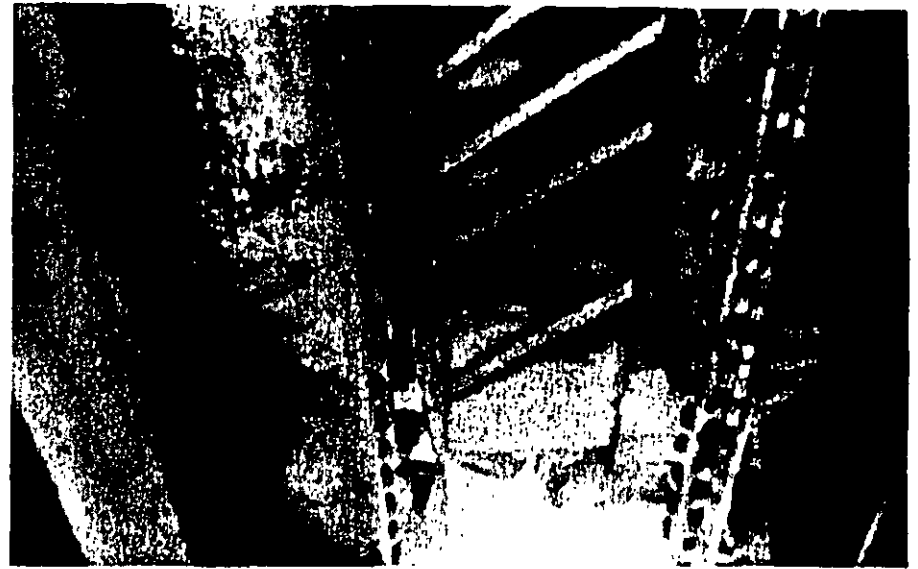


Figura 13 Sistema de junta de dilatación "Ward".

Figura 14. Parte inferior de un sistema de dilatación "Ward"

Una modificación de la junta de dilatación con salientes (decos) puede encontrarse en el tipo "Ward" de sistema de junta abierta. El sistema de apoyo para el dispositivo de dilatación es semejante en diseño al del dispositivo de dilatación con salientes. Sin embargo, en lugar de las salientes que se traban sobre el hueco para dilatación, la abertura es puenteadada por barras de acero plano colocadas diagonalmente a través de la abertura. Cada extremo es apernado con cierto juego a las ménsulas de apoyo de ángulo en cada cara de la junta. Un agujero ovalado en el apoyo de ángulo permite el movimiento en la dirección longitudinal, mientras que los agujeros ovalados en las barras diagonales permiten el movimiento transversal (Figura 13 y 14).

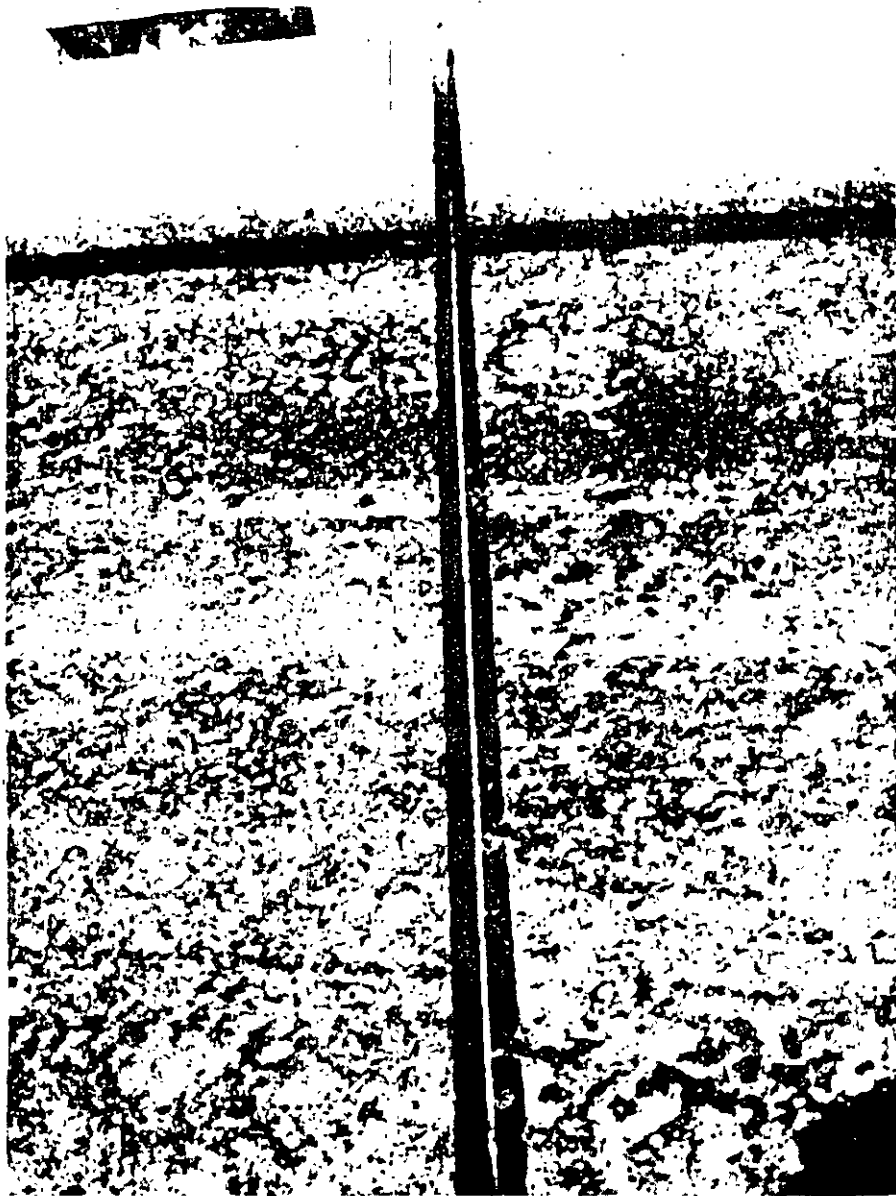


Figura 15. Junta armada abierta rellena con materia extraña

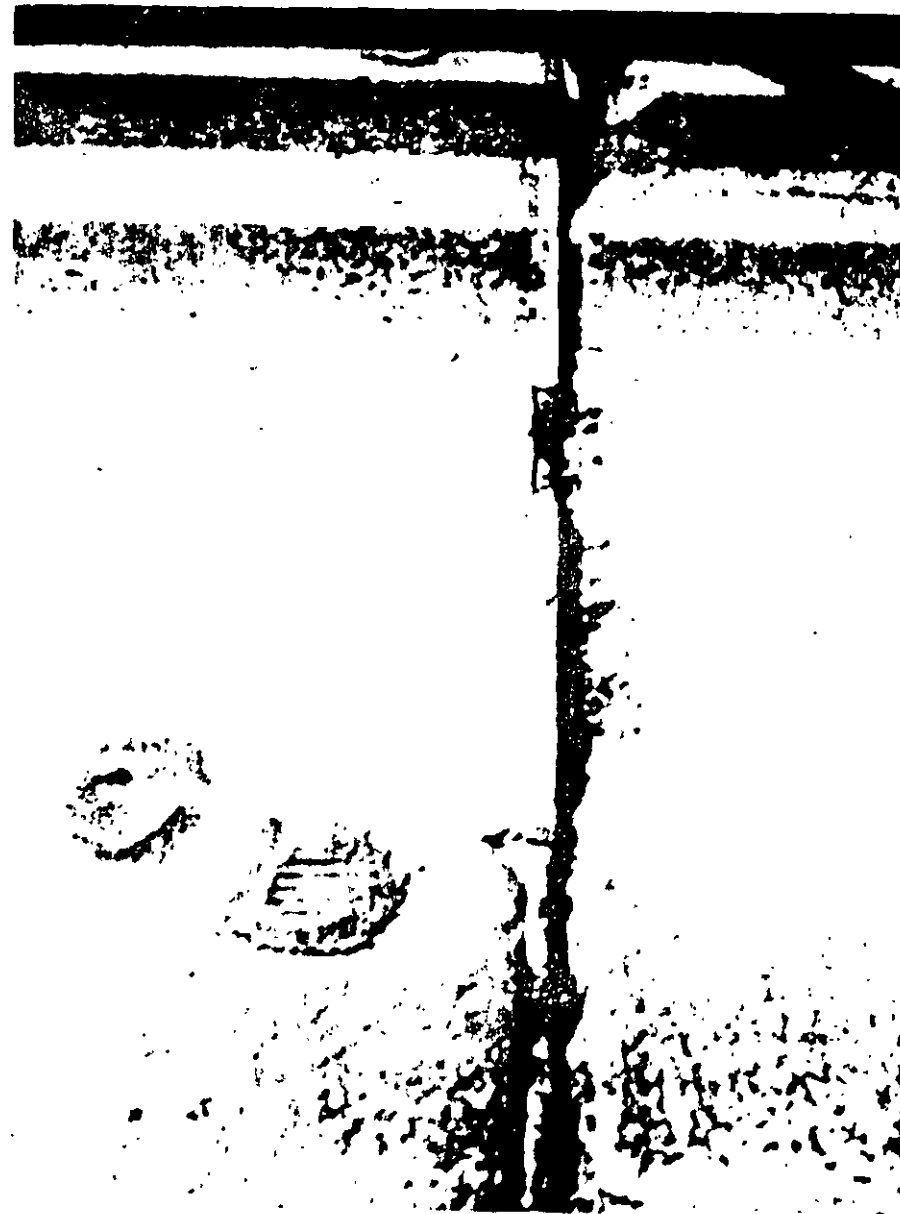


Figura 16. Angulos rotos y flojos de la "junta armada (acorazada)".

## 1. Problemas

Las juntas abiertas de este tipo ya sean blindadas o de concreto, están sujetas a problemas similares. Lo principal, es que la filtración es inevitable y destructiva para los elementos del puente bajo la junta. En segundo término, sin algún tipo de material para rellenar la abertura, las rocas y otras materias extrañas que ocasionalmente llegaran a estar acuñadas en la abertura impedirían la operación apropiada de la junta en la época de calor. (Figura 15). Los esfuerzos localizados, incrementados en los períodos de extrema dilatación, producen desconchado y aplastamiento de los bordes de la junta. En estructuras esviadas, la fuerza de dilatación es suficiente para producir movimiento transversal del piso o de la superestructura completa (Figura 11).

Los ángulos de acero comúnmente utilizados en las juntas blindadas, frecuentemente llegan a aflojarse, representando un peligro para el tránsito (Figura 16). Los problemas asociados con el dispositivo de dilatación tipo "Ward" son típicos de todas las juntas de tipo abierto, principalmente aquellas que se presentan con cualquier dispositivo que permita que el drenaje del camino pase a través de él —escurrimiento, obstrucción del sistema de drenaje, oxidación y deterioro de los elementos estructurales bajo la junta.

Además, la configuración de la superficie del dispositivo crea una superficie horizontal entre y alrededor de cada extremo de las barras, en la cual puede acumularse escombros, arena, materiales para bacheo del camino, etc. Esta acumulación tenderá a restringir la operación adecuada del dispositivo de dilatación. Los pernos tenderán a trabajar sueltos y si se permite que las partículas extrañas se acumulen en los soportes de ángulo, éstas y el cascajo encontrarán su camino bajo el extremo de las barras de dilatación, originando que la barra se levante, donde el equipo para remoción de la nieve y el tránsito pueden causar un daño adicional.

## 2. Corrección

Las juntas de piso abiertas pueden ser rápidamente reparadas si se produce un aplastamiento o rotura localizados —el concreto dañado es eliminado y vuelto a colar. Cuando la junta sea reparada, deberán tomarse las medidas necesarias para incrementar la abertura de la junta y para sellarla contra el escurrimiento. Pueden utilizarse un sello de junta a compresión preformado, o un sellado de la junta con poliuretano líquido para impermeabilizarla, además de las reparaciones necesarias.

Los movimientos transversales resultantes de la fuerza de dilatación contra las juntas esviadas, rellenadas, es mejor corregirlas con la limpieza de las juntas, la reubicación en su posición de la superestructura y el sellado de la junta, para prevenir su repetición.

Las correcciones de los problemas asociados al dispositivo de dilatación tipo "Ward", pueden generalmente manejarse en forma similar a lo señalado en la Sección 6.3.1.2.

## 3. Prevención

Muchas de las dificultades que se presentan con las juntas de dilatación abiertas pueden prevenirse. El uso de un material sellado como un sellado de la junta con poliuretano vaciado en el lugar, en combinación con un material para sostener, prevendrá o evitará los efectos del agua y la materia extraña pasando a través de la junta.

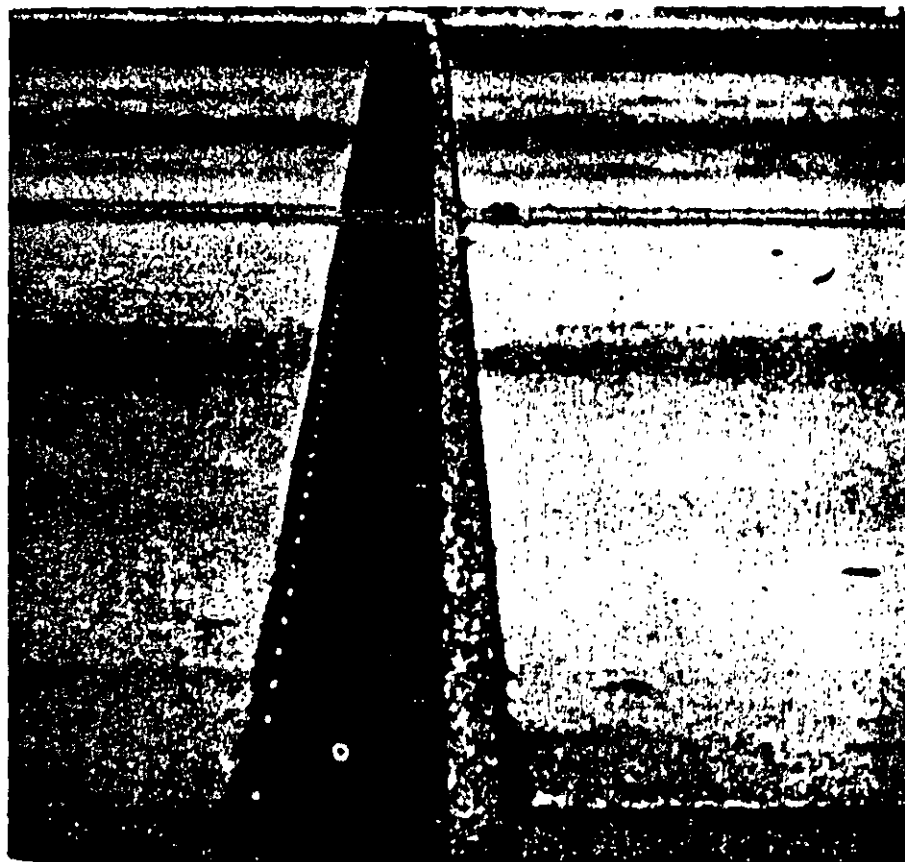


Figura 17. Instalación típica del dispositivo de dilatación de placa deslizante

La limpieza del piso, las juntas y cabezales de la subestructura ayudará a prevenir el deterioro de aquellos elementos bajo la cubierta y ayudará a prevenir que partículas extrañas lleguen a acuñarse en la junta. Pueden instalarse drenes de un lado a otro bajo el dispositivo de dilatación tipo "Ward", para prevenir que los contaminantes alcancen otras porciones de la estructura del puente.

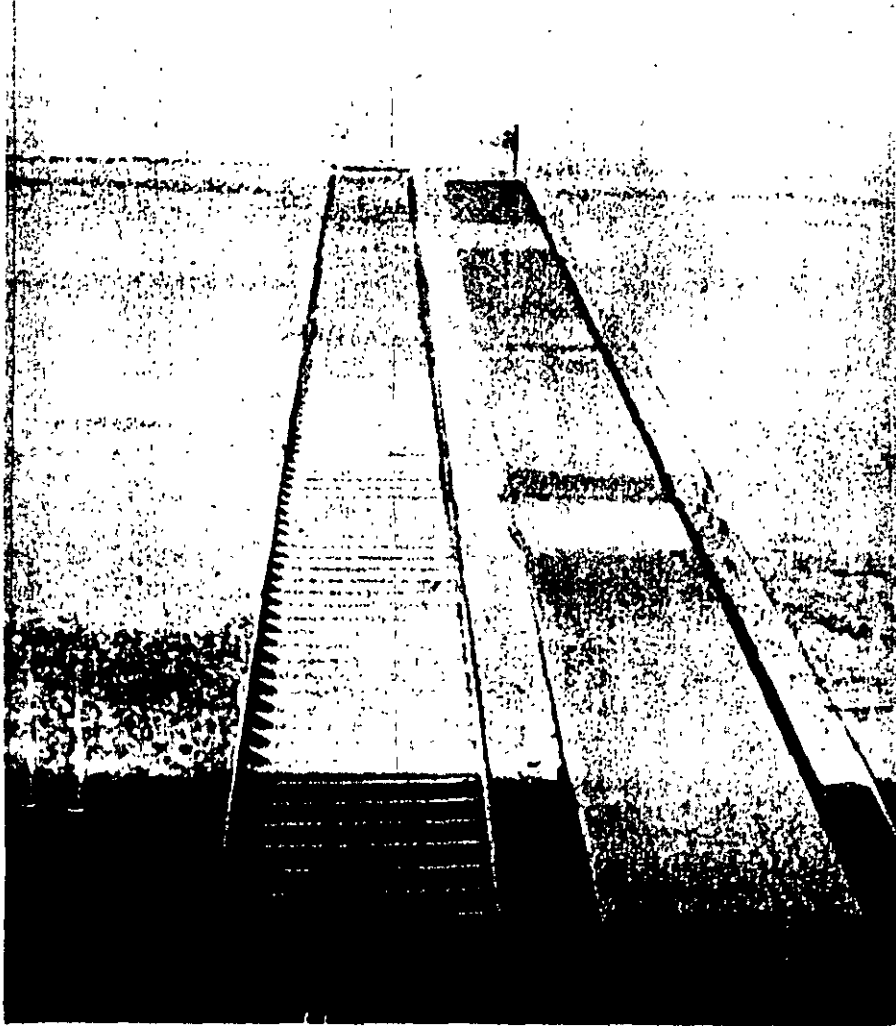


Figura 18. Instalación de placa de deslizamiento con sistema adyacente de drenaje del piso.

### 6.3.2 Juntas Cerradas

#### A. Placa Deslizante

Uno de los tipos más comunes de dispositivos de dilatación en uso es la placa deslizante (Figura 17). Este dispositivo de dilatación de piso consiste en una placa de acero plana, colocada horizontalmente anclada al piso del puente a lo largo de un borde, a la cual se le permite deslizar a través de un ángulo anclado en la cara opuesta de la abertura. Las figuras 17 y 18 representan las instalaciones de placa deslizante típicas). En algunos estados este tipo de dispositivo de dilatación puede consistir de una Sección de acero T, anclada dentro del piso del puente, de tal manera que el patín horizontal desliza a través de un ángulo anclado en la cara opuesta de la abertura.

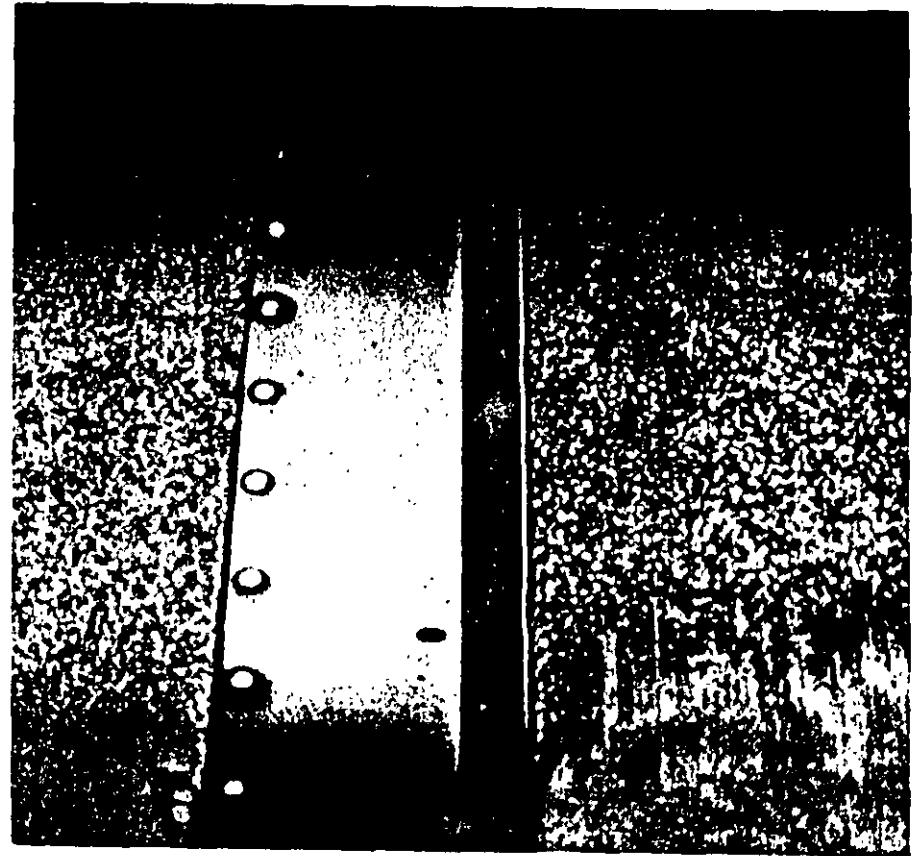


Figura 19. Abertura de dilatación rellena con polvo y escombros.

## 1. Problemas

El dispositivo de placa deslizante está bien adaptado para proporcionar movimiento longitudinal con un mínimo de resistencia sobre los requerimientos de abertura de junta medios. Su diseño impide el paso de las materias extrañas y los escombros a través de la junta, pero falla para impedir que el agua y los contaminantes disueltos lleguen a alcanzar los elementos del puente abajo de la junta.

Si se permite la acumulación y la compactación de la arenilla, materias extrañas y material para bacheo a lo largo de la placa deslizante, se producirá un incremento de la resistencia a la dilatación y propiciará una deformación permanente de la placa, o una ruptura por aplastamiento del piso de concreto cuando la placa es forzada a deslizar sobre esos escombros (Figuras 19 a 21).



Figura 20. Piso de concreto desconchado, adyacente a la placa deslizante.

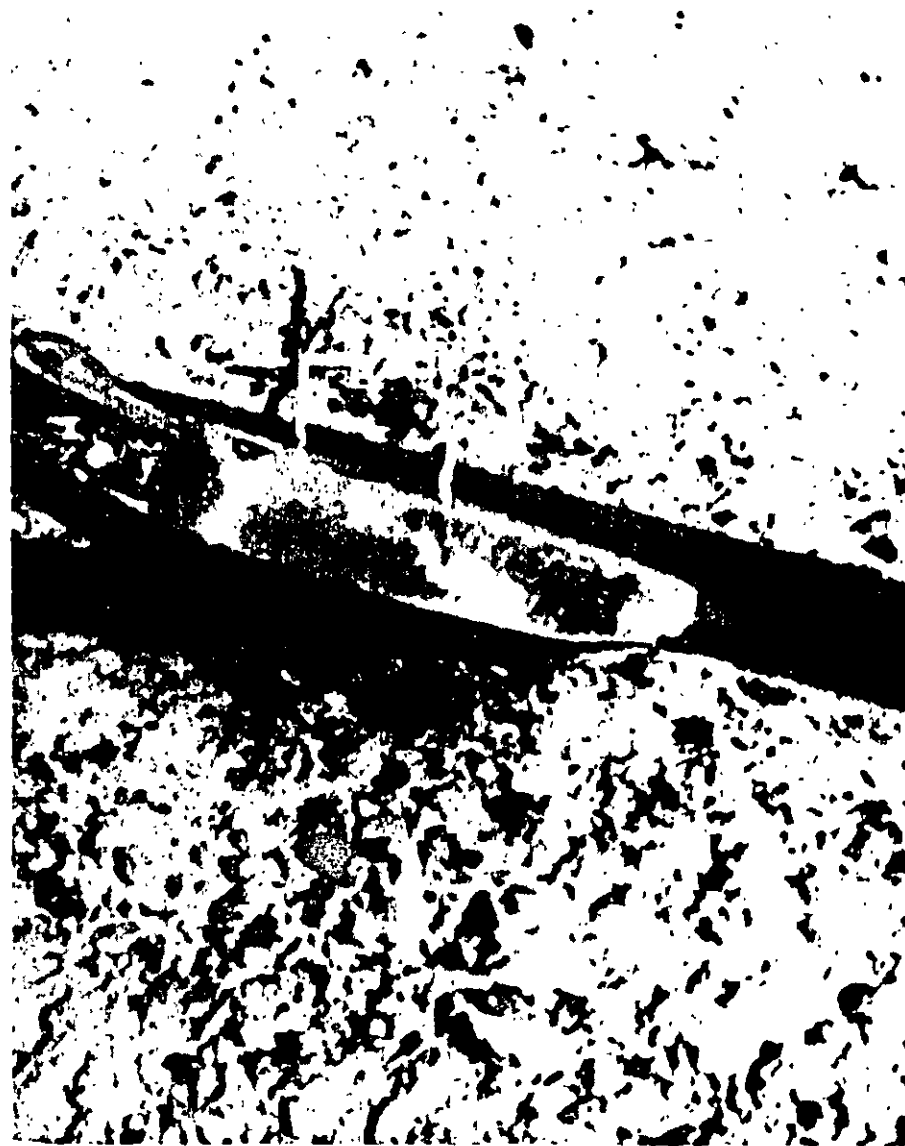


Figura 21. Abertura entre la placa deslizante y el asiento, a causa de que la placa está siendo forzada a deslizar sobre el material de bacheo del camino.

Un corrimiento excesivo de los caballetes de la subestructura, o de los accesos, puede resultar en el cierre de la junta de dilatación, es probable que se desprenda de sus anclajes y rompa o triture el piso de concreto y las condiciones adyacentes a la abertura para dilatación. La junta entonces llega a ser ruidosa.

Un movimiento diferencial vertical entre dos zonas del dispositivo de placa deslizante, originado por un asentamiento diferencial, por desgaste en los pasadores de apoyo, o una instalación inadecuada, puede producir un efecto de golpeo del tránsito sobre la junta. El pequeño espacio entre la placa plana y el ángulo de asiento permite un movimiento relativo entre la placa y el piso de concreto. Este movimiento continuo puede resultar en una rotura del piso de concreto adyacente a la junta.

En aquellas instalaciones que involucren una sección T, el movimiento vertical de la rama horizontal origina la fractura de la rama vertical.

## 2. Corrección

Poco puede hacerse para prevenir el escurrimiento en este tipo de junta. La mejor solución al problema, si el escurrimiento es un problema, es prevenir que el agua pase a través del dispositivo de expansión y dañe los elementos bajo él. Esto puede solucionarse instalando un dren canal bajo el dispositivo de dilatación para coleccionar y drenar hacia afuera el agua que pase a través de la junta. Este canal debe ser accesible para su limpieza. Una solución intermedia pudiera ser la instalación de placas deflectoras metálicas para prevenir el agua del drenaje sobre patines, apoyos, asientos de apoyos, etc.

La reparación de un dispositivo de dilatación, el cual está roto y suelto desde su anclaje, rompiendo el concreto alrededor de él, puede acompañarse mejor por la remoción del concreto que rodea las anclas sueltas. La placa de dilatación puede entonces volver a colocarse en su posición adecuada para que descansa totalmente en el ángulo de asiento y el concreto remplazado utilizando un material de resane del piso conveniente como se describió en la Sección 6.3.1.2.

Las juntas de dilatación cerradas y apretadas pueden corregirse desbastando la placa deslizante. A menos que la condición de movimiento de la subestructura o del pavimento de acceso causante de que la junta se cierre, sea detenido o vuelto a su condición original, cualquier la reparación que se haga será de naturaleza temporal.

Los problemas asociados con el movimiento vertical diferencial del sistema de junta serán remediados de la mejor manera impidiendo el movimiento, en se-

guida quitando el concreto dañado adyacente a la junta de dilatación, realineando el dispositivo de dilatación y haciendo un nuevo vaciado del concreto. En aquellas instalaciones que incluyan una sección T, en los sitios en que se haya agrietado ésta, el concreto será retirado y la grieta soldada o la sección T total remplazada. (El agua que pasa a través de la placa de deslizamiento algunas veces corre a lo largo del acero a los apoyos y esto dificulta recolectarla en una canal).

## 3. Prevención

Un dispositivo de dilatación de placa deslizante, instalado adecuadamente, está relativamente libre de problemas. Puesto que la impermeabilización no es una parte de su función, el dispositivo de dilatación es capaz de muchos años de servicio libre de problemas con un mínimo de mantenimiento. Una limpieza ocasional del pequeño canal entre las porciones fija y deslizante del dispositivo previene a éste de atorarse o romperse por aflojamiento. Una arista biselada sobre la placa deslizante hace la junta más o menos autolimpiable. Si no existe un movimiento de la subestructura excesivo y si los pavimentos de acceso están provistos de una junta de dilatación adecuada, es raro que se presente una condición de cierre ajustado. La limpieza frecuente del piso, especialmente después del uso de los químicos para deshielo, minimizará el deterioro de la estructura bajo la junta de dilatación, sujeta al agua y a los contaminantes disueltos que pasan a través de la junta. En aquellas instalaciones que incluyan una sección T, el frente de la rama horizontal de esta sección deberá descansar sobre el ángulo de asiento, y la parte posterior de la sección deberá estar totalmente soportada por apoyos de concreto y acero que no tengan contracciones.

Un lavado periódico con chorro de agua de aquellas áreas que estén en contacto con el agua que pasa a través de la junta, minimizará un deterioro posterior.

## B. Elastómeros

Dispositivo de dilatación elastomérico, es el término general que define un sistema de junta impermeable y sellado, que utiliza placas y ángulos de acero laminados, dentro de un recubrimiento de neopreno. El acero se proporciona para anclaje y transferencia de carga, mientras que el neopreno sirve como un recubrimiento de protección para los componentes de acero; un material impermeable para prevenir que el agua pase a través del sistema de junta; un amortiguador elástico entre las placas de transferencia de carga para prevenir el ruido generado por el tránsito; y, por conducto de sus propiedades elásticas, un medio de permitir el movimiento de dilatación de su superestructura del puente. Las figuras 22 a 25 describen diversos tipos de dispositivos de dilatación elastoméricos disponibles o en uso.



Figura 22. Dispositivo de dilatación elastomérico - uno de los primeros modelos.

### 1. Problemas

El número insuficiente de dispositivos de dilatación de este tipo, ha influido notablemente para no lograr la información adecuada para juzgar los problemas asociados.

Los dispositivos que han estado bajo el tránsito durante varios años han cumplido adecuadamente. Los primeros modelos no proporcionaban suficiente impermeabilización en la guarnición. Las modificaciones posteriores actual-

mente proporcionan una junta completamente impermeable en la guarnición, por moldeo especial de secciones de guarnición de una pieza, o por adhesivos especiales para unir las porciones verticales y horizontales del ensamble de guarnición.



Figura 23. Dispositivo de dilatación elastomérico - un modelo común



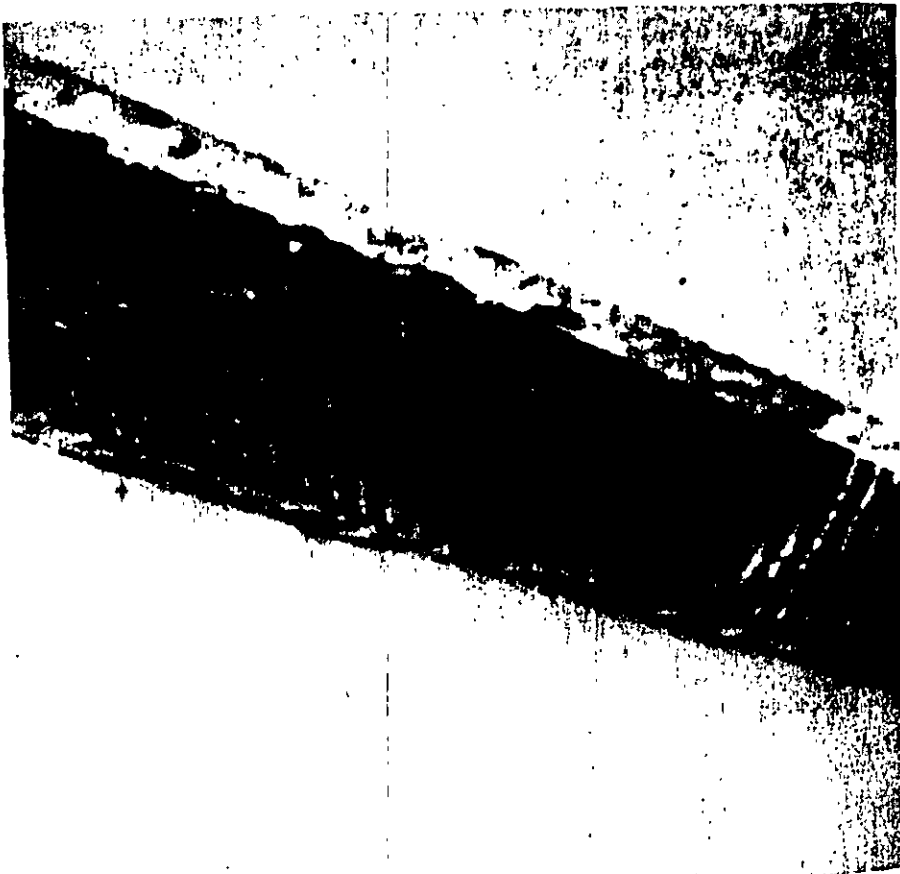


Figura 24. Daño por arado quitanieves.

Un problema común a todos los modelos es la susceptibilidad del sistema de junta de neopreno a ser dañado por las barredoras de nieve, particularmente si el esviamiento de la junta es contrario al de la barredora de nieve.

El neopreno está sujeto al desgaste por el tránsito, lo cual ha obligado a algunos fabricantes a proporcionar una superficie de desgaste de acero o de aluminio extruido.

En algunos modelos antiguos ha ocurrido deslaminación.

Los taqueles de neopreno que recubren los pernos de anclaje frecuentemente se desprenden bajo el tránsito, permitiendo a los contaminantes corroer los per-

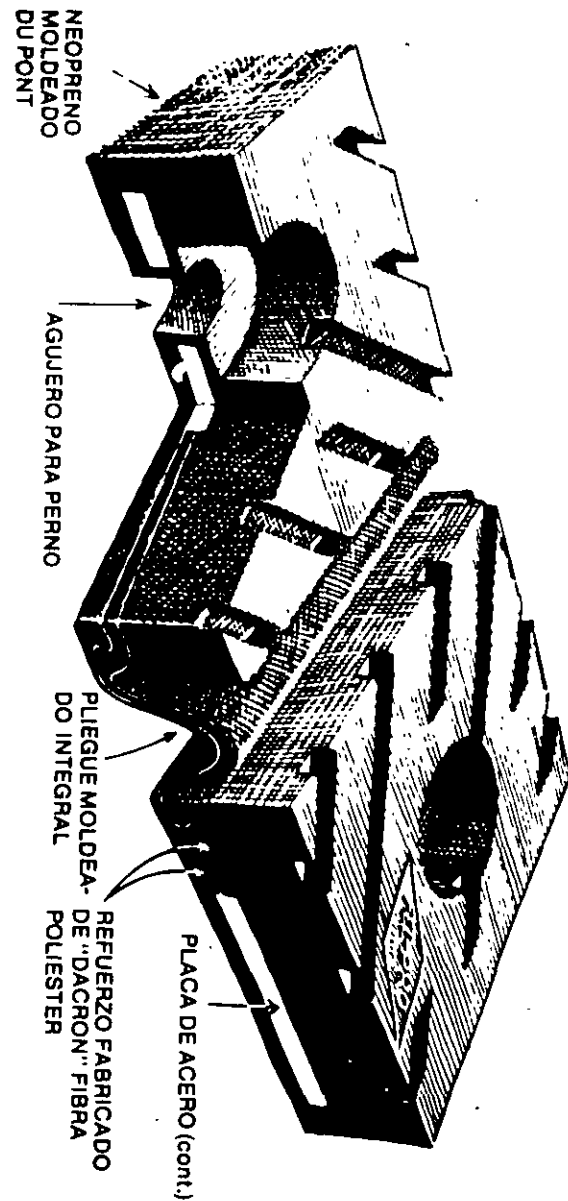


Figura 25. Modelo que incorpora una junta de sello tipo casquillo.

nos y tuercas que aseguran el sistema, con lo cual se hace más difícil el quitar o reponer el dispositivo. Los selladores utilizados entre los bordes exteriores de la junta y la superficie de rodamiento del piso en ocasiones resultan inadecuados, permitiendo que los contaminantes escurran bajo la junta.

## 2. Corrección

La mayoría de los problemas asociados a este tipo de dispositivos de dilatación son corregidos quitando la sección que falló y remplazándola con una sección nueva.

Si existiera un sello inadecuado entre la junta y el piso, puede aplicarse un sellador nuevo como sea necesario, o puede quitarse la sección completa y reinstalarse utilizando los procedimientos de sellado adecuados.

En modelos antiguos, las juntas de guarnición con escurrimiento pudieran dejarse como están, o las secciones pueden ser substituidas con secciones de guarnición nuevas que no escurran. Si ocurre delaminación substitúyase.

## 3. Prevención

La instalación adecuada del sistema de junta y el cuidado cuando se utilice el equipo para remoción de la nieve, en estructuras en que se utilicen juntas de dilatación elastoméricas, son quizá las medidas más importantes que puedan tomarse para prevenir problemas con este tipo de dispositivos de dilatación. El uso de hojas de caucho para quitar la nieve ayudaría a prevenir los daños asociados con el equipo de remoción de la nieve.

### C. Sellos a Compresión

Los sellos a compresión están integrados por diversos tipos de neopreno extruido (o material semejante), en los cuales el diseño de su sección transversal y su elasticidad se proporcionan para que conserven su forma original. El sello se instala en una abertura de la junta preformada en los extremos del claro. Se aplica un lubricante adhesivo en las caras de la junta y el material preformado se empuja dentro de la abertura. El adhesivo proporciona una adherencia entre la cara de la junta y el sellador para formar un sistema impermeable.

En las figuras 26 a 28 se detallan varias adaptaciones de ideas para sellos a compresión.

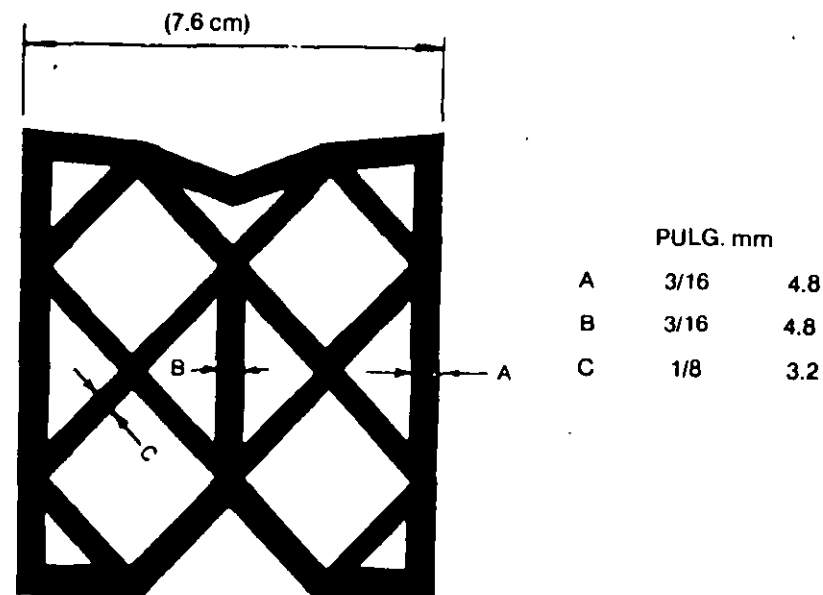


Figura 26. Sellador de junta a compresión típico

## 1. Problemas

Se han realizado numerosas mejoras en el proyecto y aplicación de este sistema, como un esfuerzo para obtener un sistema relativamente libre de mantenimiento.

En los primeros dispositivos no se utilizó un buen adhesivo entre la cara de la junta y el material de ésta. Durante el tiempo extremadamente frío la adherencia entre la cara de la junta y el material fue insuficiente para soportar el esfuerzo de tensión que se produce cuando la junta está abierta. Una vez que esta adherencia se ha roto, el escurrimiento a través de la junta es inevitable y la suciedad y las materias extrañas son forzadas dentro de la abertura.

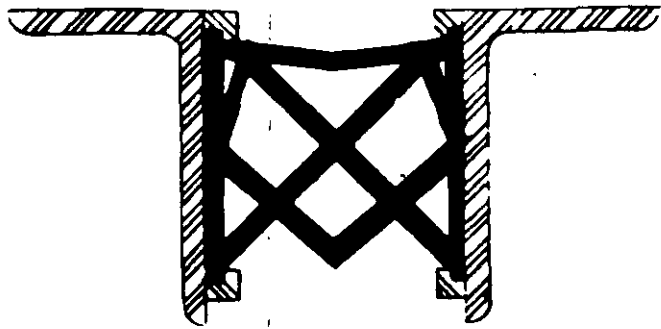


Figura 27. Sello de junta a compresión modificado con sujetadores de esquina para mantener el sello

Si el material utilizado está expuesto a las llantas del tránsito queda sujeto a desgaste, o si se permite que el cascajo se acumule en el hueco entre la parte superior del material de la junta y la parte superior del piso —la acción abrasiva causará un desgaste rápido de la superficie superior de la junta.

Si falla el material adhesivo, si existe compresión insuficiente y si no se proporciona un cierre mecánico entre el material de la junta y la abertura de ésta, la junta a compresión tiene tendencia a "botarse hacia arriba" de la junta.

Diversos productos de este tipo han sido instalados únicamente para investigar que el diseño de la sección transversal, el espesor de la pared, el mismo material, etc., fueron de una calidad inferior, lo que dio por resultado un sello de junta a compresión que resultó incapaz de conservar su forma y posteriormente no pudo mantener la presión adecuada contra las caras de la junta.

Si no se ejerce la presión del material de la junta contra la abertura de la junta, puede ocurrir escurrimiento y/o "botado hacia arriba". A menos que se le dé la debida consideración a la construcción de una junta impermeable en la guarnición, se anularán los esfuerzos para obtener una junta de camino impermeable. Si se permite el paso del agua y de las materias extrañas a través de la junta en la guarnición, se causará un daño considerable a los elementos de la subestructura y a los dispositivos de apoyo.

## 2. Corrección

La mayor parte de las fallas asociadas con este tipo de juntas selladas resulta en el desarrollo del escurrimiento. Para la mayoría, la reparación de esta condición consiste en quitar el sello de la junta a compresión deficiente, la reparación o la modificación de la abertura en la junta y la instalación de un nuevo sello de junta a compresión de una manera apropiada. Los métodos de instalación adecuados se desarrollarán en otra sección.

## 3. Prevención

El diseño y el procedimiento de instalación adecuados, son quizá la mejor manera de prevenir los problemas de mantenimiento con el sistema de sello a compresión preformado. Por lo tanto, esta sección tratará de las técnicas de instalación apropiadas.

Los sellos de junta a compresión preformados pueden ser utilizados individualmente, o en diseño modular, para acondicionarlos a la amplitud del rango de los movimientos de dilatación.

Utilizados como una unidad sencilla, los selladores de junta están disponibles para 3.2 a 15.3 cm (1 1/4 a 6") de movimiento de dilatación total. Los sellos pueden ser instalados en aberturas preformadas o cortadas con sierra, o pueden ser coladas en el lugar con el piso. Las juntas cortadas con sierra son preferidas a las juntas preformadas a medida que la junta cortada proporcione una superficie de adherencia alisada. Sin considerar como fueron instaladas las unidades, deben considerarse algunos conceptos básicos para obtener juntas libres de mantenimiento e impermeables.

a. Tamaño del Sello—El sello a compresión tendrá el tamaño suficiente para ajustarse a las temperaturas extremas, con una capacidad de reserva suficiente para asegurar que durante las condiciones extremadamente frías se mantenga la presión entre la junta y la cara inferior del piso.

b. Espesor de la Pared—Un espesor adecuado es esencial, especialmente de los nervios lateral y superior para prevenir la deformación permanente del sello de junta, así como para asegurar la generación de la presión adecuada en la cara interior de la junta. (La Figura 26 muestra los espesores mínimos de los nervios de una plantilla de junta típica, probada en el campo para trabajo pesado).

Debe notarse que las juntas con un diseño más ligero no son aptas para el castigo severo recibido de la tierra, arenilla, hielo, nieve encajonada, etc., que se tiene experimentado en un ambiente de puentes.

c. Otros—Debe proporcionarse un espacio suficiente entre la parte superior del piso y la parte superior del material de la junta por varias razones. El roda-

miento del tránsito directamente sobre el material de la junta produce desgaste acelerado del nervio superior y también ocasiona una acción de desgarre en la cara interna.

También, si los bordes de la junta no están armados, las esquinas de ésta tienen la tendencia a descascararse o cortarse hacia afuera bajo el impacto del tránsito, con la exposición posterior del material de la junta a las acciones abrasivas del tránsito. Ya sea que el sistema de junta sea colado en el lugar con el piso de concreto, instalado en una abertura de la junta de concreto, instalado en una abertura de junta de concreto preformada, instalado en una abertura de junta hecha con sierra o instalado en una abertura delineada después de que el piso ha sido colado, es esencial la forma de asegurar el material de junta a la cara de ésta.

Varios métodos han dado resultados satisfactorios. Estos consisten en lo siguiente, relacionado con los diversos tipos de procedimientos de instalación.

### 6.3.3 Selladores

**A. Expansión—Sellos de Tira:** Los selladores de junta de dilatación consisten de materiales numerosos, ya sea colados dentro de una junta formada o colados integralmente con el piso de concreto.

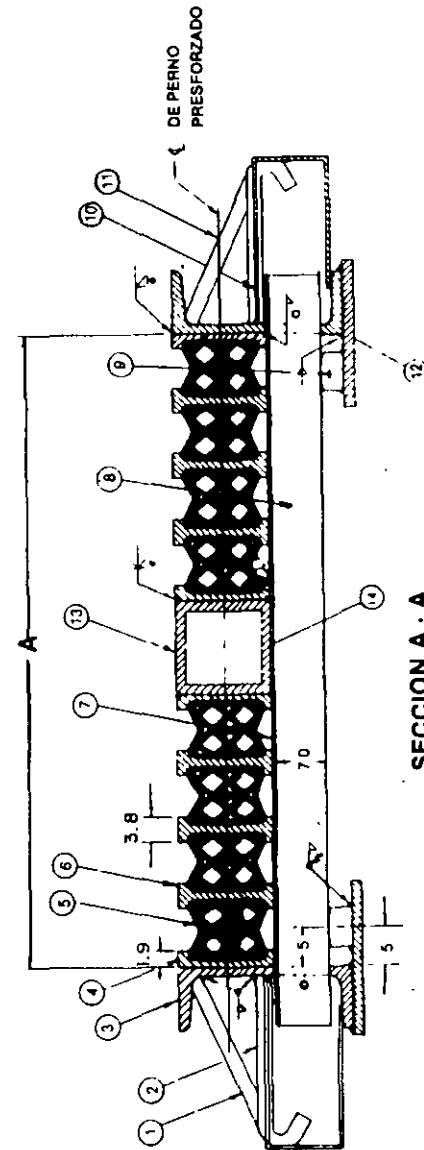
Estos materiales como el fieltro impregnado de asfalto y la espuma de poliuretano impregnada de asfalto, mastique asfáltico, látex con asfalto, epóxicos, poliuretano, poliestireno, hule butílico, polisulfuros, silicón, cloruro de depolivinil, todos han sido probados con éxito variado.

Los sellos de esta naturaleza son satisfactorios en la impermeabilización de las juntas de tipo semifijo. Los colados de juntas de poliuretano son capaces para movimientos de junta de 1.2 cm (1/2") o menos.

Las tiras de sello consistentes de un casquillo de neopreno para trabajo pesado dentro un anclaje de acero extruido, fueron diseñadas por ingenieros alemanes y han sido utilizadas con éxito variable. Las extrusiones de acero se anclan a los extremos del piso por métodos convencionales (Figuras 29 y 30).

#### 1. Problemas

Los selladores de junta de este tipo tienen varios problemas en común. Los períodos de tiempo frío originan que el piso se contraiga, produciéndose una abertura entre la cara de la junta y el sellador. La mayor parte de los materiales utilizados no son lo suficientemente elásticos para ajustarse a la abertura de la junta (especialmente en tiempo frío). La arenilla del camino, las materias extrañas y el agua encuentran entonces su camino dentro de la abertura de la junta. Durante los períodos de tiempo caluroso, cuando el piso tiende a dilatarse, la junta ya no puede funcionar adecuadamente debido a la arenilla y a las materias



SECCION A · A

Figura 16 Diagrama ancho-temperatura para preforzamiento de un sistema de sellado. (Movimiento 30 cm) Puente sobre el río Williamette, en Oregón.

DIM: MIN	MAX	30°	40°	52°	60°	70°	
A	21 25	33 25	29 823	28 660	27 766	26 394	25 25

\*PULGADAS

Figura 28 Sistema modular que consiste de ocho sellos de junta a compresión, proporcionado cada uno para movimiento de 3.8 cm (1 1/2").

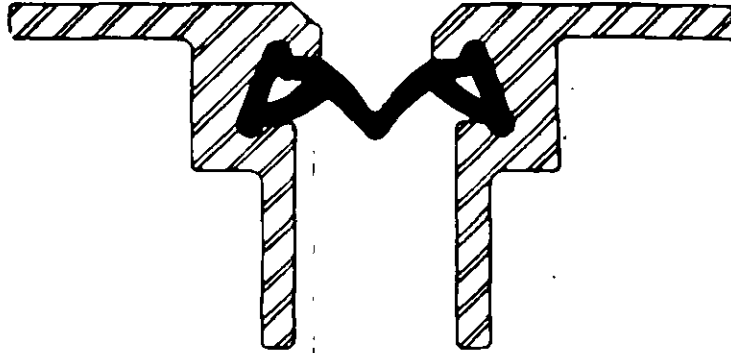


Figura 29. Sellador de junta tipo casquillo, típico.

extrañas embebidas en la junta. Los esfuerzos localizados resultantes causan desconchado del piso en las juntas.

Las desconchaduras resultantes permiten que entren a la junta más arenilla, materias extrañas y agua, con la combinación posterior de escurrimiento y rotura por aplastamiento en la junta. Cuando esto ocurre sobre una estructura esviada, las fuerzas resultantes en la junta con suficientes para causar un movimiento transversal del piso o de la superestructura entera.

Los selladores de la junta tales como el asfalto, el asfalto ahulado, el mastique asfáltico, la espuma de poliuretano saturada de asfalto, etc., no son capaces de resistir la intrusión de la arenilla del camino dentro de la junta. La composición blanda de estos materiales permite que las piedras y la arenilla se incrusten dentro del material de la junta, resultando el mismo tipo de condiciones y problemas descritos anteriormente.

Los selladores de junta del tipo de poliuretano, cloruro de polivinilo, epóxico de polisulfuro, son más resistentes a la intrusión de arenilla y piedras, sin embargo, el tránsito tiene tendencia a causar que los selladores de este tipo se salgan de la junta si no existe suficiente espacio entre la parte superior del sellador y la parte superior de la junta.

aristas del concreto para proporcionar una cara interior de resane vertical y entonces remplazar el concreto usando un material de resane de concreto convencional. Corrección

Las juntas desconchadas se corrigen mejor quitando el sellador de junta existente, eliminando todo el concreto desconchado, escuadrando hacia arriba las

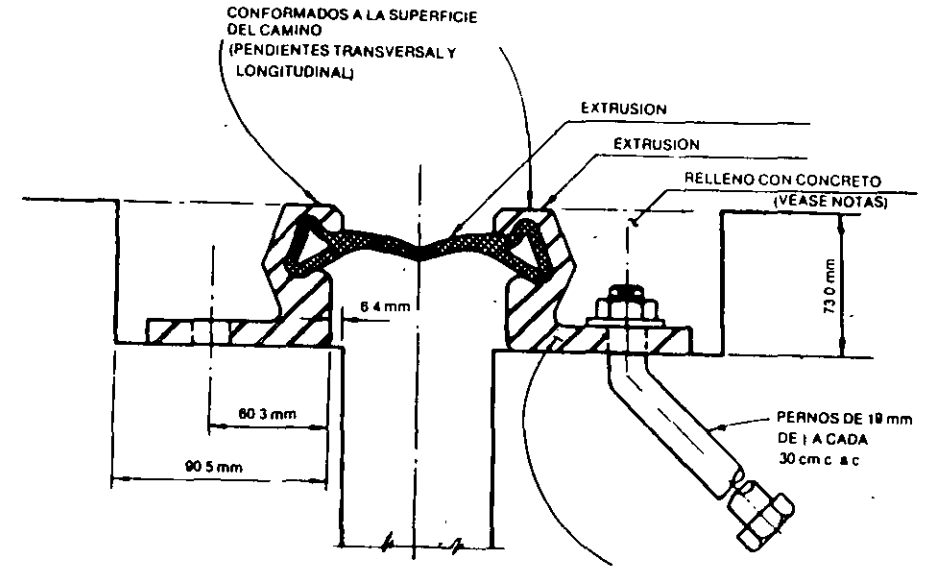


Figura 30. Detalles típicos de un sellador de casquillo mostrando dimensiones y anclaje

niente. La junta se reforma durante la reparación de las desconchaduras, o se corta después de que se ha terminado la reparación del concreto. Se instala un nuevo sellador de junta, del mismo tipo o similar, en la abertura de la junta remodelada.

Los selladores de junta que han sido arrancados de la junta por el tránsito, pueden repararse limpiando todo el cascajo en la abertura de la junta; reparando los bordes de la junta, y si es necesario, instalando un nuevo sellador.

Si la acumulación de cascajo en la abertura de la junta ha originado un movimiento transversal del piso o de la superestructura, entonces, la vuelta a su posición de la misma será acompañada, o deberán tomarse medidas, para prevenir movimiento adicional según ocurra.

### 3. Prevención

Una instalación adecuada del material de junta del tipo apropiado, asociada a buenas técnicas domésticas después de la instalación, podrían prevenir muchos problemas relacionados con la desintegración del material de la junta, la desconchadura de las juntas, el escurrimiento en ellas y el movimiento transversal de la superestructura.

Las juntas que no se requieran para proporcionar movimiento longitudinal de la superestructura, tales como las que se colocan entre los extremos fijos de claro adyacentes, entre diagramas del estribo y el extremo fijo de un claro, o entre la losa de acceso y el puente, pueden ser efectivamente selladas con cualquiera de los tipos de selladores listados en esta sección.

Para juntas que requieran un movimiento mayor a 1.2 cm (1/2"), el poliuretano, el neopreno, el polisulfuro y el cloruro de polivinil, colados en el lugar de sello, proporcionan un sello de junta más satisfactorio, capaz de expandirse y contraerse conforme al movimiento de la junta.

Conservar las juntas limpias y adecuadamente selladas, para prevenir la intrusión de arena y materias extrañas, es el mejor método de prevenir el movimiento transversal de la superestructura. Una vez que el movimiento ha ocurrido, los movimientos posteriores pueden prevenirse con la limpieza y el resellado adecuados de la junta y fijando el tramo en el lugar para ayudar a resistir movimientos posteriores, o asegurando el piso a los largueros, para resistir el movimiento transversal de la cubierta con respecto a los largueros en estructuras no compuestas.

#### 6.3.4 Instalación de Sistemas de Junta

**A. Instalación en la Abertura de una Junta de Concreto Recortada con Sierra, o Junta de Concreto Moldeada:** Cuando se moldee o se recorte la abertura de la junta, es vital la consideración de la temperatura en la determinación de las dimensiones adecuadas entre las caras de la junta. Si la junta es demasiado angosta, el movimiento de dilatación del piso estará restringido; si es demasiado ancha, la presión entre las caras se reduciría en los períodos de frío extremo, lo que podría resultar en una posible separación del material de la junta de la cara de ésta.

La instalación consiste en la compresión e inserción del material de junta dentro de la abertura de ésta. La inserción se facilita por el uso de un adhesivo

lubricante, las funciones del cual son las de lubricar las caras interiores de la junta, proporcionar un rellenedor entre la junta y la cara de ésta y producir adherencia entre el piso y la junta de tal resistencia que mantenga un sello impermeable, incluso si el material preformado es puesto en tensión durante el tiempo frío (más comúnmente mencionado como una goma elástica adherida fuertemente). El material de junta comprimido deberá ser insertado dentro de la junta de tal manera que el nervio superior del sello a compresión quede cuando menos a 6.4 mm (1/4"), (preferentemente a 9.5 mm (3/8")), abajo de la superficie del piso. Las aristas del concreto deberán tener un chafán de 6.4 mm (1/4"), o estarán redondeadas a 9.5 mm (3/8"), para ayudar a reducir la rotura de las esquinas de la junta del piso.

**B. Instalación en Aberturas de Junta Armadas:** Los sellos de compresión pueden ser instalados en aberturas de junta de varias maneras. Un método consiste en instalar la armadura de acero; ajustarla por temperatura y nivel; anclar la armadura al acero de refuerzo del piso; después colar el piso.

El sello de junta a compresión se inserta de acuerdo a lo especificado anteriormente, utilizando un adhesivo lubricante compatible.

**C. Instalación de Juntas Armadas Presforzadas:** En este caso, el sellador de junta y el armado son fabricados y preensamblados para una junta específica. Los ángulos de armado son apernados juntos en las ramas superiores, con provisión para ajustar la abertura de la junta basándose en la temperatura de instalación. La unidad ensamblada es colocada en su posición soldando varillas de anclaje al acero de refuerzo existente del piso. La junta estará lista para funcionar tan pronto como las varillas de anclaje hayan sido soldadas y las varillas de presfuerzo se hayan quitado.

El ensamble presforzado puede también ser instalado preparando una junta de construcción cerca del extremo de la losa delineando una porción del piso a cada lado de la junta.

Después que el piso ha sido colado, el concreto curado y la mayor parte del escurrimiento plástico del concreto ha ocurrido, se instala el ensamble de junta, asegurándolo al refuerzo del piso que se ha dejado expuesto para este propósito y fijándolo en el lugar con concreto a completar el piso. Las varillas de presfuerzo deberán quitarse antes del vaciado del concreto y tan pronto como las varillas de anclaje han sido fijadas al acero de refuerzo del piso.

Se han hecho adaptaciones a la junta armada básica en un esfuerzo de proporcionar una junta completamente impermeable y para prevenir que el material de la junta se afloje y se desprenda en la cara interior. En las Figuras 27 y 28 se muestran ejemplos de estas modificaciones. Sistemas modulares tales como el RUB han sido utilizados en numerosos puentes en todo el mundo para propor-

clonar grandes movimientos. Este sistema modular consiste principalmente de dos o más sellos de junta a compresión preformados, colocados entre pequeñas vigas I ó secciones de tubo de acero rectangular. Las vigas I o los tubos, están apoyados en una trabe longitudinal corta, asentada a su vez sobre un dispositivo de apoyo en el extremo de cada tramo. La Figura 28 es un ejemplo de este tipo de sistema.

Los procedimientos de instalación y las técnicas de los sistemas modulares son similares a los de la junta presforzada previamente ensamblada descrita, con la excepción que las zonas intermedias del ensamble de dilatación, requieren de un larguero un poco elaborado y un sistema de placas de apoyo.

<b>CAPITULO 7.0.0 SISTEMAS DE SUPERESTRUCTURA</b>	<b>137</b>
7.3.0 Nomenclatura	137
7.3.1 Acero	137
A. Vigas Laminadas, Trabes. Arco Plano, Trabe de Tablero Inferior	137
1. Problemas	140
2. Corrección	140
3. Prevención	141
B. Armaduras	141
1. Problemas	142
2. Corrección	143
3. Prevención	144
C. Arcos de Acero	144
1. Problemas	144
2. Corrección	144
3. Prevención	144
D. Ortotrópicas	145
1. Problemas	146
2. Corrección	147
3. Prevención	147
7.3.2 Concreto	147
A. Losas, Trabes Cajón, Trabes T, Largueros, Trabes, Trabes Presforzadas	147
1. Problemas	147
2. Corrección	148
3. Prevención	149

## CAPITULO 7.0.0 SISTEMAS DE SUPERESTRUCTURA

### 7.3.0 Nomenclatura

Las superestructuras de puente en este país generalmente de metal, concreto o madera. En vista de que los puentes de madera se tratan en otra parte, y de que casi todos los puentes pudieran ser de acero, este capítulo considerará únicamente las superestructuras de acero y de concreto. Los tipos de puente han sido discutidos en el Capítulo 1, es necesario destacar que la mayoría de los puentes de acero que se han encontrado pueden ser de traveses, armaduras, o arcos. Estos tres tipos pudieran ser en un caso u otro estructuras de tablero superior o de paso a través (tráfico circulando en la parte superior o entre los miembros principales), en tanto que las armaduras y los arcos de paso a través pueden prolongarse lo suficientemente lejos por arriba del piso que requieran arriostramiento de las cabezas superiores.

Los puentes de concreto son comúnmente losas, traveses o arcos. Generalmente, estos puentes pudieran ser estructuras de tablero superior.

### 7.3.1 Acero

A. Trabe laminada, trabe, arco plano, trabe de paso a través.

#### 1. Problemas

Uno de los problemas más comunes en la mayor parte de los tipos de puente de acero es el óxido. La corrosión resultante y la pérdida de área de la sección transversal de los miembros estructurales, o el "moho soldado" de los apoyos y de los dispositivos de articulación son un problema de gran interés.

Las traveses o vigas son especialmente susceptibles al agrietamiento cuando las juntas o las conexiones son soldadas, o cuando se utilizan ciertos tipos de detalles de diseño, tales como la longitud parcial de las cubreplacas, las esquinas entrantes angulosas o las ménsulas en voladizo. Los lugares en donde las placas de los patines cambien de ancho o de espesor se consideran también



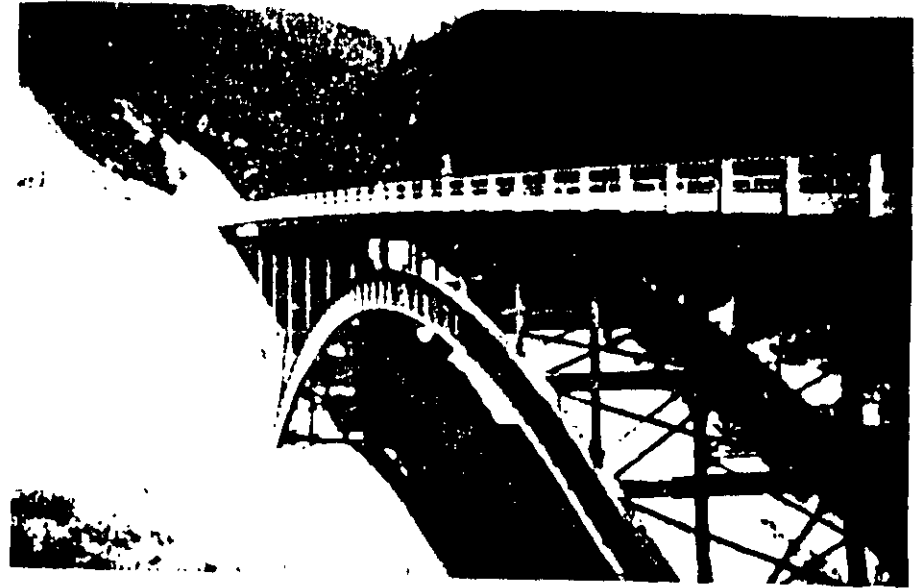
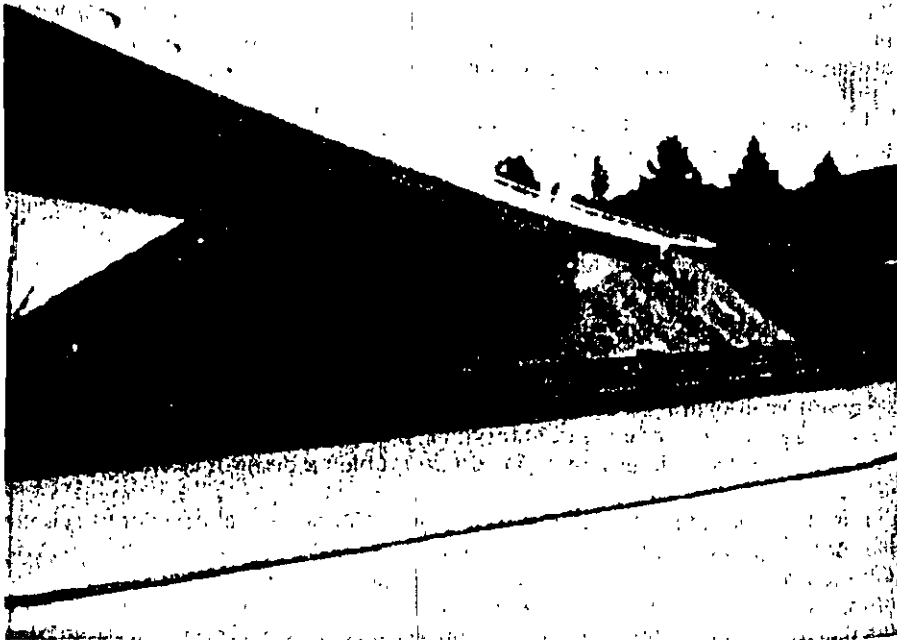
áreas problema de fractura. Estas zonas deben ser observadas muy de cerca a medida que una muy pequeña grieta pueda desarrollarse rápidamente en una falla.

Las traves laminadas y los puentes de losa nervurada son frecuentemente utilizados para los pasos superiores. Esto representa que ellos estén sujetos a daños por colisión originados por la sobreelevación de las cargas que pretenden pasar por debajo del puente. Estos daños son frecuentemente muy severos, por lo que el tránsito sobre el puente puede ser restringido a un carril o el puente tuviera que ser cerrado.

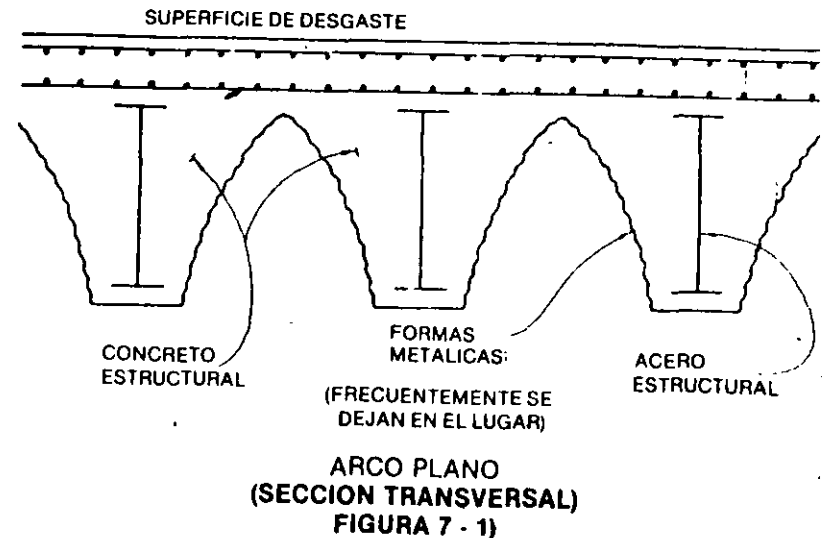
El peligro del tránsito bajo el puente debe también ser considerado cuando se esté investigando el daño de esta clase.

En las estructuras sobre arroyos o ríos este mismo tipo de daño por impacto puede ser causado por el hielo o agua que arrastre escombros durante la época de creciente.

El patín superior, los atizadores del alma y las cartelas en los puentes de viga compuesta de paso a través están sujetos a daño originado por el tránsito de la carretera.



El arco plano está construido de traves encajonadas en el concreto (consulte la Figura 7-1) con los moldes dejados en el lugar. Estos moldes son generalmente hechos de metal corrugado.



Un deterioro común del arco plano es la oxidación del molde de metal colocado en el lugar. En vista de que estos moldes contribuyen muy poco a la resistencia, esto no es serio, a menos que ello sea una manifestación de deterioro en el piso de concreto. El piso debe ser cuidadosamente inspeccionado en donde el deterioro se presente en forma amplia, particularmente cuando esta desintegración se encuentre en la parte superior del arco, donde el concreto tiene su sección mínima.

## 2. Corrección

En los casos en que el óxido haya reducido la sección transversal de un miembro estructural, de tal manera que la capacidad de carga se haya reducido, generalmente se requiere la reparación del área afectada. En los extremos de la trabe (una zona frecuente de oxidación severa debido a la filtración de agua a través de las juntas y placas de dilatación) un atizador y/o un refuerzo del patín o del alma con placas adicionales de acero podría ser suficiente. Pocas veces un miembro completo debe ser remplazado debido a la oxidación. Generalmente puede fijarse una placa de acero correctiva para transmitir la carga a través del área afectada. Cualquier grieta o fractura en una trabe de acero debe ser considerada como una señal seria de peligro, y debe acompañarse con una acción correctiva inmediata. (Muy frecuentemente, debido a la edad, una grieta es visible, el miembro está cercano a la falla). Si la grieta es grande o está situada en un lugar crítico, pudiera ser necesario restringir el tránsito, y aun cerrar el puente hasta que el miembro pueda ser reparado o remplazado.

Algunas veces, pudiera ser suficiente el perforar un agujero en el extremo de la grieta para controlar que se propague.

La reparación del daño por colisión, ya sea causado por el tránsito, o el hielo y los escombros durante las crecientes, es a menudo muy difícil, y en casos extremos involucra el remplazo de la trabe. Sin embargo, un daño menor puede ser generalmente reparado enderezando y/o reforzando los miembros dañados.

Las abolladuras y los arrancamientos menores debidos a los accidentes, no debería permitirse que permanecieran, tanto como ellos pudieran incrementar los esfuerzos localmente y que con frecuencia propagan las grietas.

## 3. Prevención

Un método común de proteger al acero del óxido y la corrosión resultante es conservarlo recubierto con pintura. En años recientes, se ha adoptado el uso de otros recubrimientos de protección o el uso de acero con intemperizado especial, pero la mayoría de los puentes de acero todavía deben confiarse a un buen sistema de pintado para su protección.

Un programa regular de rociado de químicos en los asientos de la estructura, en los extremos superiores de las pilas, en el patín más bajo de las trabes de paso a través, y en otras áreas en donde la basura o los desechos puedan colocarse sobre los miembros estructurales, prolongará la vida del sistema de pintura. La limpieza y la pintura periódica de las áreas consideradas de falla rápida de pintura, tales como los extremos de las trabes bajo las juntas abiertas o que escurren, los patines inferiores de las trabes bajo los drenes del piso, etc. podrían prevenir también la corrosión, y así prolongar la vida del sistema de pintura completo.

El único método factible para prevenir las grietas o fracturas es el de evitar, tanto como sea posible, el uso de detalles de diseño y las técnicas que sean la causa probable de los esfuerzos de fatiga altos. En vista de que las grietas están generalmente asociadas con soldaduras, no debe aprobarse la soldadura indiscriminada en el campo en relación con las reparaciones o uniones a las trabes, sin analizar las condiciones de esfuerzo en la trabe.

Muy poco, dentro del renglón de mantenimiento preventivo positivo es económicamente posible proteger contra el daño por impacto causado por la sobre-elevación de las cargas, por el hielo o los escombros en las corrientes durante las épocas de creciente. El diseño de la estructura deberá prever el mayor gálibo como sea posible económicamente, pero, en la mayoría de los casos, el peligro únicamente puede ser reducido al mínimo. Los pasos superiores que tengan un gálibo menor que el legal, se les colocará un señalamiento adecuado que indique el gálibo disponible. En algunos lugares, con incidencia alta de daño, han sido instalados sobre la carretera indicadores del gálibo anticipados, similares a aquellos utilizados por los ferrocarriles. Estos mecanismos podrían ser "barras para balancines" colocados antes de la estructura, mecanismos de alarma eléctricos, o cadenas suspendidas, tal que, su extremo libre sea el mismo gálibo del puente, etc. Estos mecanismos son costosos, pero con el transcurso del tiempo podrían ser factibles económicamente.

El daño a las ménsulas, a los atizadores de alma y a los patines superiores en los puentes con trabes de paso a través, podría ser reducido pintando estas partes en colores sumamente visibles (blanco o aluminio). En donde la estructura presente el ancho adecuado, las líneas de borde y los guarda ruedas más anchos de lo normal, proporcionan una protección adicional a la estructura, del tránsito normal. Las cargas con sobre-ancho o los vehículos fuera de control siempre serán un problema en este tipo de estructura.

## B. Armaduras

### 1. Problemas

Las armaduras, debido a las numerosas cavidades originadas por ensamblado y las conexiones de varios miembros, son especialmente suscep-

tibles al daño originado por la oxidación y la corrosión. La mayor parte de los miembros que soportan carga principal, no pueden tolerar mucha pérdida de la sección, antes de que llegue a estar sobre-esforzado.

Las armaduras de paso a través son particularmente susceptibles a los daños por colisión, debido a que los miembros de la armadura están próximos a la carretera y generalmente son relativamente esbeltos. También, la mayoría de las armaduras de paso a través son bastante antiguas y angostas y todos los miembros que llevan carga principal (excepto la cuerda inferior y las traveses de piso) se encuentra arriba de la superficie de la carretera, lo cual hace vulnerable a este tipo de estructura.

Si una armadura de paso a través consta de portal superior y contraventeo normal a la armadura, también es susceptible a los daños por colisión originados por las cargas sobre-elevadas. A menos que sea muy severo el daño del contraventeo, por sí solo no reducirá generalmente la capacidad de la carga de seguridad del puente. De cualquier forma, cuando un portal o un contraventeo son golpeados y desalineados, se podría frecuentemente tirar del miembro de la armadura y conectarlo fuera de su alineamiento. Si este fuera un miembro a compresión, esto puede ser muy serio. La fractura de un miembro a tensión puede ser igualmente grave. Las armaduras de paso superior, son por supuesto, mucho menos vulnerables a los daños por accidente en la carretera.

Un puente de armadura es también susceptible al daño originado por el hielo o por los escombros que arrastra el agua, durante las corrientes. En las armaduras mismas, este daño está limitado generalmente a las cuerdas inferiores. Puesto que éstos son miembros a tensión, la deformación leve pudiera no ser crítica si no existe daño en las juntas o en los empalmes. Sin embargo, el daño a las piezas de puente o largueros puede ser muy serio y difícil de reparar. El daño al contraventeo lateral inferior generalmente no sería crítico, especialmente si las piezas de puente y los largueros reciben el soporte lateral adecuado del piso. Este daño potencial de la creciente podría ser importante en una armadura de tablero superior donde la armadura se encuentra por debajo del tablero.

Si la armadura está conectada con pasadores y con barras de ojo, la condición de los pasadores y de los ojos es crítica. La inspección visual completa es difícil debido a la localización y al hecho de que muchas de las conexiones no están expuestas. Si la condición de los pasadores u ojos es sospechosa, pudiera ser necesario el uso de instrumentos de detección acústica. Estos instrumentos son de gran ayuda; sin embargo, algunas de las conexiones no serían 100% accesibles. Por lo tanto, es necesaria una inspección frecuente y total.

## 2. Corrección

Los miembros dañados por el óxido o la corrosión, al grado de que estén sobre-esforzados, necesitarán ser reparados con soldadura o por placas de re-

forzamiento apertadas sobre el área afectada. Antes de realizar las reparaciones por soldado, se debe estar seguro de que la química del metal base es compatible con el procedimiento de soldado. Esto pudiera ser necesario para evitar el soldado en algunos casos.

Existen muchos y variados métodos de reparación de los miembros de armadura dañados, dependiendo de la situación.

Como una medida temporal pudiera ser posible colocar puntales para reforzar los miembros a compresión dañados, y pueden ser usados cables con tensores para tomar parte de la carga de los miembros a tensión dañados. Los miembros de marco podrían ser enderezados utilizando un larguero con gatos o (si se dispone de personal competente) pueden ser enderezados en caliente. Los miembros fracturados pueden generalmente necesitar remplazo parcial o total.

El daño en las cuerdas inferiores, las vigas de piso y largueros longitudinales debido al hielo o los escombros durante las crecientes, es frecuentemente difícil de reparar. Una cuerda inferior ligeramente doblada deformada, pudiera generalmente no requerir reparación, a menos que exista una deflexión severa que origine una concentración de esfuerzo. Una cuerda inferior fracturada pudiera requerir remplazo parcial o total. El remplazo de las traveses de piso o largueros longitudinales dañados seriamente pudiera requerir el cambio del piso en el área afectada.

Las barras de ojo en una armadura conectada con pasadores son miembros a tensión y una fractura en estos elementos pudiera ser seria.

La reparación temporal podría realizarse utilizando un cable que formara parte del esfuerzo, pero la reparación permanente podría generalmente requerir el remplazo del miembro.

## 3. Prevención

En la prevención del daño por oxidación y corrosión en los puentes de armadura no existe alternativa, excepto establecer un buen programa de limpiado y pintado. Todos los pasadores, apoyos y dispositivos de dilatación deben ser conservados limpios y libres para que funcionen como fueron diseñados.

Poco puede hacerse para prevenir el daño por colisión a una armadura. Pudieran mantenerse guarda rieles y otros mecanismos de protección y seguridad en los accesos de la estructura. Los montantes extremos y los barandales deben conservarse bien pintados con pintura de gran visibilidad (aluminio o blanco). Se han dado casos que en muchas áreas se han utilizado pinturas reflejantes en los barandales y postes.

En las estructuras en donde el contraventeo lateral superior es frecuentemente golpeado, se debe considerar la posibilidad de elevar este contraventeo (consulte la sección A-3 referente a "las varillas para balancin").

Esto pudiera requerir la rectificación de algunos miembros (particularmente los montantes extremos o los tornapuntas) para reducir la relación L/R. Las armaduras más antiguas fueron construidas frecuentemente con cartelas para proporcionar un apoyo lateral adicional. Estas cartelas restringen frecuentemente el gálibo superior y tienden a causar agolpamientos de los camiones en la línea central.

Aun cuando éstos posiblemente pudieran quitarse o elevarse, sin embargo, debe realizarse un análisis del montante extremo antes de alterar el proyecto.

Probablemente, menos se puede hacer para prevenir el daño a las armaduras debido al hielo y a los escombros durante la creciente que algún otro problema. Pueden ser apostados en la estructura cuadrillas y equipo con el objeto de recoger los escombros y el hielo que pasa a través para prevenir la reconstrucción innecesaria en la estructura. También cuando sea posible, el hielo o el ataramiento de troncos aguas arriba de la estructura deben ser rotos.

En las estructuras conectadas con pasadores, éstos deben conservarse libres de óxido y corrosión de tal forma que estas juntas queden libres para funcionar y no sufrir la pérdida de sección.

### C. Arco de Acero

#### 1. Problemas

La mayoría de los problemas asociados con los puentes de armadura también pueden aplicarse a las estructuras de arco de acero. Sin embargo, si el piso y el sistema de piso están soportados por medio de cables colgantes en vez de perfiles estructurales laminados, éstos deben ser observados estrechamente para evitar la corrosión o el desgaste en las conexiones y en el punto donde el cable penetra en su conexión.

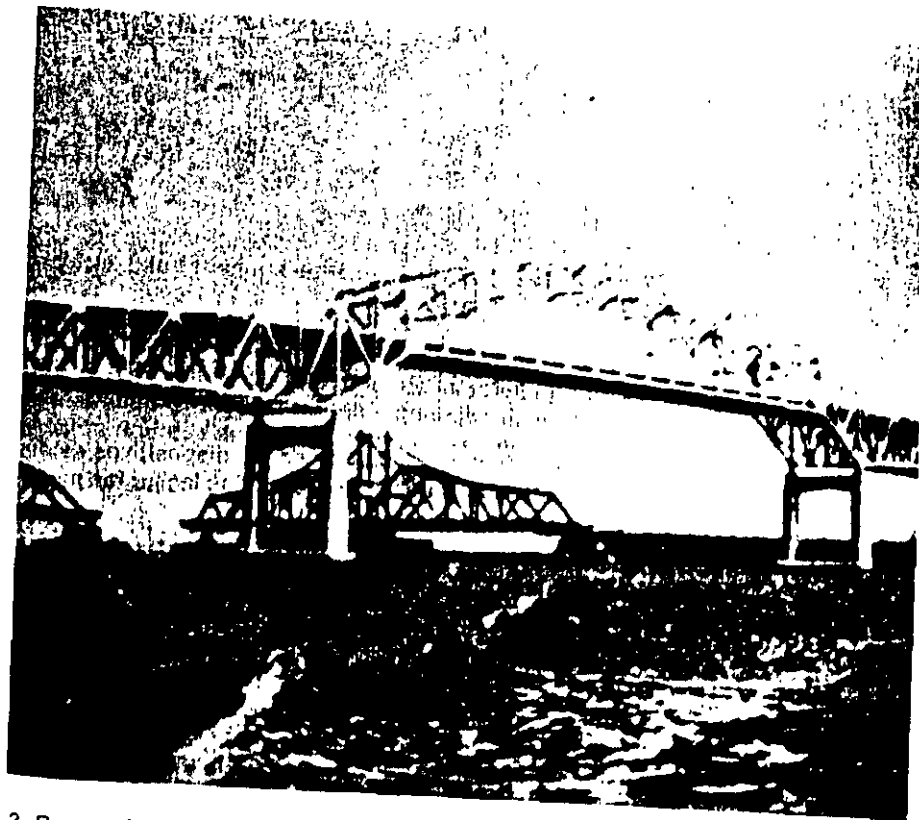
En la mayoría de los arcos de acero deben tomarse medidas para que la dilatación del piso sea independiente de la del arco, para que los largueros no sean esforzados debido al empuje de los arcos originados por el cambio de la temperatura. La corrosión o los escombros acumulados en estos ensambles o en cartabones de viento podrían originar un esfuerzo inesperado en la estructura.

#### 2. Corrección

La corrección de la mayoría de los daños por oxidación y corrosión, pudiera ser la misma que la de los puentes de armadura. Una excepción pudiera ser el

caso de los cables colgantes. Un daño importante ya sea por colisión o por corrosión requerirá que el cable sea remplazado.

Los dispositivos de dilatación, o cartabones de viento inutilizados por el óxido o la corrosión debieran ser liberados o remplazados.



#### 3. Prevención

La prevención del daño debido al óxido y a la corrosión, como en los puentes de armadura, requiere que se establezcan y ejerzan políticas adecuadas para una buena limpieza y pintado. El punto en donde el cable colgante penetra en su conexión debe ser calafateado, con el objeto de que no se desarrolle una cavidad que pudiera retener cloruros.

Los dispositivos de conexión de soportes deberán conservarse libres de todo tipo de corrosión.



La limpieza de la estructura debe incluir la limpieza de los dispositivos de dilatación y la lubricación de los cartabones de viento y de todas las juntas móviles.

Donde el gálibo superior esté por abajo del estándar, una "barra para balancín" colocada antes de la estructura y a la misma altura, podría en ocasiones reducir el daño de la estructura causado por la sobre-altura de las cargas (consulte la Sección A-3).

#### D. Ortotrópico

##### 1. Problemas

Los puentes ortotrópicos son los únicos en los que el piso y la superestructura metálicos actúan integralmente, siendo el piso metálico el patín superior de la trabe, larguero, o trabe cajón. Generalmente es necesaria una superficie de rodamiento, ya sea de concreto asfáltico o epóxica para proporcionar resistencia al derrapamiento y a la corrosión del acero que en esta superficie de contacto pudiera ser crítica.

El piso es usualmente soldado a las nervaduras longitudinales. El personal relacionado con la inspección o el mantenimiento de un puente ortotrópico debe ser informado de la importancia de mantener la integridad de esta soldadura, y debería checar las grietas frecuentemente.

## 2. Corrección

Se propone el uso de una membrana impermeable para proporcionar protección contra la corrosión. Las áreas de soldadura agrietada probablemente requerirán de un robustecimiento mediante la soldadura de una placa o un ángulo que refuerce el miembro abarcando el área agrietada.

Debe realizarse una investigación para establecer la causa del agrietamiento, con objeto de que pueda ser corregida. Algunas jurisdicciones prefieren no soldar placas adicionales ya que ésto introduce concentraciones de esfuerzo dentro de esta construcción relativamente ligera.

## 3. Prevención

La prevención de la corrosión del piso de acero podría requerir una membrana impermeable adecuada entre el piso y la capa de rodamiento, o la capa de rodamiento misma pudiera ser impermeable. El acero es frecuentemente tratado con zinc antes de la impermeabilización.

La prevención de las fracturas de la soldadura no es realmente una función de mantenimiento. Esto podría manejarse mejor con un buen diseño y una inspección rigurosa durante la fabricación y el montaje.

### 7.3.2 Concreto

A. Losa, Trabe Cajón, Trabe T, Larguero, Vigas Precoladas, Vigas Presforzadas.

#### 1. Problemas

Estas estructuras tienen un problema en común en que la superficie de rodamiento es una parte integral de la estructura y cualquier pérdida de adherencia entre el acero y el concreto debido al desconchamiento, la corrosión del acero o el desgaste reducirían seriamente la capacidad de carga de seguridad de las estructuras. Esta pérdida de adherencia es de particular interés donde el acero de refuerzo se encuentra cerca de la parte superior de la losa (en los puntos de momento negativo)

Las trabes cajón pueden desarrollar un deterioro no detectado en la losa inferior debido al escurrimiento de agua y cloruro a través de la losa superior, y no siendo posible su drenaje.

Las trabes y los largueros de las estructuras utilizadas como pasos superiores son los más vulnerables cuando son golpeados por la sobre-altura de las cargas. El daño puede variar desde las mellas insignificantes que pueden ignorarse hasta los daños que hacen necesario restringir el tránsito o cerrar el puen-

te completamente. La descarga no controlada de los drenes del piso puede dañar las traveses o las vigas de concreto. Si se utilizan los cloruros para el control de la nieve y el hielo, el agua cargada de sal se infiltraría en el concreto y causaría su desconchamiento. En cierto momento, también causará corrosión y pérdida de sección en el acero de refuerzo.

## 2. Corrección

Puede ser necesaria la reparación de un espesor parcial con cemento Portland, para volver a adherir las varillas de refuerzo que se han aflojado.

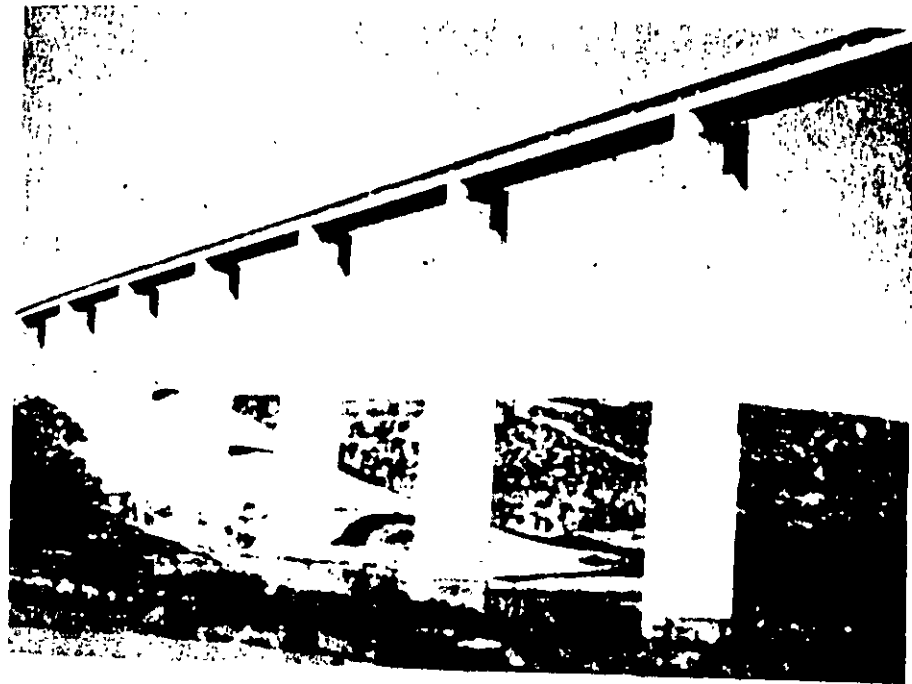
Si el procedimiento de reparación requiriera que se desadheriera (o la mayor parte) el acero de tensión, es probable que se necesitara una obra falsa colocada bajo la estructura mientras se está efectuando la reparación.

La reparación de la losa inferior en una trabe cajón presenta dificultades al máximo, debido a las condiciones de trabajo tan estrechas. En las áreas a compresión la reparación de un espesor parcial puede ser ejecutada sin apuntalamiento. Sin embargo, en las áreas a tensión, pudiera ser necesario utilizar la obra falsa para relevar toda la carga muerta, antes de que pudiera ser reparada cualquier área importante.

Los pasos superiores de losa de concreto y trabe cajón, puede no recibir un daño serio cuando son golpeados por las cargas con sobre-altura, como sucede con otros miembros estructurales. Deberá ser remplazado cualquier concreto descascarado como resultado del impacto. Por supuesto, el área más sensible podría estar en los puntos de esfuerzo máximo.

Los golpes de las cargas de mayor altura sobre una trabe T o un larguero de concreto, pueden resultar en un daño de consideración. Usualmente las cicatrices superficiales necesitan únicamente ser resanados con concreto de alta calidad, adherido adecuadamente para restaurar un recubrimiento apropiado sobre el refuerzo. Las trabes agrietadas, con el refuerzo sin romperse o con desplazamiento horizontal puede ser generalmente reparadas en el lugar utilizando una inyección epóxica. Si la reparación de la trabe existente no es posible, queda solamente una alternativa, remplazar la trabe dañada.

Si los cloruros del drenaje del piso han formado sólo costras ligeras en el concreto de las trabes y vigas, el área puede ser limpiada por chorro de arena y sellada con un epóxico penetrante. El desconchamiento profundo puede requerir un resanado para restaurar un recubrimiento adecuado sobre el acero de refuerzo. El desconchamiento del concreto pudiera indicar corrosión del acero. Esta área requerirá, cuando menos, la remoción de todo el concreto dañado, la limpieza del acero y el resane con concreto de alta calidad, adherido adecuadamente para restaurar el recubrimiento apropiado sobre el acero. Donde el miembro no pueda tomar la carga de diseño, pudiera ser necesario el apuntalamiento.

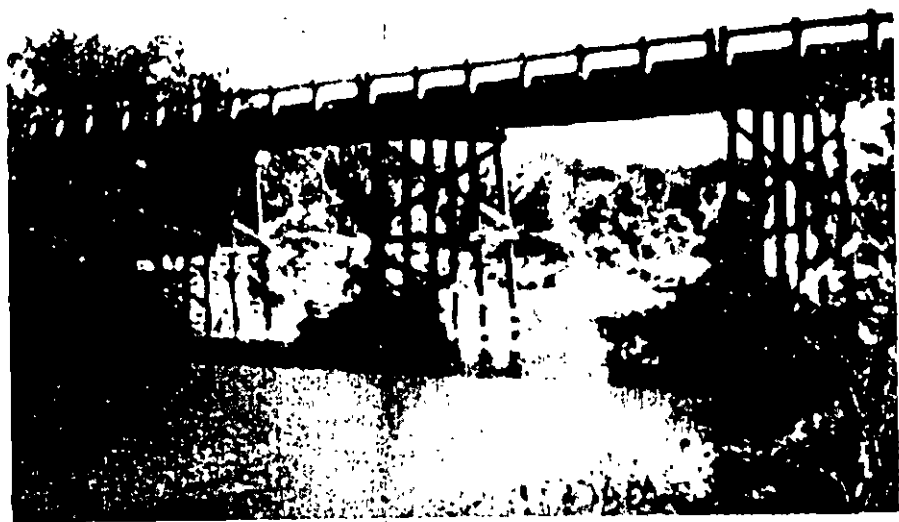


## 3. Prevención

La pérdida de la adherencia del acero en la parte superior de la losa probablemente pudiera ser asociada con el desconchamiento del concreto debido a la corrosión del acero de refuerzo superior. Debido a que la corrosión está asociada con la penetración del cloruro y el agua al acero, se considera actualmente que una membrana impermeable es una prevención satisfactoria en muchas áreas. Una membrana impermeable en un piso de trabes cajón podría prevenir que el agua y los cloruros pasaran a través a la losa inferior, prevendría la acumulación del agua.

Poco puede hacerse para prevenir el daño por colisión a los pasos superiores debido a los vehículos de una altura mayor. El máximo gálibo vertical podría reducir, pero rara vez eliminar este tipo de daño. Deberá darse una atención cuidadosa a la colocación apropiada y exacta de las señales de advertencia anticipadas.

La prolongación de los drenes del piso abajo del lecho inferior de las vigas y trabes podría minimizar el deterioro del concreto y un posible daño por corrosión del acero de refuerzo debido a los drenes del piso.



## CAPITULO 8.0.0 SISTEMAS DE SUBESTRUCTURA

157

8.3.0 Nomenclatura	157
8.3.1 Pilotes y Cimientos	157
A. Pilotes y Cimientos de Cajón	157
1. Problemas	158
2. Corrección	159
3. Prevención	161
B. Cimientos por Ampliación de Base	161
1. Problemas	161
a. Deterioro del Concreto	161
b. Agrietamiento Transversal	161
2. Corrección	161
8.3.2 Apoyos Verticales	164
A. Estribos y Pilas de Concreto	164
1. Problemas	164
a. Asentamiento	164
b. Agrietamiento Vertical	164
c. Deterioro Superficial	165
d. Deterioro	165
e. Desconchamiento	165
f. Muro de Contención con Socavación	165
g. Pudrición	165
2. Corrección	165
3. Prevención	168
B. Pilas y Estribos de Mampostería de Piedra	168
1. Problemas	168
2. Corrección	169
3. Prevención	169
C. Tablaestacados Empotrados	170
1. Problemas	170
2. Corrección	170
3. Prevención	170
D. Estribos de Tierra armada	170
1. Problemas	171
2. Corrección	171
3. Prevención	171
E. Pilas de Estructura de Acero	171
1. Problemas	171
2. Corrección	173
3. Prevención	173
F. Caballetes de Pilotes	173
Concreto	173
1. Problemas	174



2. Corrección	174	g. Esfuerzo	184
3. Prevención	174	h. Congelamiento	186
Cilindros Rellenos	174	2. Corrección	187
1. Problemas	174	3. Prevención	187
2. Corrección	174	C. Apoyos Fijos de Acero	187
3. Prevención	174	1. Problemas	187
Acero	175	2. Corrección	188
1. Problemas	175	D. Apoyos de Dilatación de Mecedora	188
2. Corrección	175	1. Problemas, Correcciones y Prevención	188
3. Prevención	175	E. Apoyos Deslizantes	188
Madera	175	1. Problemas, Correcciones y Prevenciones	188
1. Problemas	178	F. Apoyos Amortiguadores-Apoyos de Dilatación Amortiguadores	188
2. Corrección	178	1. Problemas	189
8.3.3 Cabezales y Asientos de Puente	179	a. Escombros	189
A. Concreto	179	b. Pérdida de Protección	189
1. Problemas	180	c. Corrosión	189
2. Corrección	180	d. Conectores	189
3. Prevención	180	e. Desintegración	189
B. Acero	180	f. Movimiento	189
1. Problemas	180	g. Compresión	189
2. Corrección	180	h. Sellos con Escurrimiento	189
3. Prevención	180	i. Sellos Agrietados	189
C. Madera	181	j. Falla de Adherencia (Teflón)	189
1. Problemas	181	k. Falla de Adherencia (Acero Inoxidable)	189
2. Corrección	181	l. Cortes	189
3. Prevención	181	m. Deterioro	189
8.3.4 Sistemas de Apoyo	181	2. Corrección	189
A. Placas de Mampostería	181	3. Prevención	189
1. Problemas	181	G. Apoyos Elastoméricos	190
a. Arrastres	182	1. Problemas	190
b. Pérdida de Protección	182	a. Escombros	190
c. Corrosión	182	b. Desintegración	190
d. Conectores	182	c. Cortante	190
e. Desintegración	182	d. Compresión	190
f. Movimiento	184	e. Agrietamiento	191
2. Corrección	184	f. Adherencia	191
3. Prevención	184	g. Desgaste	191
B. Apoyos de Dilatación de Rodillos	184	2. Corrección	191
1. Problemas	184	3. Prevención	191
a. Escombros	184	H. Apoyos de Barra y Pasador	191
b. Pérdidas de Protección	184	1. Problemas	192
c. Corrosión	184	2. Corrección	192
d. Conectores	184		
e. Desintegración	184		
f. Movimiento	184		

## **CAPITULO 8.0.0 SISTEMAS DE SUBESTRUCTURA**

### **8.3.0 Nomenclatura**

La subestructura de un puente es aquella sección que transmite la carga y esfuerzos del piso estructural, superestructura, o del sistema de soporte de carga al suelo.

Funcionalmente, las subestructuras pueden ser clasificadas como estribos o pilas. Los cimientos, pilotes, columnas, tajamares o muros, pedestales o capiteles, cabezales, asientos del puente y los sistemas de apoyo, son componentes de los estribos y de las pilas.

Los estribos son elementos de la subestructura que soportan los extremos de los puentes de un solo claro o los extremos exteriores de una estructura de claros múltiples, y, en general, retienen los terraplenes de acceso o relleno. Las pilas son elementos de la subestructura que proporcionan apoyo interior a un puente de claros múltiples.

Los estribos se clasifican de acuerdo a su ubicación como estribos recto y los estribos de altura total (u hombro). Los primeros se asientan cerca de la parte superior de un talud y son generalmente menores de 3.05 m (10 pies) de altura total están, por supuesto, asentados cerca del pie del talud.

### **8.3.1 Pilotes y Cimientos**

El cimiento es la parte más baja (usualmente más ancha) de una subestructura, el cual distribuye la carga de la estructura al suelo de cimentación, ya sea directamente o indirectamente a través de los pilotes, cajones, etc. Los cimientos y las cimentaciones sobre pilotes son comunes en ambos casos para pilas y estribos.

A. Pilotes y Cajones de Cimentación: Los pilotes y el cajón de cimentación dependen ya sea de la fricción superficial con el material del cimiento o del apoyo de punta, dependiendo del tipo de suelo y de pilote. En el caso en el que los pilotes se hinquen en lechos de roca, o capa dura, etc., los pilotes se apoyarán de punta.

## 1. Problemas

En vista de que los pilotes están protegidos por el material a través del cual se hincan, el daño y el deterioro no son comunes. En los casos en donde los pilotes están expuestos, (ya sea por su diseño o por la socavación), puede presentarse la pérdida de sección a través del descostramiento y desconchamiento de los pilotes de concreto, corrosión de los pilotes metálicos o pudrición en los pilotes de madera.



Un problema particularmente severo que se presenta en algunas áreas, es la existencia de las polillas marinas. La información relacionada con las polillas de mar puede consultarse en "La Polillas Marinas y su Relación con la Construcción Marina en la Costa del Pacífico", editada por el Comité de Piloteado Marino de la Bahía de San Francisco (1927), cuyos autores son Hill and Kofoid.

## 2 Corrección

Si se presenta deterioro extremo en un pilote de acero sobre áreas extensas y numerosas, probablemente sería mejor encajonar el pilote en concreto aproximadamente 60 cm (2 pies) arriba y abajo del área severamente deteriorada. Esto se realiza revistiendo el pilote con tubo galvanizado corrugado y relleno con concreto. El concreto debe reforzarse adecuadamente para ambos casos, con espiral y longitudinalmente. Las reparaciones en los lugares que presentan un deterioro menos severo (más del 50% de pérdida de sección en áreas menos numerosas y más pequeñas) pueden efectuarse incrementando la sección en los pilotes de acero u otros miembros involucrados. La decisión que se tome, ya sea aumento de sección o revestimiento, también dependerá de la cantidad de trabajo bajo el agua que esté implicada. El revestimiento es generalmente más conveniente para trabajo bajo el agua. En el caso que se presente deterioro extremo en seco o arriba del terreno, será posible transferir temporalmente la carga del miembro y empalmar en un tramo una sección nueva igual a la original. En todos los casos en que el acero nuevo además de cualquier acero existente, esté sujeto a humedecimiento, rociado, u otra acción corrosiva, debe aplicarse un recubrimiento de protección para trabajo pesado, empleando el mejor material disponible.

En el caso de pilotes de concreto, todo el concreto deteriorado debe ser eliminado hasta el concreto sano, el acero de refuerzo limpiado de todo el óxido y las costras y el concreto remplazado. Deberá cortarse lo suficiente de manera que se proporcione un mínimo de 50 cm (2") de espesor de concreto nuevo. Todas las superficies de concreto viejo que se unan a concreto nuevo, deben cubrirse con un compuesto adhesivo.

Si durante la inspección se encontraran algunos de los pilotes expuestos bastante deteriorados, será necesario repararlos antes de rellenar los huecos. El hueco bajo el cimientado debe rellenarse con material seleccionado. El material de relleno debe colocarse otra vez bajo el cimientado, y alrededor del pilote, compactando de la mejor manera posible durante la colocación.

Si el hueco que expone los pilotes fuera causado por la erosión, el trabajo mencionado anteriormente debe acompañarse de algunas medidas para prevenir que se repita la erosión. Estas medidas pueden comprender el empleo de zanjas con objeto de desviar el agua del área, o que se requiera la colocación de zampeados u otro material de protección.

Si los pilotes son de madera o de acero, pero no se cuenta con un taller para efectuar la reparación por medio del incremento de la sección, entonces un tipo de reparación podría ser el siguiente:

a) Corte la parte deteriorada de los pilotes desde el apoyo del cimiento hasta la parte sana del pilote.

b) Cuele concreto nuevo desde el apoyo del cimiento hasta 15 cm (6") abajo del nuevo remate de la elevación del pilote, empleando concreto de Clase 1.

c) Para la terminación superior de este concreto nuevo, mantenga una carga hidrostática en el concreto nuevo en la superficie de contacto entre el concreto fresco y el cimiento viejo. También, haga lo posible por eliminar los huecos en la superficie de contacto. Puede requerirse el bombeo o lechadeado a presión después de que cure el concreto.

d) Si el número de los pilotes deteriorados es grande, será necesario considerar el tipo de reparación citado anteriormente para que haya apoyo suficiente en todo momento para la estructura.

e) Rellene el hueco

Si los pilotes deteriorados fueran de acero, y en un número no muy grande, pudieran ser reparados aumentando la sección, además de contar con los talleres necesarios para soldar. La pérdida de sección en este caso debe ser menor del 50%.

Las almas y los patines de los pilotes pueden ser reforzados soldando nuevas placas de acero, prolongándose lo necesario por arriba y por abajo del área deteriorada con objeto de desarrollar la carga total que lleva el pilote. Cuando se finalice el soldado, a todos los pilotes expuestos se les debe aplicar un recubrimiento protector de uso rudo, con el material adecuado. Después de que las reparaciones hayan sido efectuadas, rellene el hueco. Puede tolerarse una pérdida mínima de sección en el pilote con el cimiento, puesto que el pilote en este punto está a compresión indirecta y no se presentan los esfuerzos de columna.

Cuando se presente una pérdida de sección severa en el pilote en la superficie de contacto con el cimiento, suelde placas formando un ángulo con una rama contra los cimientos y la otra rama contra el pilote. Se colocarán atezadores a través del ángulo como sea necesario. Con objeto de transferir la carga, estos ángulos deben colocarse en ambos patines.

Debe colocarse material alrededor de los pilotes sobre la parte inferior del cimiento, y protegerse de una exposición posterior a la erosión.

### 3. Prevención

El daño de los pilotes y del cajón puede prevenirse evitando la pérdida de la tierra de recubrimiento alrededor de ellos.

#### B. Cimiento por Ampliación de Base

El cimiento por ampliación distribuye la carga de la estructura al material de cimentación por apoyo directo sobre el material.

#### 1. Problemas

Cualquier erosión del material bajo una sección del cimiento puede incrementar la presión sobre el material sobrante que aún permanece en contacto con el cimiento. Una vez que la presión excede la capacidad de soporte del material de cimentación, puede ocurrir el asentamiento o movimiento. Esto es, por lo tanto, importante ya que no deben presentarse cavidades bajo los cimientos por ampliación. Estas cavidades deben ser rellenadas.

Donde los cimientos están sobre pendiente y sujetos a los imprevistos del clima y agua, puede presentarse:

a. El deterioro del concreto resultando en el movimiento alrededor de la proyección del cimiento y el desconchamiento de las caras laterales. El deterioro severo en el tajamar de una pila debido al hielo, escombros y agua con productos químicos puede ser también acompañado por el deterioro del cimiento en aquel punto.

b. Un cimiento puede fracturarse transversalmente debido a un asentamiento no uniforme de la pila o el estribo. Esto frecuentemente se presenta acompañado por una grieta que continúa hacia arriba a través de la pila o estribo.

#### 2. Corrección

La condición "a" descrita anteriormente puede repararse por:

1. En el caso de que los cimientos estén en agua, ésta se conservará fuera del área de trabajo mediante canales de desviación, ataguías de sacos de arena o tablaestacado según se requiera.

2. Cíncele contra el concreto deteriorado hasta que se alcance el concreto sano. Limpie hacia afuera todo el material flojo con chorro de aire u otros medios.

3. Si es necesario instale para reforzar anclas de varilla y varillas, ellas se taladrarán e instalarán lo más pronto posible.

4. Construya el molde para restaurar el cimiento y las dimensiones, tanto como sea posible a su forma original.

5. Si se pretende emplear compuestos patentados o pastas de cemento puro para adherencia, éstos se aplicará previamente al colado del concreto nuevo dentro de los moldes.

6. Mezcle y cuele el concreto nuevo empleando una mezcla concentrada, con bajo revenimiento. Vibre totalmente el concreto nuevo para asegurar una colada compacta y buena adherencia.

7. Después de que el concreto nuevo se ha curado por lo menos 3 días, quite los moldes y la atagüa y restaure el cauce del río a su curso normal.

8. En algunos casos, donde el concreto lanzado va a ser ampliamente utilizado en otras partes de la estructura, las reparaciones anteriormente descritas pueden llevarse a cabo utilizando el método del concreto lanzado. (El concreto lanzado puede no ser tan efectivo en cargas de apoyo como el concreto colocado convencionalmente, por este motivo deberá utilizarse con precaución).

En el caso de la condición "b" como se describió anteriormente, es recomendable sellar la grieta para prevenir la intrusión posterior de sedimentos, escombros, y agua (lo cual pudiera resultar en un deterioro posterior debido a la formación de hielo). Es importante apuntalar o restaurar la pérdida de apoyo, antes de reparar la grieta.

1. Grieta en la superficie en V hacia afuera de aproximadamente 5 a 7.5 cm (2-3 pulgadas) de ancho utilizando pequeños cinceles neumáticos.

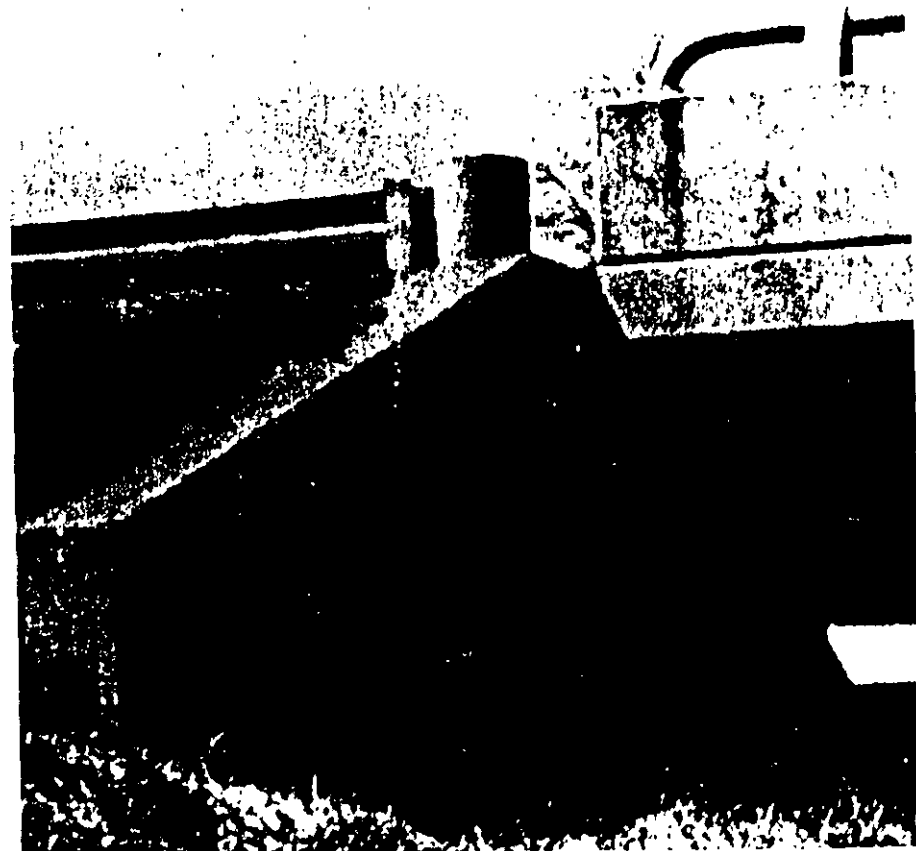
2. Limpie y sopletee la grieta cuidadosamente hacia afuera, utilizando agua y aire a alta presión.

3. Asegure algún tipo de molde de retención, sobre la porción vertical de la grieta en la cara del cimiento.

4. Moje completamente las superficies de la grieta vaciando cantidades abundantes de agua dentro de ella. En seguida, rellene la grieta con una lechada de cemento y arena fina, en proporción de 1-2, la cual correrá libremente.

5. Limpie hacia afuera la parte de la V en la superficie después de que la lechada ha sido parcialmente colocada. En seguida aplique un compuesto adherente o pasta de cemento como agente adhesivo a las superficies de la V y llénela con un denso mortero de cemento y arena para concreto, en proporción de 1-2.

Se ha tenido algún buen resultado en el relleno de grietas por lechadeado a presión. Si ha habido una intrusión de material extraño dentro de la grieta y es difícil limpiarla completamente, no debe esperarse la adherencia adecuada. Además, si existe concreto deteriorado adyacente a la grieta, aun un adhesivo adecuado pudiera probablemente no desarrollar la capacidad del relleno para transferir esfuerzo, en la medida que el concreto contiguo al relleno pudiera fallar. Este método aun cuando no dé como resultado una integridad completa puede sellar el paso del agua y de la materia extraña que pudiera posteriormente agravar el problema. Deberá consultarse al proveedor del material en cuanto a los métodos adecuados de colocación de éste.



8.3.2 Apoyos verticales (Alma, columnas, caballetes, capiteles y pedestales)

Estos componentes recibirán la carga de la estructura proveniente de los apoyos y asientos y las transmiten a su vez a los pilotes, cimentaciones y zapatas.

### 8.3.2 Apoyos Verticales

#### A. Estribos y Pilas de Concreto

##### 1. Problemas

Los problemas de reparación que se presentan usualmente en las pilas y estribos de concreto son:

- a. Asentamiento o Movimiento
- b. Agrietamiento Vertical originado por el asentamiento diferencial.



- c. Deterioro Superficial
- d. Deterioro en el nivel de agua
- e. Desconchamiento bajo los apoyos debido a la presión del pavimento
- f. Muro de Contención con Socavación
- g. Putrefacción de apoyos (madera)

##### 2. Corrección

En las grandes estructuras y en donde se presenten asentamientos de consideración, debe consultarse un Ingeniero de suelos antes de realizar cualquier corrección.

Las correcciones para los problemas son:

a. Es importante primeramente determinar si el problema ya se estabilizó y si el movimiento cesó, o si el estribo aún continúa moviéndose. Si el estribo o la pila todavía se mueven, debe determinarse y corregirse la causa del asentamiento.

En donde el movimiento haya cesado, debe realizarse la renivelación de los asientos y los apoyos del puente para evitar que persista el esfuerzo no considerado en el proyecto en los miembros estructurales.

b. El agrietamiento vertical puede corregirse de acuerdo a los procedimientos descritos anteriormente. Es importante determinar y corregir la causa del agrietamiento, de lo contrario, el agrietamiento puede presentarse más adelante. Si el estribo o la pila están apoyados sobre pilotes, pudiera ser necesario hincar pilotes adicionales conectándolos dentro de la estructura para obtener apoyo adicional. Si la unidad está apoyada sobre cimientos con ampliación de base, el apoyo adicional necesario puede obtenerse generalmente por medio del apuntalamiento.

En ambos problemas (a) y (b) la corrección del asentamiento y la reparación de la grieta deberá continuarse con:

1. La remoción y remplazo del diafragma si este se ha movido de manera que ligue los miembros estructurales.
2. Gatee la superestructura para devolverla a su elevación adecuada por medio del colado de bancos de concreto en los asentamientos del puente o calzando con acero. Es importante que en el gateo, se dé una consideración cuidadosa.

sa a los esfuerzos adicionales sobre los miembros estructurales originados por éste. Se debe consultar a los Ingenieros Estructurales antes de iniciar esta operación.

3. Vuelva a colocar en su posición los apoyos y las mecedoras.

4. Verifique y ajuste el mecanismo de dilatación y selle las juntas.

#### c. Deterioro superficial

Este problema puede ser resultado del ataque químico, agregados pobres, daño por congelamiento-deshielo, o por las combinaciones de todos estos. El daño usualmente se presenta en forma de desconchamiento, descamación, reventones hacia afuera o desprendimiento de las esquinas.

El primer paso a seguir en la reparación del deterioro superficial, o de cualquier otro tipo de deterioro que se presente en el concreto, es el de remover completamente todo el concreto que no esté sano utilizando los diversos tipos de herramientas de aire. No se tendrá una reparación satisfactoria hasta que no se llegue al concreto limpio y sano al cual pueda adherirse el concreto nuevo. Los bordes del área recortada deben ser rebajados a un peralte menor que el del área por resanar, con el fin de ayudar a retener el nuevo material.

**Adherencia** —El método para adherir el concreto nuevo al concreto viejo dependerá de la profundidad y volumen de la reparación necesaria y también, ya sea que se utilice o no el método de reparación de concreto lanzado. Se han utilizado en estos casos agentes epóxicos de adherencia con resultados satisfactorios.

Para las reparaciones superficiales, utilizando concreto en moldes, puede ser utilizado uno de los muchos agentes de adherencia patentados, sin ninguna liga mecánica adicional. Si se utilizan apegándose rigurosamente a las recomendaciones del fabricante, referentes a limpieza y sanidad del concreto, estos materiales dan excelentes resultados.

También puede utilizarse una lechada de pasta de cemento puro como agente de adherencia efectivo, en el caso de que no se disponga de ningún compuesto epóxico adecuado. Esto también puede utilizarse cuando el molde del concreto sea tan limitado que el material epóxico no pueda aplicarse en forma efectiva. El área descubierta puede ser rociada abundantemente con la lechada antes de efectuar el colado del concreto.

**Concreto Lanzado** —aplicado rápidamente, es una forma de proyectar neumáticamente una arena, y mortero de cemento para reconstruir un área que

ha sido preparada adecuadamente y donde el concreto deteriorado ha sido eliminado. (Este método se ha utilizado en algunas jurisdicciones con resultados satisfactorios. Cuando no se cuenta con la experiencia necesaria, debe investigarse el empleo de agregados de concreto pre-ensados).

No se hará ningún intento posterior para describir el método de reparación con concreto lanzado; en cambio se hará referencia a la práctica del concreto lanzado del Instituto Americano del Concreto (ACI-506-66). A menos de que se disponga de máquinas pequeñas, el deterioro de una estructura debe ser extenso para que se justifique el traslado y la instalación de la planta necesaria y el equipo requerido para el trabajo concreto lanzado. La mayor parte del trabajo debe ser también del tipo que no sean adecuados los métodos convencionales de cimbrado y colado, tal como en las superficies verticales aisladas y en las altas.

Quando se utiliza el método de reparación del concreto lanzado, no es necesario emplear agentes de adherencia, excepto cuando la profundidad del resane exceda de 7.5 cm (3"). En este caso se insertan anclas de gancho en el concreto existente, a aproximadamente 30 cm (12") centro a centro y en ellas se engancha y se fija con alambre una malla de alambre de 5 x 5 cm (2 x 2"). Este sistema de anclaje debe repetirse para cada capa de 7.5 cm (3") de espesor de concreto lanzado.

Se recomienda que en cualquier lugar donde la reparación sea fácilmente adaptable al método tradicional de cimbrado y colado del concreto, debe utilizarse este método. Esto se debe a que el concreto lanzado tiende a desperdiciarse el cemento y requiere de mucho mayor habilidad para obtener un buen producto.

Quando el concreto es reforzado, el deterioro superficial frecuentemente llega al primer lecho de refuerzo de acero. En este caso, la remoción del concreto se continuará hasta un punto de 3.8 a 5 cm (1 1/2 a 2") atrás del lecho de acero. (La profundidad mínima debe ser tal que permita que el agregado mayor en la mezcla pase entre el acero y el concreto lanzado nuevo.

Esto proporcionará un anclaje excelente para el concreto o concreto lanzado nuevo.

Si la remoción se suspende en el plano del refuerzo, es muy probable que se forme un plano de fracturamiento en la superficie entre el concreto viejo y el concreto nuevo. El óxido y otros materiales nocivos deben ser eliminados del acero de refuerzo.

#### d. Deterioro en el nivel de agua

Este problema es peculiar en los estribos o pilas que se encuentran en contacto con un arroyo o río. El deterioro toma la forma de una depresión o cavidad

que se desarrolla en el concreto y se extiende por arriba y por abajo de la superficie promedio de la corriente. Esto ocurre generalmente en la cara aguas arriba y a lo largo de los costados de la pila en toda o parte de su longitud.

El problema de reparación aquí citado es muy similar al problema del deterioro superficial, excepto que existe también la necesidad de controlar el flujo de la corriente de manera que el trabajo pueda realizarse en seco.

### 3. Prevención

La mejor previsión para evitar el agrietamiento del estribo o de la pila, es la de asegurar que no ocurran asentamientos diferenciales. Para prevenir el deterioro sobre el nivel de agua deben utilizarse compuestos para la impermeabilización del concreto. Es importante prevenir la exposición constante del concreto a filtraciones de los pisos, particularmente donde se emplean sustancias químicas para controlar la nieve y el hielo. Un recubrimiento con materiales que han sido probados satisfactoriamente en el área, es una mezcla de 50% de aceite de linaza y 50% de aceites minerales aplicados aproximadamente a 0.23 Lt/m<sup>2</sup>. Esto ha reducido el deterioro en las áreas sujetas a sustancias nocivas. Los recubrimientos deben ser renovados cuando sea necesario.

Cuando se prevean escombros excesivos, pueden ser necesarios los piloteados de madera o de acero en el frente de la arista del estribo aguas arriba de la corriente.

El daño en el nivel de agua también puede prevenirse protegiendo el concreto con una placa de acero.

Esta placa debe tener el espesor suficiente y estar fijada de tal manera que sea capaz de proteger del tipo de escombros que se espera pudiera presentarse. En vías fluviales navegables, en donde los barcos o lanchones pudieran tener contacto con las pilas o los estribos, será necesario instalar defensas adecuadas para protegerlas de cualquier daño mecánico.

## B. Estribos y Pilas de Mampostería de Piedra

### 1. Problemas

Las subestructuras de mampostería están sujetas a los mismos problemas que se presentan en el concreto, pero de diferente grado. La piedra no se deteriora tan rápido como el concreto; sin embargo, el mortero en los estribos de mampostería está sujeto a deterioro rápido bajo ciertas condiciones. Normal-

mente, el mortero tiene menos resistencia a la tensión que el concreto; por consiguiente, un asentamiento diferencial es particularmente crítico.

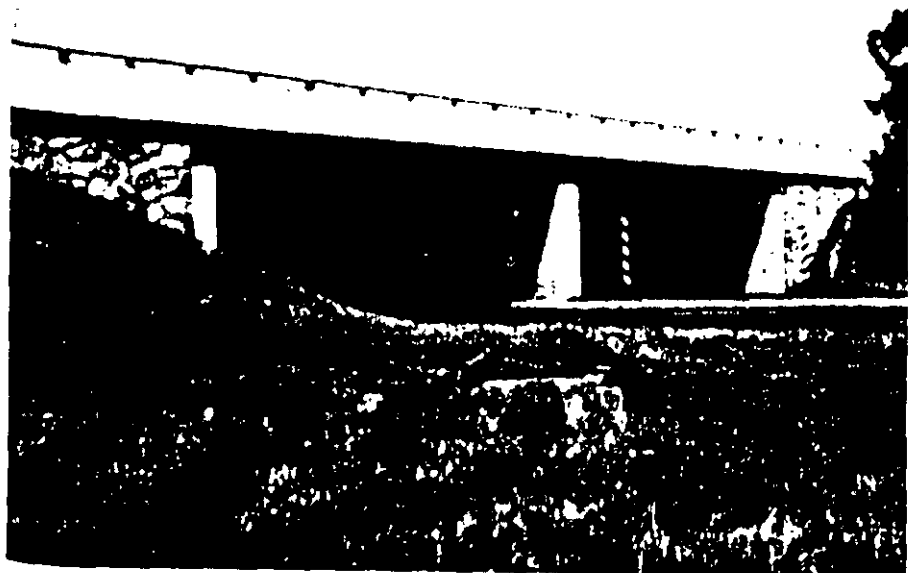
### 2. Corrección

Las grietas en la mampostería de piedra deben ser rellenadas con mortero con el fin de sellar contra la humedad. Las áreas deterioradas deben ser recortadas y vueltas a colocar en la sección original. En los lugares donde se presente que el material original no se adhiere al nuevo material, debe construirse un encajonamiento de concreto reforzado.

### 3. Prevención

Con un mantenimiento adecuado, un estribo o pila de mampostería se conservarán un periodo indefinido de tiempo; sin embargo, es difícil el repararlos una vez que han empezado a desintegrarse. Las juntas de mortero deben mantenerse totalmente selladas con el fin de evitar la filtración de agua; los cimientos y los pilotes deben protegerse de la erosión para asegurarlos contra el asentamiento diferencial.

Figura 12-30





Las grietas pequeñas deben inyectarse con materiales epóxicos para sellarlas adecuadamente, y de este modo prevenir el deterioro. Debe eliminarse de las juntas cualquier tipo de vegetación.

### C. Estribos de tablaestacado (Mamparas)

#### 1. Problemas

El deterioro más común que se presenta en el piloteado es a nivel del agua o del terreno (zona de salpicado) donde se alternan las condiciones de mojado-seco. El tablaestacado puede dañarse o alterarse durante las crecientes de la corriente debido a los escombros pesados o por los botes en las aguas navegables.

#### 2. Corrección

El tablaestacado que haya sido desplazado debe quitarse y reemplazarse o, si esto es imposible debido a su localización, debe hincarse un nuevo tablaestacado alrededor del área afectada, y debe colocarse un nuevo material de apoyo en los huecos entre la sección de tablaestacado antigua y la nueva. Cualquier material de apoyo deteriorado, colocado atrás del tablaestacado debe eliminarse y remplazarse.

#### 3. Prevención

El deterioro del material colocado atrás del tablaestacado puede prevenirse si se evitan las filtraciones de agua proveniente de la superestructura y la aplicación de un recubrimiento o un material impermeabilizante, tal como una resina sintética o una mezcla de aceite de linaza.

La mejor manera de prevenir la oxidación y la corrosión de un tablaestacado de acero consiste en la aplicación de pintura en las áreas sujetas a ciclos de humedecimiento y secado.

**D. Estribos de Tierra armada:** La tierra armada es un sistema que consiste de tres elementos básicos, el "revestimiento", el cual puede ser de acero o de concreto precolado, "fajas" metálicas de refuerzo, y el suelo mismo. La presión horizontal del terreno aplicada normal al muro (revestimiento) es transferida a las fajas horizontales, por la fricción entre el suelo y la faja metálica. Las fajas de refuerzo metálicas generalmente están hechas de acero galvanizado; sin embargo, si se presentan condiciones de agua no comunes, las cuales pudieran causar corrosión, deben utilizarse materiales tales como el aluminio, las aleaciones de magnesio o el acero inoxidable. La graduación del relleno de suelo es totalmente flexible, teniendo como mayor restricción que el suelo no sea plástico.

#### 1. Problemas

El empleo de tierra armada se desarrolló en Francia por un Ingeniero llamado Henri Vidal a mediados de los sesentas, y fue experimentado primero en los Estados Unidos alrededor de 1971-1972. Existe una falta general de experiencia en relación con la conservación de este sistema debido al período relativamente corto en el que ha sido utilizado. Si este sistema fuera diseñado adecuadamente, estaría relativamente libre de mantenimiento.

Se especula que la mayoría de los contratiempos ocurrirían como resultado de las insuficiencias del diseño; sin embargo, ya que la estabilidad del muro depende de la fricción entre la tierra y las fajas de refuerzo, tendría que evitarse la erosión del relleno.

#### 2. Corrección

Las secciones que presentaron falla deben reemplazarse y colocarse material nuevo alrededor de las fajas. Ya que la fricción debe conservarse, el relleno debe colocarse en capas que no excedan de 38 cm (15") y compactarse antes de la colocación de mayor cantidad de material. Si se presentan problemas en secciones inferiores de un muro de tierra armada, es probable que se requiera el reemplazo de una porción grande del muro con objeto de repararlo.

#### 3. Prevención

Un diseño y una construcción adecuados constituyen la mejor medida preventiva. También es importante que las corrientes de agua no concentradas fluyan por la parte posterior del muro en el área donde se encuentran las fajas de refuerzo.

**E. Pilas con Marco de Acero:** Estos tipos de pilas constan de dos o más columnas de acero y de una trabe horizontal en la parte superior construidas para actuar como un marco.

#### 1. Problemas

Se pueden esperar problemas comunes de mantenimiento con miembros de acero. Los problemas más comunes que pudieran ocurrir son el deterioro y la pérdida de sección debidos al óxido y a la acción corrosiva de los contaminantes, además de problemas en las juntas. El metal debe protegerse por medio de la remoción del óxido y las escamas y las aplicaciones de un imprimador y recubrimientos finales de pintura. En las secciones donde sólo haya ocurrido una oxidación ligera, éste puede corregirse por medio de la remoción del óxido y las escamas y por las aplicaciones de materiales de recubrimiento adecuados. En los lugares en donde la oxidación haya originado severas pérdidas de sección,

esto pudiera ser eliminado y el material remplazado por la adición de acero a base de placas. En los casos de pérdida severa de sección, las almas y los patines pueden reforzarse soldando nuevas placas de acero, prolongándose suficientemente arriba y abajo del área debilitada, de manera que se restaure la capacidad para tomar la carga total. Al área reconstruida se le debe aplicar un recubrimiento de protección con el material adecuado.

Debido a que los remaches, pasadores o pernos flojos permiten que la junta de deslice y pueda causar la concentración de esfuerzos, u otra redistribución de ellos que originara una falla por la fatiga o distorsión, es importante que estas conexiones permanezcan apretadas. Las conexiones remachadas deben inspeccionarse por medio del martilleo de cada una de las cabezas de remache con un martillo de bola doble. Aquellos remaches que hayan conservado un ajuste adecuado producirán un sonido sonoro agudo diferente. Los remaches de ajuste dudoso emitirán un sonido sordo.

Los remaches que se considere que se han aflojado deben reemplazarse. El remplazo de los remaches defectuosos debe realizarse cortando las cabezas del remache y sacando el cuerpo. Se debe tener cuidado de no dañar el metal adyacente y si es necesario, sacar los cuerpos del remache taladrando.

Después de que el remache defectuoso ha sido sacado, debe instalarse un perno de alta resistencia y apretado por medio del método denominado "torcimiento de tuerca". El método de torcimiento utilizado para obtener la tensión del perno, requiere que el perno sea fabricado con "el reborde ajustado". Debe definirse al reborde ajustado como el ajuste logrado con unos pocos impactos sobre una llave de tuercas sometida a impactos, o por la fuerza total de un hombre que utiliza una llave de cola ordinaria. El perno deberá entonces ser tensionado adicionalmente por medio de la cantidad pertinente de rotación de la tuerca especificada a continuación:

#### ROTACION DE LA TUERCA SEGUN LA CONDICION

##### DE REBORDE AJUSTADO

##### Inclinación de las Caras Exteriores de las Partes Apernadas

Ambas caras normales al eje del perno o una cara normal al eje y otra cara inclinada 1:20 (sin utilizar roldana con bisel)	Ambas caras inclinadas 1:20 con respecto a la normal al eje del perno (sin utilizar roldanas con bisel)
--	---

Longitud del perno que no exceda ocho pulgadas 1/2 giro      Para todas las longitudes de pernos 3/4 de giro

Longitud del perno que exceda ocho diámetros u ocho pulgadas 2/3 de giro.

**NOTA:** Las longitudes de los pernos son medidas de la superficie inferior de la cabeza hasta el remate final de la punta.

Debe examinarse la conexión apernada para detectar los pernos flojos por medio de la revisión de las tuercas. Si las tuercas se encuentran flojos, deberían ser remplazadas en vez de volverlas a girar. El perno de reemplazo debe ajustarse de acuerdo al método de torcimiento de tuerca mencionado anteriormente.

### 3. Prevención

Un programa planeado de repintado de las estructuras antes de que la pintura deje de ser efectiva como un agente de protección, es la mejor prevención. Las áreas que estén sujetas a exceso de agua, tales como las juntas inferiores, en el suelo o en el nivel de agua, deben recibir un repintado más frecuente que el cielo total de repintado. Tan pronto empiecen a aparecer manchas de óxido en esos puntos, todo el óxido, escamas y la pintura debilitada deberá eliminarse, y el área reimprimada y pintada con el material disponible.

F. Caballetes de Pilotes: Existen pilas que están compuestas de pilotes hincados coronados o cubiertos con madera o concreto reforzado para formar un apoyo de puente.

#### 1. Problemas

El daño puede originarse por fuego, escombros, hielo, colisión, o deterioro originado por los ciclos de mojado-secado y de congelamiento-deshielo.

#### 2. Corrección

El concreto dañado debe eliminarse y los bordes escuadrados hacia afuera. El refuerzo debe implicarse con objeto de dejarlo completamente libre de óxido y escamas. Se debe aplicar un compuesto adhesivo a las superficies expuestas, y rellenar los huecos con concreto de contracción mínima, o mezclas epóxicas de baja viscosidad. Toda el área reparada debe protegerse con el mejor recubrimiento disponible. El concreto colocado neumáticamente puede emplearse también para dichas reparaciones.

### 3. Prevención

La mejor prevención contra el deterioro del concreto es protegerlo con el mejor sellador disponible y evitar la continua exposición a filtraciones de agua.

#### Forros metálicos rellenos

Los forros rellenos son pilotes de concreto colados en el lugar, para los cuales se hinca un forro metálico, se separa el mandril, y se rellena con concreto al interior del forro.

#### 1. Problemas

El problema más común que se presenta es la corrosión del forro. Ocasionalmente, el concreto puede dañarse como resultado de los efectos de impacto o desintegración del forro exterior.

### 2. Corrección

Si es necesario, deben instalarse apoyos provisionales con objeto de soportar la carga. Deben eliminarse el óxido y las escamas y el acero imprimarse y pintarse. Cuando el forro y el concreto estén dañados, las secciones deterioradas deberán eliminarse, además se colocará alrededor del pilote un anillo de diámetro suficiente con objeto de darle resistencia. Este anillo deberá prolongarse lo suficiente hacia arriba y hacia abajo del área afectada y se colocará en su interior un concreto de alta calidad y revenimiento bajo un mortero epóxico. El material deberá compactarse perfectamente para que los huecos queden completamente rellenos.

### 3. Prevención

El deterioro de los forros debe prevenirse por una protección superficial cuidadosa. Como práctica fundamental, los forros deberán pintarse y las áreas sujetas a condiciones alternativas de humedecimiento seco recibirán recubrimientos adicionales como sea necesario para prevenir la oxidación.

#### Acero

#### 1. Problemas

El deterioro en los pilotes de acero generalmente se presenta sobre el nivel del agua o del suelo, donde las condiciones de humedecimiento-seco se repiten en forma alterna. El daño por impacto también puede prevenirse donde los pilotes están cercanos a los caminos o a las vías fluviales.

### 2. Corrección

Deberán eliminarse el óxido y la corrosión por chorro de arena o con un desamador de aguja neumático y colocarse el mejor sistema de recubrimiento disponible.

Las áreas dañadas se enderezarán y las áreas deterioradas se reforzarán soldando nuevas placas de acero que se prolonguen lo suficiente hacia arriba y hacia abajo del área deteriorada para desarrollar la capacidad de soporte de la carga total del pilote. Donde el deterioro es de naturaleza menor, si se considera necesario puede utilizarse un revestimiento metálico soldado para remplazar el material.

### 3. Prevención

La mejor prevención para la mayor parte de los deterioros del acero es una pintura de buena calidad, remplazada a intervalos adecuados. Cuando se experimenta una acción corrosiva excesiva a nivel del suelo o del agua, algunas jurisdicciones han utilizado con éxito un anillo de madera. Esta conserva una humedad constante sobre el metal y parece que inhibe la oxidación.

Los guarda-rieles en el caso de pilotes cercanos a las carreteras y las defensas en el caso de las pilas en las vías fluviales, reducirán o eliminarán el daño por impacto.

#### Madera

#### 1. Problemas

Los pilotes de madera no tratada tienen relativamente una vida corta, debido a que la madera se pudre o al daño que le causa las termitas, a menos que ellos se encuentren en lugares secos o permanentemente bajo el nivel del agua. La pudrición temprana en los pilotes tratados, generalmente se debe a una práctica inadecuada, tal como no colocar un casquete metálico en la parte superior del pilote, cortas más abajo del espesor tratado para propósitos de armazón, o una madera de grado bajo y con un tratamiento preservativo inadecuado. La pudrición ocurrirá después de muchos años de servicio, pero generalmente se presentará exactamente bajo el nivel del agua o del suelo.

Los pilotes de madera, en algunas zonas, están sujetos a daños por insectos barrenadores y larvas.

### 2. Corrección

Los pilotes tratados que se están pudriendo o han sido dañados por el fuego o el impacto, en los cuales la porción abajo del terreno se encuentra sana.

pueden ser reparados sin necesidad de hincar nuevos pilotes. Después de que se ha colocado en el lugar la obra falsa necesaria, el pilote antiguo se cortará hasta una sección más abajo y fuera del área dañada. La nueva sección del pilote se cortará casi 15 cm (6") más corta que la sección original del pilote que se ha eliminado. Se colocarán placas en la parte superior del pilote en el lugar y sobre la parte inferior de la nueva sección de pilote cortada. Se soldará un perno de 1.9 cm (3/4") sobre la placa del fondo y que se prolongue más allá de la placa superior. Ajustando la tuerca de este perno, la nueva sección del pilote puede elevarse hasta asegurarla contra el cabezal del caballete. Debe tenerse cuidado de no levantar demasiado la nueva sección del pilote, que origine que el cabezal del caballete se separe del pilote adyacente. Después de haber colocado la nueva sección en su lugar, se soldarán ángulos de 6.4 mm (1/4") de espesor entre las placas en cada esquina. Se apernarán cuchillas usadas de motoconformadora al pilote de madera, o se soldará una solera de almacén al pilote de acero, prolongándolas hacia abajo, sobre el pilote original, aproximadamente 30 cm (12"). La parte superior de esto se asegurará al cabezal del caballete, utilizando lonas o cañamazo, y se colocará un bloque de 90 x 90 x 60 cm (3' x 3' x 2') de concreto compacto, como se muestra en las Figuras 8.1 y 8.2. La obra falsa puede retirarse en cualquier momento después de que se haya colado el concreto.

El método anterior no se utiliza cuando se reemplazan pilotes en los estribos (caballetes extremos), debido a que no se proporciona suficiente resistencia al momento de volteamiento producido por la fuerza del relleno contra el diafragma. Para reemplazar pilotes en un estribo, será necesario nuevamente colocar la obra falsa y recortar el pilote abajo y fuera del área podrida o dañada. Se prolongará hacia abajo un tubo de acero, de longitud suficiente, desde la parte inferior del cabezal del caballete hasta aproximadamente 60 cm (2'), ya sobre el pilote original, se recortará una longitud adecuada y se colocará alrededor del pilote. Después el tubo de acero se detendrá y se ajustará alrededor del pilote y se soldará, posteriormente se rellenará con concreto. La obra falsa puede ser retirada en ese momento.

Si el agua rodea el área, pueden ser necesarias ataguías para conservar el agua fuera del área de trabajo.

Donde no sea práctico reemplazar los pilotes como se describió anteriormente, puede empalmarse una nueva sección de pilote a la antigua, utilizando un tubo de acero o un zuncho para mantener juntas las dos cabezas extremas.

Debido al peligro de un incendio, es esencial que el área alrededor de los caballetes de pilotes y estribos sea demontada y toda la maleza y matorrales eliminados de la vecindad.

Donde los pilotes de madera estén sujetos a daños frecuentes por causa del hielo, deberán protegerse utilizando hojas de motoconformadora usadas u

otras formas de armadura. La socavación de la corriente puede bajar la línea de flujo o ampliar el cauce hasta un grado en que llegue a ser necesario un arriostamiento transversal adicional de 7.5 x 20 cm (3" x 8").

Los cabezales de caballete de madera que hayan sido deteriorados pueden reemplazarse por pilotes de carga de acero de 30 cm (12"). Se soldarán atiezadores entre los patines, directamente bajo los largueros y directamente sobre el pilote. El cabezal de acero se asegurará al pilote con una pieza de 7.5 cm (3") de solera plana doblada alrededor de la parte superior del pilote y soldada a la parte inferior del cabezal.

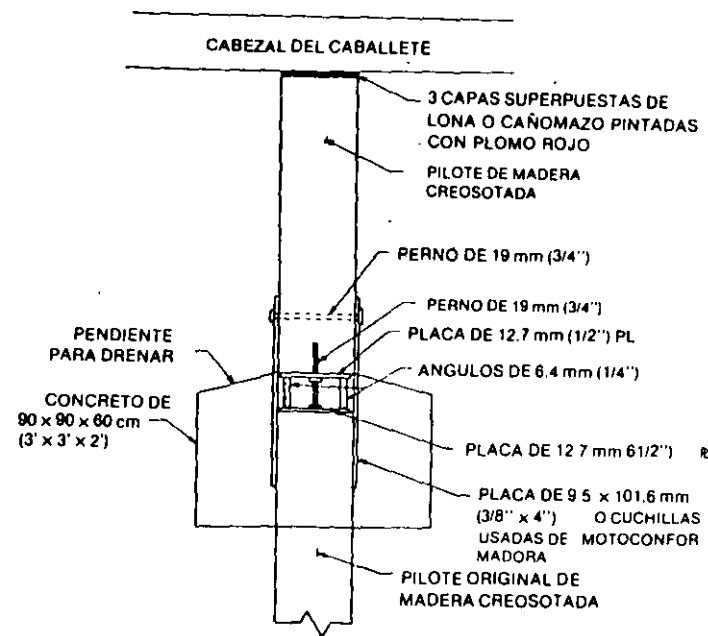


FIGURA 8.1

### 8.3.3. Cabezales y Asientos de Puente

Este elemento es la parte superior de las pilas, caballetes y estribos sobre el cual descansan los apoyos. Cualquier deterioro de esta sección pudiera resultar en asentamientos diferenciales de la superestructura y en esfuerzos que no se consideraron en el proyecto.

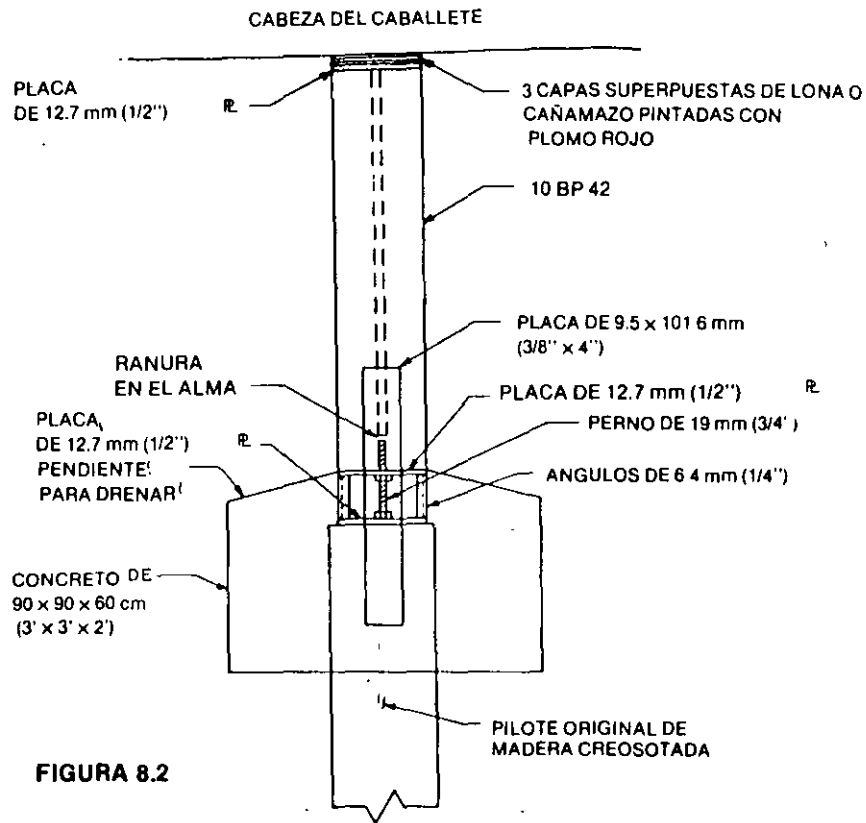


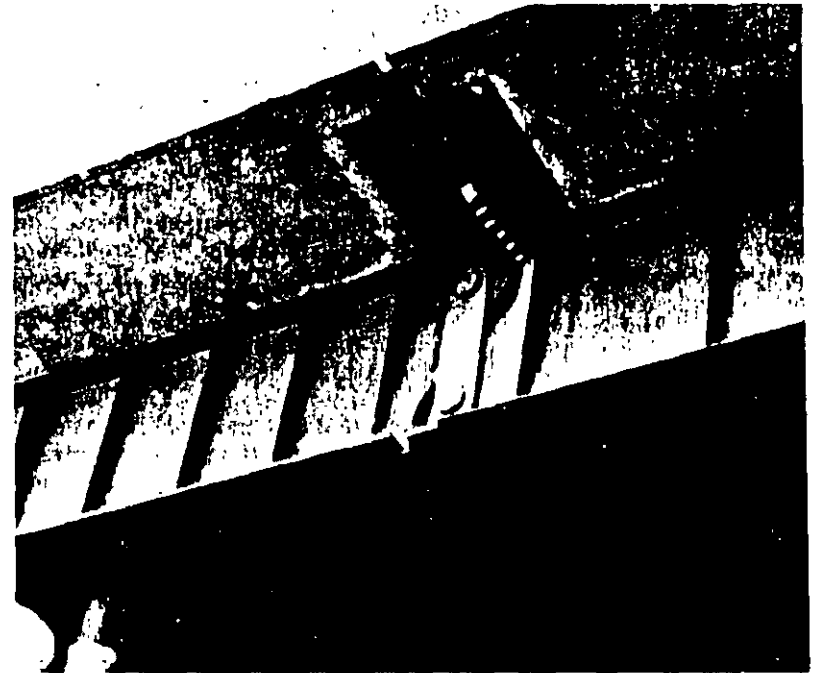
FIGURA 8.2

## A. Concreto

### 1. Problemas

El problema más común es un deterioro general de concreto. Esto puede ser resultado de un ataque químico, malos agregados, concreto pobre, daño por congelamiento y deshielo o diversas combinaciones de esto. El daño generalmente se presenta en forma de desconchamiento, descamado, reventones hacia afuera o descostramiento en las esquinas. El espesor del deterioro puede variar desde superficial hasta 20 cm (8") o más, generalmente dependiendo de cuanto tiempo ha permanecido el concreto bajo ataque.

Debido a la proximidad de las juntas con escurrimiento y a la presencia de materias extrañas y al polvo cargado de químicos, el espesor del deterioro está



totalmente propenso a ser mayor en estos puntos que en aquellos que se encuentran cercanos a cualquier otra zona de la subestructura.

### 2. Corrección

Donde el deterioro haya ocurrido bajo los apoyos, deben erigirse caballetes provisionales para que transfieran la carga de la superestructura fuera de los apoyos.

Para la corrección, consúltese Corrección (Apoyados Verticales).

### 3. Prevención

El primer paso para la prevención del daño en los asientos del puente y caballetes es el de reducir el escurrimiento de las juntas en el piso. Donde sea posible, el drenaje a través de embornales y juntas debe ser reprimido y desviado de los caballetes por tubos o placas para salpico. No se permitirá que se acumulen en estas superficies las materias extrañas o el polvo cargado de sustancias químicas. Es muy importante que estas superficies se laven anualmente después de que termine la época de las nevadas y el hielo.

Las superficies deberán recubrirse con un material que resista los efectos del agua y los químicos.

## B. Acero

### 1. Problemas

El problema que se presenta más usualmente pudiera ser el deterioro general del acero en forma de óxido. Algunos problemas pueden desarrollarse en las juntas donde el cabezal está unido al estribo, pila, pilote y apoyo, ya sea a través de agrietamiento o soldaduras o pernos o remaches flojos.

### 2. Corrección

Todo el óxido y la parte deteriorada deberá eliminarse por chorro de arena o con rebabeadoras. Cualquier pérdida de sección significativa se remplazará soldando placas. Se aplicará a la superficie un primer y el mejor revestimiento disponible. Las soldaduras fracturadas serán quitadas con cincel y sustituidas con soldadura de alta calidad. Los remaches y pasadores rotos o flojos serán eliminados y substituidos.

### 3. Prevención

Se le dará mucha atención a los programas para un estudio adecuado para prevenir cualquier problema. No se permitirá que corra el agua de las juntas y los embornales sobre esta superficie. Se utilizarán placas deflectoras y tubos para el desvío de esta agua. Deberá ejercerse un cuidado especial para asegurar que las materias extrañas y el lodo se laven de esta superficie cuando termine el periodo de invierno.

## C. Madera

### 1. Problemas

Los cabezales de madera generalmente están sujetos o pudrición, contracción, rotura o torceduras. En algunas áreas los insectos taladradores pueden ser el problema.

### 2. Corrección

Los miembros podridos deberán ser substituidos como se describió. Cualquier contracción o torcedura que resulte en un volteamiento, de tal manera que no se pueda obtener un apoyo uniforme, será corregido inmediatamente por acuña- miento, cuando sea menor o por substitución cuando sea severo.

## 3. Prevención

La mejor prevención es el uso de madera tratada y la de evitar que la madera quede sujeta a acumulación de agua, especialmente donde se localizan los pernos o en las bolsas de resina.

### 8.3.4 Sistemas de Apoyo

#### Generales

Los apoyos generalmente se utilizan para transmitir y distribuir las cargas de la superestructura a la subestructura, al mismo tiempo que permita a la superestructura realizar los movimientos necesarios sin que se generen sobreesfuerzos perjudiciales. Los apoyos son de dos tipos generales; fijos y de dilatación. La diferencia principal entre estos tipos de apoyo es que los fijos resisten la translación pero permiten la rotación de la superestructura debido a las deflexiones, mientras que los de dilatación permiten la rotación de la superestructura. Sin embargo, existe una excepción, en aquellos claros muy cortos, en que los apoyos pueden no ser proyectados para permitir la rotación de los extremos. Dependiendo de los requerimientos estructurales, los apoyos pueden o no ser diseñados para resistir elevación vertical.

Se utilizan en la construcción de puentes un gran número de formas diferentes de dispositivos de apoyo fijo y de dilatación. La mayoría de los apoyos se construyen de acero, neopreno, PFTE (teflón), bronce, o una combinación de estos materiales. Las partes metálicas expuestas de estos apoyos son generalmente protegidas de los efectos del deterioro de los elementos por una pintura o un sistema de galvanizado. Además, los otros elementos de puentes son generalmente diseñados para minimizar la acumulación de materiales extraños y la acumulación de agua en o cerca de los apoyos.

A. Placas para Mampostería: Muchos sistemas de apoyo incorporan el uso de placas para mampostería para distribuir las cargas verticales a la subestructura del puente. Las placas para mampostería son generalmente construidas de acero y son usualmente fijadas a la subestructura utilizando pernos de anclaje de acero. Algunas veces, las placas retenedoras de acero se fijan a las placas para mampostería para conservar otras partes del sistema de apoyo en sus alineamiento horizontal.

### 1. Problemas

- Acumulación de Materias Extrañas.
- Pérdida del Sistema de Protección, tal como la pintura o el galvanizado.
- Corrosión y delaminación del acero debido a la acción corrosiva.

- d. Corte y/o corrosión de los pernos de anclaje, placas retenedoras, etc.
- e. Desintegración y/o deterioro del material, bajo o inmediatamente adyacente al apoyo.
- f. Placa para mampostería movida de su posición original o inclinada.

## 2. Corrección

- a1. Limpieza frecuente de polvo y materia extraña.
- b1. Limpieza y reparación o reposición del sistema de protección de acuerdo con procedimientos aceptados de pintura o galvanizado.
- c1. Limpieza y reparación o reposición del sistema de protección de acuerdo con procedimientos aceptados de pintura o galvanizado ó C2.
- c2. Si la corrosión es lo suficientemente severa que impida el funcionamiento apropiado del apoyo, las placas para mampostería deben ser remplazadas. Este procedimiento puede requerir el uso de un sistema de apoyo provisional adecuadamente diseñado.
- d1. Remplace los elementos cortados y/o fuertemente corroidos como pernos de anclaje, placas retenedoras, etc. Si estos elementos han sido cortados, se notificará a las personas adecuadas para que puedan investigar la causa de las fuerzas cortantes. Dependiendo de qué fue lo que causó la acción de corte y si la condición es progresiva, se tomará la decisión de otra acción correctiva.
- e1. Elimine el material defectuoso bajo y alrededor del apoyo y replácelo con un material nuevo. Este procedimiento requerirá un sistema de apoyo provisional adecuadamente diseñado.
- f1. No se iniciará inmediatamente el trabajo de corrección, a menos de que exista el peligro de un colapso inminente.

Se notificará a las personas apropiadas y ellas harán un estudio de la condición, el cual podría incluir la causa probable de la situación. Estas palabras podrían entonces recomendar un procedimiento de reparación dependiendo de lo que hayan investigado. Si existe el peligro de un colapso inmediato del elemento, el cual pudiera resultar en un daño serio a la estructura, o la condición se considera como un riesgo para la seguridad, la parte del puente que está soportando el apoyo deberá ser inmediatamente apuntalada para tomar la carga en el caso de que el apoyo fallara.

## 3. Prevención

- a1. Tener un programa para limpiar de polvo y materias extrañas los asientos del puente y los apoyos, a intervalos frecuentes y regulares.

a2. Tener un programa adecuado para conservación de las juntas del piso que se diseñaron para ser impermeables, pero que no funcionan adecuadamente y permiten que la humedad y las materias extrañas penetren a las áreas de apoyo. Será también considerado en este programa el mantenimiento de los canales de drenaje bajo las juntas abiertas y otros elementos de puente, proyectados para prevenir que la humedad y las materias extrañas se depositan en las áreas de apoyo.

a3. A las superficies se les dará una pendiente de 1:12 (1" por pie) para permitir un drenaje apropiado de las superficies cercanas a los apoyos.

b1. Se tendrá un programa de limpieza como se describe en a1.

b2. Se tendrá un programa de conservación de juntas de piso como se describe en a2.

b3. Se tendrá un programa para limpieza y reparación o reemplazo de los sistemas de protección a intervalos regulares, de acuerdo con los procedimientos aceptados de pintura o galvanizado.

b4. Proyecte los lavados adecuados como se describió en a2.

c1. Tenga un programa de limpieza como se describió en a1.

c2. Tenga un programa para mantenimiento de juntas de piso como se describió en a2.

c3. Tenga un programa para mantenimiento del sistema de protección como se describió en b3.

c4. Proyecte los lavados adecuados como se describió en a3.

d1. Tenga un programa de limpieza como se describió en a1.

d2. Tenga un programa de mantenimiento de juntas de piso como se describió en a2.

d3. Tenga un programa de conservación del sistema de protección como se describió en b3.

d4. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.

d5. Construya un pavimento de acceso que libere de presión a las juntas, si se considera apropiado.

e1. Tenga un programa de limpieza como se describió en a1.

e2. Tenga un programa de conservación de las juntas del piso como se describió en a2.

e3. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.

f1. Construya juntas liberadas de presión, si son apropiadas.

**B. Apoyos de Dilatación con Rodillos:** Los apoyos de dilatación con rodillos son utilizados para transferir las cargas verticales y para permitir los movimientos de rotación y translación de la superestructura, en longitudes de claros de puentes moderadas. Este tipo de apoyo generalmente incorpora el uso de placas para mampostería y usualmente se construye de acero estructural.

Con los apoyos de dilatación con rodillos, se permite la translación de la superestructura por la acción de rodamiento de un rodillo o una combinación de rodillos. Dependiendo de la forma del apoyo, puede permitirse la rotación de la superestructura por la acción de rodamiento del rodillo(s) o por la rotación alrededor de un pasador de apoyo. El rodillo(s) de estos apoyos no pueden ser fácilmente visibles sin desarmar parte del apoyo.

## 1. Problemas

a. Acumulación de materias extrañas.

b. Pérdida del sistema de protección, tal como pintura o galvanizado.

c. Corrosión o delaminación del acero debida a la acción corrosiva.

d. Corte y/o corrosión de pernos de anclaje, placas de retención, etc.

e. Desintegración y/o deterioro del material, bajo, o inmediatamente adyacente al apoyo.

f. Mala posición del apoyo en forma de una sobre extensión hacia el borde de afuera de la placa para mampostería, inclinación del apoyo, desalineado transversal, etc.

g. Agrietamiento por esfuerzo en el acero estructural.

h. Apoyo inutilizado para el movimiento adecuado, debido a la corrosión, acumulación de materias extrañas, etc.

## 2. Corrección

a1. Limpie las materias extrañas,

b1. Limpie y repare o reemplace el sistema de protección de acuerdo con procedimientos aceptados de pintura o galvanizado.

c1. Limpie y repare o reemplace el sistema de protección de acuerdo con procedimientos aceptados de pintura o galvanizado ó C2.

c2. Si la corrosión es lo suficientemente severa que impida el funcionamiento adecuado del apoyo, puede ser necesario el remplazo de éste. Este procedimiento requerirá el uso de un sistema provisional de apoyo diseñado adecuadamente.

d1. Reemplace los pernos de anclaje, placas de retención, etc., cortados y/o fuertemente corroidos. Si los pernos y las placas, etc. han sido cortados, se notificará a las personas idóneas y ellos realizarán una investigación sobre la causa de las fuerzas cortantes. Dependiendo de que haya causado la acción de corte y si esta condición es progresiva, se tomará la decisión de otra acción correctiva.

e1. Elimine el material defectuoso bajo y alrededor del apoyo y reemplace con material nuevo. Este procedimiento requerirá de un sistema de apoyo provisional adecuadamente diseñado.

f1. Cuando se observe un movimiento y/o una colocación del apoyo no usual se notificará al personal apropiado y ellos realizarán una investigación de la causa de esta situación. Dependiendo de la causa y de la severidad de la situación, estas personas recomendarán una línea de acción adecuada. Esta acción pudiera variar desde no hacer nada, hasta complementar el remplazo del apoyo con otro trabajo.

g1. No se procederá a una acción correctiva inmediata a menos que haya peligro de un colapso inmediato. Se notificará al personal adecuado y ellos realizarán un estudio de la condición, el cual pudiera incluir la causa probable de la situación. Estas personas recomendarán entonces un procedimiento de reparación dependiendo de sus investigaciones. Si existe peligro de un colapso inmediato del elemento, el cual pudiera resultar en un daño serio para la estructura, o la condición se considera como peligrosa para la seguridad, la parte del puente que está siendo soportada por el apoyo será apuntalada inmediatamente para tomar la carga en caso de que el apoyo fallara.

h1. Despeje el apoyo y el área a su alrededor. Repare o reemplacé el sistema de protección como se describió en b1. Lubrique el apoyo, si es adecuado. Para la lubricación de éste puede requerirse un sistema de apoyo provisional diseñado apropiadamente.



### 3. Prevención

a1. Tenga un programa para la limpieza de escombros en los asientos del puente y los apoyos, a intervalos regulares.

a2. Tenga un programa para una conservación adecuada de las juntas del piso que fueron proyectadas para ser selladas, pero que no están funcionando apropiadamente y permiten que la humedad y las materias extrañas caigan a las áreas de apoyo. En este programa también se incluirá la conservación de los canales de bajo las juntas abiertas y de otros elementos del puente, diseñados para prevenir que la humedad y las materias extrañas se depositen en las áreas de apoyo.

a3. A la superficie se le dará una inclinación aproximada de 1:12 (1" por 1'), para permitir el drenaje apropiado de las superficies cercanas a los apoyos.

b1. Tener un programa de limpieza como se describió en a1.

b2. Tener un programa de mantenimiento de juntas, como se describió en a2.

b3. Tener un programa para limpieza y reparación o remplazo de los sistemas de protección, a intervalos regulares y de acuerdo a procedimientos aceptados para pintura o galvanizado.

b4. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.

c1. Tenga un programa de limpieza como se describió en a1.

c2. Tenga un programa de mantenimiento de juntas como se describió en a2.

c3. Tenga un programa de conservación del sistema de protección como se describió en b3.

c4. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.

d1. Tenga un programa de limpieza como se describió en a1.

d2. Tenga un programa de conservación de juntas como se describió en a2.

d3. Tenga un programa de mantenimiento del sistema de protección como se describió en b3.

d4. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.

d5. Construya un pavimento de acceso con juntas libres de presión, si se considera apropiado.

e1. Tenga un programa de limpieza como se describió en a1.

e2. Tenga un programa de conservación de juntas como se describió en a2.

e3. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.

f1. Construya un pavimento de acceso con juntas libres de presión, si se considera apropiado.

g1. Construya un pavimento de acceso con juntas libres de presión, si se considera apropiado.

h1. Tenga un programa de limpieza como se describió en a1.

h2. Tenga un programa de mantenimiento de juntas como se describió en c2.

h3. Tenga un programa de conservación del sistema de protección como se describió en b3.

h4. Tenga un programa para la lubricación rutinaria de las áreas apropiadas de los apoyos.

C. Apoyos Fijos de Acero: Los apoyos fijos de acero se utilizan para transferir cargas verticales a la subestructura y restringen a la superestructura de traslación longitudinal. Excepto en tramos de muy corta longitud, el apoyo fijo es generalmente proyectado para permitir la rotación de la superestructura. Esta rotación puede ser tomada en cuenta por el uso de rodillo(s), pasadores de apoyo, placas curvas o cualquier otro de los numerosos dispositivos que se ilustran en los croquis que se acompañan. Los apoyos fijos de acero generalmente incorporan el uso de placas para mampostería las cuales son frecuentemente soldadas a un componente principal del arroyo. El tipo específico de apoyo fijo de acero, utilizado para un puente específico, se determina por la magnitud de la carga vertical que va a ser transferida y la cantidad de rotación prevista.

#### 1. Problemas

Los mismos que para Apoyos de Dilatación con Rodillos, excepto que "f" se cambia a "Mala colocación del apoyo en forma de movimiento transversal o longitudinal, inclinación del apoyo, etc."

#### 2. Corrección, Prevención

Véase Apoyos de Dilatación con Rodillos.

**D. Apoyos de Dilatación con Mecedora:** Los apoyos de dilatación con mecedora se utilizan cuando se espera una carga vertical fuerte, una cantidad fuerte de traslación de la superestructura o una combinación de las dos. Esta condición generalmente ocurre en tramos de puente relativamente largos.

Este tipo de apoyo se construye de acero e incorpora el uso de placas para mampostería.

#### 1. Problemas, Correcciones, Prevención

Véase Apoyos de Dilatación con Rodillos.

**E. Apoyos Deslizantes:** Los apoyos deslizantes se utilizan en diversas longitudes de claro de puentes. Este tipo de apoyo se basa en la acción de una placa deslizante sobre otra para permitir la traslación de la superestructura. Dependiendo de la cantidad que se espera de rotación de la superestructura, estos apoyos pueden proyectarse o no para permitir la rotación de la superestructura.

La mayoría de estos apoyos se construye de acero. Sin embargo, se ha incorporado un poco el uso de PFTE (teflón), bronce u otro material para reducir la fricción contra el deslizamiento. Estos apoyos para deslizamientos más complicados no serán considerados en este manual debido a que su construcción varía considerablemente y su uso será dentro de poco muy limitado.

#### 1. Problemas, Correcciones, Prevenciones

Véase Apoyos de Dilatación con Rodillos.

**F. Apoyos de Cilindro-Apoyos de Dilatación de Cilindro:** Los apoyos de cilindro se utilizan generalmente cuando existe una reacción vertical grande y se espera un valor fuerte de traslación en dos direcciones o una combinación de los dos. El apoyo fijo de cilindro está construido de un cilindro de acero al carbón el cual confina y sella un elastómero, de una manera similar al aceite que se confina y sella en un cilindro hidráulico. Debido a la relativamente alta presión, el elastómero es capaz de desplazarse como un fluido hidráulico y permitir la rotación y/o la inclinación del pistón.

Los apoyos de dilatación de cilindro son similares en su construcción a los del tipo fijo, excepto que ellos también incorporan el uso de placas deslizantes (generalmente TFE, teflón y placas de acero inoxidable) para permitir la traslación de la superestructura.

#### 1. Problemas

##### a. Acumulación de materias extrañas

b. Pérdida del sistema de protección, tal como el sistema de pintura o de galvanizado.

c. Corrosión y delaminación del acero debido a la acción corrosiva.

d. Pernos de anclaje cortados y/o corroídos.

e. Desintegración y/o deterioro del material bajo el inmediatamente adyacente al apoyo.

f. Mala colocación del apoyo en forma de inclinación, desalineado transversal, etc.

g. Comprensión no uniforme a través del apoyo.

h. Fluido del sello del pistón. (Fluido del neopreno u otro material)

i. Agrietamiento o cuarteadura del pistón o del cilindro.

Apoyo de Dilatación de Cilindro únicamente.

j. Falta de la adherencia entre PFTE (teflón) y la capa inferior.

k. Falta de la adherencia entre el acero inoxidable y la placa de asiento.

l. Cortes u otro deterioro del PFTE (teflón).

m. Deterioro de la placa de acero inoxidable.

#### 2. Corrección (Apoyos de Cilindro)

Acuda a a1, b1, c1, c2, d1, e1, f1 en —Corrección (Apoyos de Dilatación con Rodillos).

Para los problemas g a m, acuda a g1 en —Corrección (Apoyos de Dilatación con Rodillos).

#### 3. Prevención (Apoyos de Cilindro)

Acuda al a1, a2, a3, b1, b2, b3, b4, c1, c2, c3, c4, d1, d2, d3, d4, e1, e2, e3, f1, en —Prevención (Apoyos de Dilatación con Rodillos).

Para problemas de g a m, no existen otros programas adecuados de mantenimiento preventivo que conserven el apoyo normalmente seco y limpio, y si es necesario, la construcción de juntas relevadas de presión.

**G. Apoyos Elastoméricos:** Los apoyos elastoméricos son generalmente utilizados en concreto presforzado o traveses de acero curvas, de longitudes de claro cortas y moderadas. Estos apoyos están contruidos de neopreno y acero al carbono moldeados en una masa sólida libre de vacíos. Los apoyos de dilatación elastoméricos son diseñados para adaptarse a los movimientos horizontal y vertical por deformación del mismo apoyo. El apoyo elastomérico fijo está generalmente restringido contra el movimiento horizontal por el uso de barras de anclaje que se prolongan desde la superestructura a través del apoyo dentro de la subestructura. Los apoyos elastoméricos pueden incluir el uso de placas de carga en las caras superior e inferior del apoyo para fijarlo en su posición y ayudarlo en la distribución de las cargas.

### 1. Problemas

a. Acumulación de materias extrañas.

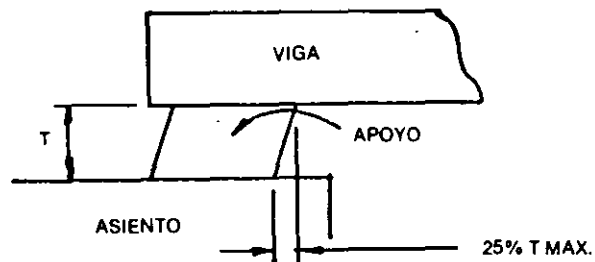
b. Desintegración y/o deterioro del material bajo, o inmediatamente adyacente al apoyo.

c. Corte excesivo (delizamiento), el cual generalmente puede ser considerado como un desplazamiento longitudinal cuando sobrepasa el 25% de la altura del apoyo.

d. Compresión no uniforme en las cuatro esquinas del apoyo o torcimiento del apoyo.

### 2. Corrección

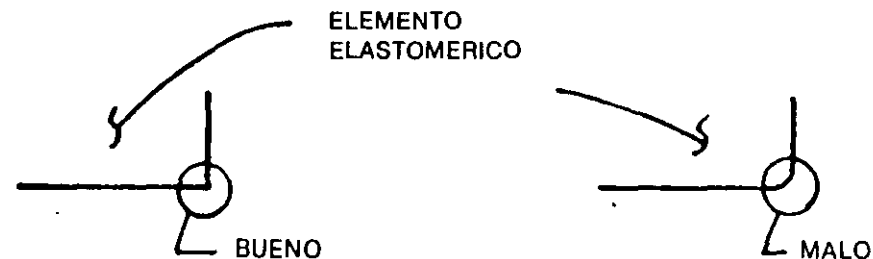
a1. Limpieza de materias extrañas



e. Agrietamiento por ozono o cortes en el apoyo.

f. Falla de la adherencia entre el elemento elastomérico y las placas de carga superior o inferior.

g. Redondeado de las aristas del elemento elastomérico debido al desgaste (generalmente si no se utilizan las placas de carga).



### 2. Corrección

a1. Elimine el material defectuoso abajo y alrededor del apoyo y sustitúyalo con material nuevo. Este procedimiento pudiera requerir el uso de un sistema de apoyo provisional, adecuadamente diseñado.

b1. g1. Acuda a g1. en Corrección (Apoyos de Dilatación con Rodillos).

### 3. Prevención

a1. a a3. Acuda de a1. hasta a3. en Prevención (Apoyos de Dilatación con Rodillos).

b1. Acuda de a1 hasta a3. en Prevención (Apoyos de dilatación con Rodillos).

c.-g. No existen otros programas adecuados de mantenimiento preventivo para estos problemas, que conservar los apoyos generalmente secos y limpios y si es necesario, la construcción de juntas libres de presión.

**H. Apoyos de Pasador y de péndola:** Los apoyos de placas con péndola y pasador son un tipo diferente de apoyo.

## 1. Problema

La oxidación entre las placas es muy difícil de detectar a menos que se desmonte el apoyo.

## 2. Prevención

La prevención es importante mientras no se pueda pintar entre las placas. Un proyecto adecuado es la única solución.

Si las juntas llegan a trabarse, esto, de hecho, fija el tramo. Por lo cual la juntas deben conservarse limpias si se va a prevenir la falla.

## CAPITULO 9.0.0 LECHO Y MARGENES

195

### 9.3.0 Nomenclatura

195

#### 9.3.1 Erosión, Remoción de Depósito y Escombros y Agolpamiento de Hielos.

196

##### A Erosión

196

##### 1. Control y Prevención

196

##### 2. Corrección

202

##### B. Remoción de Depósitos y Escombros

203

##### 1. Control y Prevención

203

##### 2. Corrección

204

##### C. Agolpamiento de Hielos

205

##### 1. Control y Prevención

205

##### 2. Corrección

206



## CAPITULO 9.0.0 LECHO Y MARGENES

### 9.3.0 Nomenclatura

Una estructura es tan estable como la cimentación en que descansa. Muchos ríos tienen una 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 del puente. Los cauces aluviales, en particular, tienen tendencia a cambiar su localización (divagar), lo cual casi siempre resulta en efectos adversos de socavación sobre las cimentaciones de los puentes. En los casos en los que el agua arrastra escombros en abundancia, frecuentemente se tiene como resultado el bloqueo del cauce, ocasionando daños a las superestructuras de los puentes, así como a sus cimentaciones, especialmente cuando se presentan corrientes extraordinarias o no comunes. Aun cuando otros tipos de daños estructurales son más aparentes y espectaculares, esta fase del mantenimiento estructural concerniente a los lechos y las márgenes es igualmente importante.

Como la mayoría de las corrientes están en un estado constante de cambio, generalmente es imposible mantener su morfología y una condición de invariabilidad. El proyectista, por lo tanto, deberá considerar estas inestabilidades y anticipar sus efectos, incluyendo en el proyecto provisiones para medidas prácticas de corrección, con objeto de adaptarse a los cambios adversos probables.

Es difícil dar una solución efectiva a un lecho de una corriente o al problema de un río. Los asentamientos de las cimentaciones, la socavación local, la erosión de las márgenes y la degradación de los cauces son problemas complejos y no pueden ser resultados por uno o dos métodos prescritos. Un geólogo, un ingeniero hidráulico y un ingeniero en estructuras, son necesarios para una consulta antes de emprender la solución de un problema de mantenimiento difícil. En algunos casos, cierto trabajo correctivo pudiera ser en realidad perjudicial a la estructura.

En los párrafos siguientes se indican soluciones a los problemas de los lechos de las corrientes y de las márgenes que pudieran estar efectivamente bajo ciertas condiciones. Es importante que se consulten expertos competentes en cada problema mayor.

### 9.3.1 Erosión, Remoción de Depósitos y Escombros y Agolpamiento de Hielos.

#### A. Erosión

La condición más destructiva ocurre cuando difieren la orientación de las pilas o de los cimientos y la dirección de la corriente. El debilitamiento de la pila y el subsecuente asentamiento pueden dar como resultado un daño estructural serio al puente. La erosión también puede dar como resultado la reducción de la estabilidad de la pila, por fricción, al cambiar alguno de los materiales del área de fricción. En algunos casos, los pilotes de apoyo cimentados en un lecho resistente, pueden también perder alguna estabilidad debido a la socavación.

La erosión también es originada por una contracción del flujo en el sitio del puente, la geometría del meandro de la corriente, el material del lecho de la corriente, el material de la margen, así como el tamaño de las pilas.

Rigurosamente, un cauce mal alineado con la estructura, frecuentemente atribuido a un diseño inapropiado, en realidad puede ser el resultado de cambios en la morfología del cauce lo que hace el diseño inapropiado o inefectivo en ese tiempo. Estos cambios pueden haber resultado de circunstancias conectadas con una avenida particular que ha originado una gran descarga y que moviéndose a alta velocidad actúa sobre el lecho de la corriente, llevando a gran distancia grandes cantidades de material, bajando así la elevación del fondo de la corriente.

La erosión es un proceso que depende del tiempo, el cual está fuertemente influenciado por la naturaleza variable del flujo de la corriente. Los efectos de la erosión son particularmente evidentes después de que se han experimentado crecientes extraordinarias y no comunes. Muchos factores complejos interactúan para causar desgaste en los lechos y márgenes, desviando el alineamiento y cambiando el perfil. Por esto, debe obtenerse asesoría experta antes de intentar corregir un problema serio de erosión.

#### 1. Control y Prevención

Se utilizan muchos métodos diferentes para controlar y prevenir la erosión. Los métodos descritos en este manual representan únicamente parte de estas variantes, desde el simplista que puede no tener éxito en algunas corrientes aluviales, hasta el más costoso. Es recomendable que se obtenga la asesoría experta para determinar el método que será utilizado.

La erosión puede ser controlada utilizando roca o piedra en la protección del talud, roca con lechada, tablaestacas entrelazadas, retardamiento con pilotes, tetraedros, roca encerrada en alambre, concreto quebrado, etc. El tipo de protección deberá ser compatible con la localización y la rugosidad natural de la

margen y otras consideraciones del sitio, haciendo uso del material local cuando sea posible. La velocidad del flujo, el material del lugar y la dirección de la corriente, son factores decisivos en la selección de los materiales.

Para la prevención o limitación de la socavación, el ingeniero deberá hacer un análisis de la socavación en el sitio para evaluar la situación antes de intentar cualquier acción correctiva. Existe la posibilidad de que el daño fuera causado por una creciente mucho mayor que el resultado del cálculo. En este caso, la única acción correctiva justificada puede ser reformar la estructura a su configuración original, previendo que no ha ocurrido una modificación del cauce significativa o está prevista.

Durante las crecientes, la erosión de las márgenes se ha controlado con medidas de emergencia, tales como un relleno de roca o bolsas de arena. Cuando termine la emergencia, el sitio deberá ser inspeccionado y deberán tomarse medidas permanentes adicionales, si las condiciones lo justifican.

La colocación de piedras pesadas en los puntos de socavación potencial puede originar condiciones de socavación menor. En casos más serios, se hincarán tablaestacas hasta una profundidad donde exista roca o condiciones de suelo no erosionable.

"En el momento en que se construya un puente nuevo, si existen indicaciones de que el cauce es inestable, o éste pasa bajo el puente formando un cierto ángulo, es buena práctica colocar un revestimiento de piedra o roca con lechada en los terraplenes, alrededor de los extremos del puente o construir con roca las partes más bajas de los terraplenes de acceso, teniendo cuidado de hacer una "base de roca" y de rellenar los huecos en ésta con suelo o tamaños menores de roca. Este método de protección es totalmente satisfactorio para la contención de los cauces de muchas corrientes.

"En otras corrientes es muchas veces necesario controlar la posición de la corriente bajo el puente a fin de asegurar en su lugar el cauce bajo el puente. Si el cauce aguas arriba se ha llegado a desviar y muestra una tendencia a cortar un nuevo curso, una solución satisfactoria ha sido excavar un canal piloto para enderezar el curso de la corriente y bloquear en algún punto el cauce antiguo para forzar el agua a través del canal piloto. Los cambios del cauce, sin embargo, son frecuentemente de duración temporal y la condición de formación de meandros puede volver a ocurrir en pocos años.

"En un esfuerzo por disminuir la formación de meandros, es algunas veces deseable estabilizar la línea de margen dando talud y recubriendo la margen con roca pesada. Donde la margen está formada de suelo arenoso, es necesario colocar un emparrillado de madera, hecho de árboles, de 7.5 cm (3") a 15 cm (6") de diámetro, bajo la roca para prevenir que a corriente la socave. Algunas már-

genes de los cauces han sido adecuadamente estabilizadas plantando sauces a lo largo de la línea de nivel de agua".<sup>1</sup>

Aun cuando se construyan diques que desvíen el agua fuera del terraplén o estribo del puente, ellos pueden causar daño por erosión en las propiedades adyacentes si no se diseñan o construyen adecuadamente. Los diques, sin embargo, pueden preverse para evitar los efectos adversos que pueden resultar cuando las direcciones del flujo de la creciente se cambian bruscamente. Los diques correctamente diseñados y construidos son útiles en el control de la erosión y se recomienda su uso cuando las condiciones lo justifiquen.

Uno de los sistemas más comunes utilizados para revestimiento y como deflectores son los gaviones. Los gaviones son canastas de malla de alambre rellenas con pedruzcos o grava gruesa. Una versión afinada de los gaviones es conocida como colchón de Reno. (Los gaviones y los colchones de Reno son artículos patentados).

Las consideraciones siguientes forman parte de la decisión de utilizar o no los gaviones:

- (1) Los gaviones requieren una gran cantidad de mano de obra;
- (2) Son difíciles de colocar en agua más profunda de 60 cm (dos pies),
- (3) Se investigará la posibilidad de obtener piedra conveniente con tamaño de 10 cm (4") a 30 cm (12"), que tenga un máximo de 10% de pérdida después de 10 ciclos en la prueba de sanidad de sulfato de magnesio), y
- (4) Donde los gaviones quedarán expuestos a corrosión o gases y efluentes industriales, las canastas se construirán de alambre revestido de plástico.

Los revestimientos también se construirán de piedra en seco o a hueso y concreto en costales. La piedra seca consiste de piedras individuales, que pesan cada una 45 kg (100 libras) o más, colocadas en un solo lecho sobre la superficie que se va a proteger. Las piedras de concreto en costales consisten en bolsas o costales rellenos de concreto y colocados sobre un talud, en contacto unos con otros. Para proporcionar continuidad y mayor resistencia se colocan barras de trabazón a través de los sacos adyacentes antes de que el concreto haya fraguado.

Los dos tipos de recubrimientos citados anteriormente consisten de partículas de aproximadamente el mismo tamaño, colocadas lo más cerca po-

sible de la siguiente, en un solo lecho relativamente delgado. El movimiento de cualquier elemento fuera de su sitio expone al material subyacente a la fuerza erosiva del agua y puede iniciar una falla progresiva.

En el uso de las revestimientos con piedra a hueso y concreto en bolsas, los mejores resultados se obtienen cuando se cumplen las condiciones siguientes:

- (1) Se anticipan los posibles asentamientos o los movimientos laterales de los suelos de cimentación y los recubrimientos se diseñan de acuerdo a ello.
- (2) Las condiciones de la nieve en invierno y en primavera no son severas
- (3) El recubrimiento de piedra seca es colocado sobre un lecho de estratificación de 15 cm (6"), y
- (4) Se proporciona una protección contra la erosión en el extremo aguas abajo del revestimiento.

Durante las crecientes de la corriente, o en cauces con pendientes escalonadas, el agua que abandona un canal con un revestimiento liso, tiene suficiente energía para socavar un hoyo grande en la boca de salida. Por lo tanto, la protección deberá ser considerada en esta zona, (por lo menos) para prevenir daño al revestimiento. Se requiere una protección adicional si se desea evitar por completo la aparición de un pozo por socavación aguas abajo del revestimiento. La protección puede consistir en:

- (1) Un dentellón que prevenga el pozo a causa de la socavación en el desfogue,
- (2) Un zampeado de protección que prevenga la erosión de los materiales subyacentes y así evitar el desarrollo de un pozo de socavación,
- (3) Un dispositivo disipador de energía que reduzca la velocidad a un valor que no cause erosión, o
- (4) Una combinación de (1), (2) y (3)

Asimismo, la erosión puede ocurrir en los extremos aguas arriba y aguas abajo del revestimiento debido a corrientes de remolino. La protección del terraplén en el extremo de aguas arriba se proporcionará basándose en el criterio y la experiencia. La protección se prolongará verticalmente sobre el nivel de proyecto de aguas altas una distancia pequeña, para proporcionar protección de los diferentes efectos de la acción de oleaje y sobrepasamiento.

El espesor de la sección de piedra a volteo en el extremo del revestimiento será igual a o mayor que los valores dados en la siguiente tabla.

<sup>1</sup> Manual de Mantenimiento de Puentes de la Comisión de Caminos del Estado de Missouri.

Revestimiento	Espesor
Relleno de piedra (fino)	30 cm (12")
Relleno de piedra (ligero)	45 cm (18")
Relleno de piedra (medio)	60 cm (24")
Relleno de piedra (grosso)	90 cm (36")

En algunos casos, puede ser necesario un disipador de energía en desfogue de una alcantarilla porque la protección de erosión por medio de un zampeado con piedra a volteo podría requerir piedra de tamaño excesivo. En otros casos, un depósito de amortiguación o un disipador de energía pueden ser más económicos que un zampeado. Las referencias siguientes pueden utilizarse como un apoyo en el proyecto de disipadores de energía y depósitos de amortiguación:

1. Engineering Monograph No. 25, "Hydraulic Design on Stilling Basins and Energy Dissipators," U.S. Dept. of Interior, Bureau of Reclamation, 1963.

2. MacDonald, TC. "Energy Dissipators for Large Culverts," American Society of Civil Engineers, Journal of the Hydraulics Division, Vol. 95, No. HY6, pp. 1941-1958, November 1969.

3. Thorson et al., "Design Criteria for Controlled Scour and Energy Dissipation at Culvert Outlets Using Rock and a Sill," HRB Annual Meeting, January 1971.

La reparación de un daño menor y la reparación de emergencia de un daño mayor generalmente implica la colocación de un material resistente a la erosión. Por ejemplo, este tipo de mantenimiento es a menudo requerido en lugares donde un recubrimiento de protección o un espolón han sido dañados por socavación.

Aun cuando el material resistente a la erosión utilizado, debería generalmente ser piedra, puede consistir de otro material pesado, tal como cascajo, concreto fragmentado, etc. Cuando únicamente se requiere protección temporal, la sanidad de la piedra no es importante, y puede utilizarse piedra que de otra manera pudiera considerarse inadecuada. La construcción de revestimientos rígidos y pulidos, tales como concreto de cemento Portland pudiera generalmente estar fuera del alcance de las operaciones de mantenimiento. Su uso debería ser también evitado debido a su tendencia a incrementar la velocidad de la corriente, con lo cual se promueve la socavación aguas abajo, y debido a su susceptibilidad a dañarse por los movimientos de la cimentación o su debilitamiento. La falla de las cubiertas protectoras es rara vez resultado de un tamaño inadecuado de las partículas que componen la cubierta. Por lo tanto, puede ser utilizado un material consistente de partículas de igual o mayor tamaño que el utilizado en el revestimiento original para corregir una falla. Sin embargo, un análisis puede indicar que la falla ocurrió debido al tamaño inadecuado de las partículas. El tamaño requerido y el peso de las partículas de roca (o concreto) para resistir la erosión del flujo de la corriente en las zonas de puente es difícil

de determinar debido a la turbulencia frecuentemente asociada con el flujo a través de los claros del puente.

La tabla siguiente proporciona una guía tosca para seleccionar un tamaño adecuado de piedra en los cruces de puente:

MAYOR A $2.13 \frac{m}{seg}$ (7 fps)	15 cm (6")
$2.13 - 3.04 \frac{m}{seg}$ (7-10 fps)	45.4 kg (100 lbs)
$3.05 - 4.57 \frac{m}{seg}$ (10-15 fps)	+ 272.4 kg (600 lbs)

Quando se utilice esta tabla, la velocidad promedio será determinada dividiendo la descarga para el flujo de proyecto entre la abertura del área de desagüe del puente correspondiente al flujo de proyecto. La velocidad de una corriente en las más bajas aguas es mucho menor que durante una creciente y no debe ser utilizada para seleccionar el tamaño requerido de la piedra para un revestimiento de protección. Para mejores resultados, la piedra debe estar bien graduada, de tal manera que los fragmentos de roca menores llenen los espacios entre los fragmentos mayores. El espesor de la capa de protección debe ser igual a aquel de la piedra más grande utilizada. Esto resultará en un recubrimiento, el cual es mayor que un espesor de piedra y por lo tanto capaz de ajustarse a un asentamiento o a menor socavación.

Deberán ser colocados, sin cohesión, suelos arenosos finos, un lecho de grava, piedra quebrada, o una tela de filtro de plástico, entre el suelo y el revestimiento de piedra para prevenir el deslavado del suelo subyacente.

La falla de los revestimientos de protección generalmente resulta de un dentellón inadecuado o de una insuficiente prolongación lateral. En cualquier caso, la socavación debilita el revestimiento, el cual empieza a deslizar delante del pozo de socavación. Cuando se repara un revestimiento debilitado en su dentellón, la protección se continuará cuando menos 1.50 m (5 pies) hacia afuera del dentellón, (3.05 m (10 pies) donde el flujo del agua choca directamente sobre el lugar en cuestión o donde ocurra turbulencia severa). El tamaño de la piedra para el dentellón deberá ser el mismo que para el resto del recubrimiento, pero el espesor de la capa será incrementado en un 50%. Cuando ocurre socavación, las piedras del dentellón de protección deslizan dentro del pozo de socavación y tienden a impedir que el pozo se expanda hacia la margen y la debilite.

Si el revestimiento de protección ha sido debilitado en el extremo, se proporcionará una protección sólida en el área donde haya ocurrido el daño. Como una alternativa, una zanja que tenga una profundidad y un ancho de casi dos veces



el espesor del revestimiento puede ser excavada en el extremo del revestimiento y rellenada con piedra.

Donde sean visibles pozos de socavación adyacentes a los estribos y las pilas, el mejor tratamiento consiste en revestir el lado del pozo que está localizado más cercano al estribo o la pila, con fragmentos de roca de un tamaño de acuerdo con la tabla que se muestra arriba. Sin embargo, esto puede ocasionar que se mueva el pozo de socavación a un lugar diferente. En el caso de pozos de socavación mayores, que debiliten los elementos estructurales, deben consultarse ingenieros estructuralistas e hidráulicos.

## 2. Corrección

El primer paso para la solución de un problema de asentamiento consiste en determinar la causa. Es necesario un corte geológico del material en el cual la cimentación ha sido colocada, para determinar la situación. Un apuntalamiento de la base es una de las diversas soluciones. Puede ser que se requiera una nueva pila, cuando la pila original ha sido dañada más allá de su reparación. Si posteriormente son improbables asentamiento o movimiento y la cimentación ha conservado su capacidad para soportar la estructura, puede ser factible aceptar el asentamiento, modificar la pila existente ampliando su cuerpo y colocando nuevamente la superestructura en su elevación anterior.

Existe la posibilidad que el asentamiento se deba a una falla del material sobre el cual descansa la cimentación, más bien que socavación local en la pila.

Las condiciones de socavación menor pueden ser corregidas por la colocación de un zampeado o de piedras grandes a volteo. Cuando la socavación ha llegado hasta el punto en que haya ocurrido el asentamiento del cimient o éste sea inminente, el flujo de la corriente puede ser desviado del área socavada mediante la construcción de una ataguía temporal.

Si ha ocurrido un asentamiento moderado, o éste está progresando, es necesario proporcionar de inmediato un apoyo temporal para los miembros estructurales que descansan sobre el cimient socavado. Esto puede lograrse haciendo el área con ataguía lo suficientemente grande para adaptar un enhuacalado de madera o de acero sobre el cual los miembros puedan ser apoyados temporalmente.

Pueden requerirse otros métodos dependiendo de las circunstancias; tales como hincar caballetes y cargar los miembros sobre travesas transversales pesadas apoyadas sobre los caballetes. El hincado de pilotes debe ser evitado puesto que podría causar también un asentamiento mayor.

Generalmente no será posible nivelar la pila o estribo asentado por gateo. Por lo tanto, el siguiente paso será apuntalar el cimient socavado con concreto. Esto debe hacerse en todas las áreas donde el suelo de cimentación ha sido socavado bajo el cimient. Todo el material suelto debe ser removido y el fondo de tierra y los lados excavados a nivel y plomo.

En algunos casos puede ser necesario calzar en etapas colando bloques alternados, en lugar de hacer un solo colado monolítico. Esto pudiera resultar necesario donde la nivelación y la excavación del área socavada pudieran reducir peligrosamente el apoyo para el cimient.

En el calzamiento de un cimient socavado, el encofrado se construirá de manera que se proyecte cuando menos 15 cm (6") más allá de las caras del cimient, y se prolongue cuando menos 30 cm (1 pie) sobre el fondo del cimient. Al rellenar esta forma se vibrará totalmente el concreto para evitar que aparezcan huecos entre el fondo del cimient y el nuevo concreto.

Después de que el concreto se ha curado suficientemente, retire los moldes y la ataguía, procediendo a realinear la corriente como se describió en otras secciones de este manual. Puede ser también conveniente colocar piedra suelta pesada para proteger el cimient de futura socavación.

Si ha habido un asentamiento apreciable del pilote o del estribo, se gateará la superestructura a su elevación de proyecto original. Después pueden instalarse calzas de acero o colados de concreto bajo los dispositivos de apoyo asentados para la correcta posición del puente.

**B. Remoción de Sedimentos y Desechos.** Los barrotes en la corriente, formados por sedimentos, pueden desviar ésta contra un estribo o una pila. Este mal alineamiento y concentración del flujo origina un incremento en la velocidad en aquel punto, lo cual generalmente incrementa la capacidad de erosión de la corriente. Los sedimentos pueden alojarse contra los elementos del puente o detener más sedimentos hasta que la corriente es parcialmente obstruida. Cualquier escurrimiento no usual puede entonces desbordar las márgenes, destruir los accesos al puente y dañar el puente mismo.

## 1. Control y Prevención

El cauce aguas arriba, dentro del derecho de vía, deberá ser inspeccionado cuando menos cada año y después de cualquier tormenta no común que pueda haber arrastrado árboles u otros escombros. Todos los acarrees, troncos, árboles y otros escombros deben ser retirados del cauce. Los árboles con cortes deberán ser retirados o apuntalados con piedra suelta para que no caigan dentro de la corriente y se alojen en el cauce u obstruyan aguas abajo los claros del puente.

Cualquier obstrucción que pueda restringir el desagüe de una estructura y el cauce aguas abajo también deberá ser retirada inmediatamente.

Como cada corriente es única, no pueden formularse reglas inflexibles y duraderas que indiquen la longitud del cauce aguas arriba y aguas abajo de la estructura, que deba ser conservada. Básicamente, el alcance del mantenimiento será lo suficientemente extenso para prevenir cualquier sedimentación de desechos en el cauce sin mantenimiento o corriente adyacente natural, con respecto a: (1) introducción de turbulencia cerca de la estructura, (2) originar que la corriente no sea paralela a los ejes de las pilas y estribos, ó (3) desviar la corriente, contra las márgenes de tal manera que la corriente pudiera ser desviada alrededor de la estructura.

El mantenimiento preventivo del cauce es un proceso que nunca tiene fin. Los escombros que puedan poner en peligro los taludes del terraplén o la estructura requieren ser retirados tanto aguas arriba como aguas abajo, de acuerdo al efecto que puedan tener sobre el flujo de la corriente. Deben ser retirados los bancos de arena que restrinjan la vía fluvial, pero esto nuevamente puede ser únicamente temporal, tanto como la rapidez con que ellos puedan volver a formarse. En el caso en que los bancos de arena no estén ocasionando problemas, ellos pueden ser deseables para agregar protección y/o ajustar las características de la corriente a ciertas condiciones que por el contrario continuamente tiendan a forzar al cauce a adoptar un alineamiento y una sección transversal de la vía fluvial, los cuales el río no puede mantener por sus características propias de descarga. En algunos casos, un cauce se construye de manera de facilitar la construcción, con la esperanza que se reajustará a una configuración estable diferente. El mantener la geometría de construcción inicial es entonces inconveniente.

Durante la creciente, debe haber personal de mantenimiento disponible para retirar los depósitos de escombros alojados en las pilas y los estribos, ya que estos contribuyen grandemente a la socavación local.

## 2. Corrección

Donde las corrientes se secan en el verano, pueden utilizarse un bulldozer o un cargador por el frente para empujar los árboles caídos, troncos y otros escombros arrastrados por el agua, dentro de una zona donde una grúa pueda cargarlos para su retiro. Las rocas y piedras pueden ser redistribuidas de modo uniforme para mantener el fondo del cauce original o ser colocadas a lo largo de las márgenes en los puntos de máxima erosión. Depósitos importantes de arena y grava que puedan ser retirados, pueden ser empujados a un punto donde una grúa trabajando fuera de las márgenes o la estructura pueda cargarlos para utilizarlos en otras áreas. Limo y otros materiales inconvenientes pueden ser retirados como desperdicios en la misma forma.

En aquellas corrientes que nunca se secan hasta el punto de que el lecho pudiera soportar equipo, tiene que trabajarse con grúa con pala de arrastre o cucharón de valvas de almeja. Si bien las valvas de almeja pueden quitar objetos extraños tales como árboles, tocones y troncos, una pala de arrastre puede quitar los depósitos de tierra y volver a conformar y renivelar el lecho y las márgenes a su sección normal.

Donde la experiencia muestre que es necesario un trabajo frecuente en una estructura, se adquirirá suficiente derecho de vía o de servidumbre para que se proporcione al equipo un acceso efectivo a la corriente.

Antes del inicio de este trabajo, la situación será analizada por expertos, ya que el volver a arreglar el lecho de la corriente a su fondo original no es necesario una cura. En la mayoría de los casos esto es temporal. La causa es la que debe ser tratada, no el efecto posterior. Este ajuste natural puede ser aceptable y posiblemente también previsto. Si esta situación evitara más daño y el cauce de la corriente se considerara en condición estable, entonces el trabajo puede ser innecesario.

## C. Agolpamiento de Hielos

En ciertas corrientes pueden ocurrir frecuentemente agolpamientos de hielo. Un caso es cuando el deshielo resulta en una dispersión del hielo y éste moviéndose aguas abajo alcanza lugares angostos y la trabazón de hielos puede formar agolpamiento. Otro caso es cuando el rompimiento del hielo es acompañado por una caída en el flujo de agua, de tal manera que el hielo apoyado sobre el fondo del río forme un sólido embalse de hielo desde el lecho del río. En el primer caso, el agua probablemente continuará su flujo bajo el agolpamiento; sin embargo, en el segundo, poca o ningún agua puede fluir bajo a través del hielo. Además un súbito incremento en el escurrimiento puede entonces detenerse en el agolpamiento y fluir a las áreas adyacentes. Estos agolpamientos pueden desviar el agua alrededor de la estructura o forzar el flujo bajo las pilas y los estribos y causar daños por socavación en los tramos del puente. El hielo puede también agolparse contra la estructura y ocasionar daño. Meandros, o curvaturas de la corriente así como extensiones angostas contribuyen al proceso de agolpamiento.

### 1. Control y Prevención

No existe método garantizado para prevenir agolpamientos de hielo, debido a que cada río tiene su propio medio ambiente y características de flujo. Puede requerirse un tratamiento específico en un sitio particular, dependiendo de las condiciones locales las cuales son impracticables en otra parte.

La mejor prevención consiste en mejorar el cauce para dar poca oportunidad para que el hielo se aloje o ancle. Deben ser eliminados los pedruzcos, curvas

pronunciadas y las barras. Un método menos efectivo es el escoger una sección donde la inundación hará un daño pequeño y construir una estructura para que desvíe el hielo en ese punto

Algunas oficinas deshacen las placas de hielo aguas arriba con materiales que incorporan calor, tales como polvo de carbón o químicos que fragilizan el hielo de tal manera que éste no se agolpe en las estructuras aguas abajo. Estos esfuerzos pueden coordinarse con salud pública y las oficinas de conservación a medida que pudieran alcanzarse niveles de contaminación que tuvieran efectos nocivos sobre la vida acuática y los abastecimientos de agua

En sitios donde los atascamientos de hielo puede impedir la operación de maquinaria, como los puentes móviles, puede introducirse aire en el agua para crear burbujeo, el cual previene la formación del hielo en aquellos lugares específicos.

## 2. Corrección

El potencial de daño aguas abajo como resultado de la remoción de agolpamientos de hielo tiene que ser evaluado cuidadosamente antes de que se inicien las operaciones de remoción. Deben quedar involucradas las Oficinas Locales, del Estado y Federales, cuando los agolpamientos de hielo y su corrección, en corrientes importantes, pudieran afectar otros intereses.

Otras técnicas para romper el hielo, tales como las voladuras, pueden afectar los servicios bajo el agua, las estructuras, la potabilidad del agua y la vida acuática. En los casos en que el hielo sumergido está presente dentro de una distancia importante debido a un flujo insuficiente para que flote el hielo, la voladura aguas abajo en el frente del agolpamiento del hielo no tendrá efecto. La voladura puede ser efectiva únicamente donde las costras principales de hielo están ancladas sobre el fondo o contra alguna obstrucción. A fin de que sea efectiva, la carga deberá colocarse bajo el hielo. Los Cuerpos de Ingenieros dirigen experimentos para determinar la profundidad de colocación óptima para dar el radio de cráter máximo. Los resultados de estos experimentos indican que la carga debe ser colocada 2.29 m (7.5 pies) abajo de la superficie del hielo, para un espesor del hielo de 0.91 m (36 milésimos de pulgada) y una profundidad de agua semi-infinita. Esto está expresado por

$$h = 1.98 W^2 \quad (\text{Véase nota 2 en la siguiente página}).$$

donde  $h$  = profundidad en pies bajo la superficie del hielo y  $W$  = es el peso de la carga en libras. Debido a su bajo costo por libra y a su velocidad de detonación baja (3658 m/seg (12 000 pies/seg)), el ANFO (Combustible líquido de nitrato de amonio) fue considerado el explosivo más efectivo

Durante el periodo de cesación de la primavera en 1970, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos fue solicitado para asistir a numerosas

comunidades en la eliminación de agolpamiento de hielo. En gran número de áreas se decidió utilizar la técnica de explosivos. Se determinó rápidamente que el método más eficiente era el de colocar entre 10 y 20 cargas para detonar simultáneamente. Más de 1604 m (una milla) de hielo en el río pudo ser eliminado en un periodo de 8 horas utilizando este método.

“Para efecto máximo, las cargas deberán ser colocadas en el agua bajo el hielo —nunca sobre la superficie. Para conservar las cargas secas, el procedimiento recomendado es el de trasladar el ANFO en su envase original dentro de sacos de plástico consistente. Si se va a utilizar más de uno de estos sacos para cada carga, éstos se atarán juntos a colocados en sacos de yute o lona. Las cargas se lastrarán para que la corriente de agua no altere su colocación, como se determinó de la ecuación anterior. En las placas de hielo la perforación para la colocación puede ser fácilmente taladrada o cortada de la hoja de hielo. En el hielo suelto, uno puede usualmente encontrar una abertura al agua sondeando con un cortador de hielo o una varilla larga. Cuando se vayan a detonar simultáneamente una o más cargas, estas se unirán con primacord”

<sup>2</sup> El Uso de Explosivos en la Remoción de Agolpamiento de Hielo. Guenther E. Frankenstein and North Smith, Research Civil Engineers, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, N. H.

La voladura es un proceso peligroso y deberá hacerse con precaución. Algunas corrientes son poco profundas y las voladuras podrían alterar las características del lecho de la corriente. En algunas regiones y áreas, la técnica de voladura no es aconsejable y cuando representa la única solución, deberá ser ejecutada por personal competente.

En corrientes navegables, pueden utilizarse remolcadores o rompe-hielos para quitar y prevenir los agolpamientos del hielo.

También se han diseñado pilas tipo rompe-hielo que son una ayuda para prevenir la formación de agolpamientos de hielo en los puentes. En algunos casos, una pila existente puede ser modificada para proporcionarle un rompe-hielo.

<sup>3</sup> Véase nota 2 al pie de la página.

NOTA. Puede encontrarse material de consulta útil para problemas de corrientes en las siguientes publicaciones:

Bank and Channel Protective Lining and Design Procedures  
Sils Design Procedure, SDP-2  
State of New York Department of Transportation Bureau of Soil  
Mechanics  
Albany, New York 12232 August 1971  
NCHRP Synthesis No. 5  
Scour at Bridge Waterways  
Highway Research Board  
Washington, D. C. 1970

<b>CAPITULO 10.0.0 SISTEMAS DE PROTECCION</b>	<b>211</b>
10.1.0 Objetivo	211
10.2.0 Alcance	211
10.3.0 Nomenclatura	211
10.3.1 Recubrimientos-Pinturas	211
A. Pintura Base de Aceite	212
1. Imprimadores Base de Aceite	212
2. Imprimadores Alquidáticos de Alto Aceite	213
3. Recubrimientos Intermedios Base de Aceite	214
B. Recubrimiento Final	215
1. Aluminio	216
2. Blanco y Color	217
C. Pintura con Base de Agua	220
D. Pintura Rica en Zinc	220
E. Pintura Epóxica	221
1. Epóxicos de Alquitrán de Hulla	223
F. Pintura Vinilica	224
G. Otros	231
1. Pinturas de Hule Clorinado	231
2. Recubrimientos Superiores	231
3. Otros Recubrimientos	232
H. Resumen	232
10.3.2 Protección del Piso	234
A. Membrana Impermeable	234
B. Materiales Concreto-Polímeros	235
C. NEEP No. 12	240
10.3.3 Materiales para Resane de Concreto	252
A. Resultados y Exposición	252
1. Cemento Tipo III Resistencia Rápida	252
2. Fondu	253
3. Lumnite	253
4. Duracal	254
5. Five Star Highway Patch	254
6. Wiffledust	255
7. Dow Latex Modifier A and B	255
8. Republic Steel	256
9. Prepatch	256
10. Silico-Phosphate-Wollastonite	256
11. Reg Set Cement	257
B. Conclusiones y Recomendaciones	257
10.3.4 Tratamientos Superficiales	258
10.3.5 Riesgos de Sello	259

## **CAPITULO 10.0.0 SISTEMAS DE PROTECCION**

### **10.1.0 Objetivo**

Este capítulo presentará algunos materiales que pueden ser utilizados para la protección de los elementos de la estructura contra la intemperie, material corrosivo en el aire, químicos y material abrasivo empleados en el control de la nieve y el hielo, agua y tierra.

### **10.2.0 Alcance**

En cuanto a eso no se ha intentado tener todo, inclusive en el listado de materiales; por lo tanto, la ausencia de un producto en el listado no implica la falta de aceptación y utilidad. Recíprocamente, la inclusión de un producto en esta lista de ninguna manera significa que éste trabajará en todas las áreas o bajo todas las condiciones.

Se ha hecho bastante uso de las siguientes publicaciones:

HRB Record 320 — 1970; HRBB Record 328 — 1970; HRB Record 242 — 1968; NCHRP Report 16 — 1965; NCHRP Report 74 — 1969; FHWA NEEP — 12 — 1975; FHWA — RD — 55 — April 1974.

### **10.3.0 Nomenclatura**

#### **10.3.1 Recubrimientos — Pinturas**

La limpieza de las superficies previa a la pintura es una de las componentes más significativas de la operación de pintado y una de las más importantes, si no la más importante, sí determinante de una operación exitosa. La preparación de la superficie, es la remoción de ella de todos los residuos y materiales no adherentes los cuales pueden ser incompatibles con la pintura aplicada. Esta remoción puede variar desde un lavado descendente con una manguera de jardín, hasta una operación extensa con chorro de arena. El método utilizado deberá dejar la pintura vieja que esté sana y adherida y que sea compatible con la pintura que va a ser aplicada. Si la pintura antigua fuera incompatible con la nueva, obviamente será eliminada. Generalmente el óxido debe ser removido; sin embargo, como el óxido puede presentarse en muchas formas, existen algunos tipos de óxido sobre los que puede pintarse. La única forma de óxi-

do es la variedad naranja-café. El óxido café oscuro y negro (costras) es óxido de hierro en un estado inestable de oxidación incompleta. Por una lenta combinación con oxígeno o agua (lo cual lentamente se difunde a través de cualquier película de pintura), éste se incrementará gradualmente en volumen y en pérdida de adherencia al acero. Estas formas oscuras de óxido y costras deberán considerarse potencialmente sueltas y deberán ser removidas. No podrá obtenerse una protección de pintura durable con espesores menores de 0.127 mm (5 milésimos de pulgada). En promedio, cada milésimo de pulgada adicional de espesor de pintura agrega veinte meses de vida útil al sistema de pintura. Es importante alcanzar estos 5 milésimos de pulgada de espesor completos, especialmente donde existe exposición a atmósferas inclementes y en ambientes marinos o industriales.

A Pintura con Base de Aceite: Los sistemas de pintura con base de aceite son efectivos y económicos para pintar las estructuras donde no se presentan factores no comunes como la condensación, los humos químicos, el goteo de agua salada y otras condiciones extremadamente corrosivas.

#### 1. Imprimadores con Base de Aceite

A diferencia de la mayor parte de sintéticos, los imprimadores con base de aceite pueden ser aplicados sobre acero adecuadamente limpiado con cepillo de alambre, para uso en exposiciones en atmósferas moderadas comunes. La limpieza con chorro de arena puede ser utilizada, sin embargo, para incrementar la vida que se espera de la pintura, especialmente cuando el acero original está dañado por el óxido o cuando la exposición es severa.

\*\*SSPC Pintura 14, "Imprimador de Aceite de Linaza Oxido  
Plomo-Hierro Rojo"

Debido a su vehículo de aceite de linaza cruda y pigmentación con 75% de plomo rojo y 25% de óxido de hierro, este imprimador se considera como sobresaliente para superficies de acero no descamadas con respecto a superficies húmedas, inhibición de óxido, buena vida del imprimador no revestido y costo razonable. Requiere un tiempo de secado de cuando menos 36 horas.

Especificación AASHTO, "Pintura Mezcla-Preparada Plomo Rojo"

\* Aun cuando muchos estados tienen especificaciones equivalentes, este listado está limitado a especificaciones comunes disponibles nacionalmente. Esta tabla está basada sobre SSPC-PS 1 00 641

SSPC Consejo de Pintura de Estructuras de Acero  
4400 Filth Avenue  
Pittsburgh, Pennsylvania 15213  
NCHRP Report 74 1969

Designación M-72-74, Tipo I ó SSPC-Pintura 1, "Plomo Rojo e Imprimador de Aceite de Linaza Cruda".

Este es un imprimador de plomo rojo íntegro con vehículo de aceite de linaza cruda. Un imprimador estructural para trabajo pesado con muy buenas propiedades de humedad y excelente inhibición al óxido. Puede ser utilizado efectivamente sobre superficies que no han sido limpiadas perfectamente. Este imprimador es de secado muy lento y es costoso debido a su alto contenido de plomo rojo.

Especificación AASHTO, "Pintura Mezcla-Preparada Plomo Rojo",  
Designación M-72-74, Tipo II; ó Especificación Federal  
TT-P-86c, "Pintura; Base Plomo Rojo, Mezcla-Preparada, Tipo I,  
"Pintura Aceite de Linaza Plomo Rojo".

Un imprimador de plomo rojo íntegro con vehículo de aceite de linaza cruda y cocida. Un imprimador para acero estructural con buena capacidad para la humedad y de secado tan rápido como todo el aceite de linaza cruda; sin embargo, el tiempo de secado es aún largo.

Especificación Federal, TT-P-641c, "Imprimador, Pintura; Polvo de Zinc Oxido de Zinc (para superficies galvanizadas)", Tipo I, Pintura de Aceite de Linaza Polvo de Zinc-Oxido de Zinc.

TT-P-641c, Tipo I, ha probado ser excelente para acero estructural así como para metal galvanizado. Para penetración y adherencia en cables de suspensión, etc., el primer recubrimiento de estas pinturas zinc-polvo debe ser adelgazado cuando mucho un 50%. Donde se requiera protección para intemperismo severo se ha utilizado plomo rojo en grasa a prueba de óxido (véase sección anterior).

#### 2. Imprimadores Alquidáticos de Alto Aceite

Estos imprimadores contienen alguna resina alquidática en adición a su contenido de aceite de linaza, y pueden requerir una limpieza cuidadosa ligeramente mayor, con herramienta de mano o herramienta motriz, así como una preparación mínima de la superficie, que los imprimadores de base de aceite íntegro.

SSPC-Pintura 2-64, "Plomo Rojo, Oxido de Hierro, Aceite de Linaza cruda e Imprimador Alquidático".

Un imprimador de óxido de hierro y plomo rojo con 2 a 2.5 partes de aceite de linaza y una de alquidático. Un excelente imprimador para uso común y trabajo pesado para acero estructural, con buena capacidad para humedad y con un tiempo de secado reducido un poco debido al contenido del alquidático. Un su-

perficie de acero debe estar bien limpia. El contenido de óxido de hierro le proporciona una buena capacidad para la humedad.

Especificación Federal, TT-P-57b, "Pintura, Base de Oxido de hierro Zinc Amarillo, Mezcla-Preparada", Tipo I, Pintura de Aceite de Linaza Cruda-Barniz Alquidálico-Oxido de Hierro-Zinc Amarillo (50/50 Aceite de Linaza Cruda-Resina Alquidálica).

Imprimador de cromato de zinc y óxido de hierro amarillo 50/50 aceite de linaza cruda-vehículo alquidálico. Secado semi-rápido a lento.

SSPC-Pintura 11-64T, "Oxido de Hierro Rojo, Cromato de Zinc, Aceite de Linaza Cruda y Pintura Alquidálica".

Imprimador cromato óxido de hierro rojo similar al anterior.

TT-P-615c "Recubrimiento Imprimador Básico Cromato Silíco de Plomo, Mezcla-Preparada, Tipo V".

Imprimador con pigmentación y vehiculo similar a éste, es hoy día ampliamente utilizado por las divisiones de carreteras del estado, particularmente en trabajos de mantenimiento, pero también sobre acero nuevo. La pigmentación es 94% básico de cromato silíco de plomo y 3-5.3% de óxido de hierro puro. Relación de aceite de linaza al alquidálico 2.25/1. Generalmente se reportan buenos resultados.

Especificación AASHTO, "Pintura Mezcla-Preparada Plomo Rojo, Tipo IV", Designación M72-74.

Similar a la anterior, pero con Imprimador de plomo rojo integro.

Especificación Ejército de E.U., TT-P-645C, "Tipo Alquidálico Zinc-Cromato, Pintura, Imprimador"; o Especificación Administración Marítima E.U., 52-MA-202, "Imprimador; Zinc-Cromato".

TT-P-645C y U.S.M.A. 52-MA-202 son pinturas casi idénticas pigmentadas con dióxido de titanio y cromato de zinc; ellas son particularmente útiles para inmersión-alternada. El anhídrido ftálico constituye el 23% del vehículo no volátil.

### 3. Recubrimientos Intermedios con Base de Aceite

Frecuentemente el recubrimiento intermedio de pintura es el mismo que el primer recubrimiento, o el recubrimiento de acabado, pero con tinte para dar un color contrastante. Los siguientes recubrimientos intermedios son también de uso común.

Especificación AASHTO, "Pintura Mezcla-Preparada Rojo de Plomo", Designación M72-74, Tipo IV; o Especificación Federal TT-P-86c, "Pintura: Base-Rojo de Plomo, Mezcla-Preparada, Tipo II, Pintura Aceite de Linaza Barniz Alquidálico-Pigmentado Mezclado con Plomo-Rojo".

Este recubrimiento intermedio o imprimador contiene plomo rojo, pigmentación de óxido de hierro con vehículo 50/50 alquidálico-Aceite de linaza cruda; ello tiene muy buena intemperización, secado semi-rápido y es una base conveniente para recubrimientos de acabado.

Pintura-SSPc 101-64T, "Pintura Alquidálica de Aluminio, Tipo II, No Laminable".

Esta pintura de aluminio no laminable es conveniente para utilizarse como recubrimiento intermedio donde el recubrimiento final de pintura va a ser una pintura de aluminio y donde es esencial una mayor exposición a los agentes atmosféricos sin la exposición de la capa principal a través de la capa de acabado de aluminio.

Especificación AASHTO, "Pintura Mezcla-Preparada Plomo Rojo", Designación M72-74, Tipo IV.

Especificación Federal, TT-P-86c, "Pintura; Base-Plomo-Rojo, Mezcla-Preparada", Tipo III, Pintura Barniz Alquidálico Plomo Rojo.

Pintura-SSPC 107-64T, "Plomo Rojo, Oxido de Hierro, y Pintura Alquidálica Intermedia".

Mezclado con estos recubrimientos intermedios substitutos, se obtendrán algunos efectos de ahorro en el costo; sus rangos de secado más rápidos son convenientes en vista de que su adherencia a la pintura subyacente es excelente; puede lograrse una durabilidad mayor con el uso de pinturas que contengan alquidálicos. Los imprimadores listados (particularmente imprimadores de secado semi-rápido o colores contrastantes) son convenientes para recubrimientos intermedios sobre la mayoría de los otros imprimadores. Estos substitutos también pueden ser utilizados como el segundo o tercer recubrimiento en un sistema de cuatro recubrimientos.

Especificación Federal, TT-P-57b, "Pintura, Base-Oxido de Hierro-Zinc Amarillo, Mezcla-Preparada", Tipo II, Pintura Barniz Alquidálico-Oxido de Hierro-Zinc Amarillo.

Un alquidálico pigmentado con óxido de hierro amarillo y cromato de zinc.

### B. Recubrimiento Final

Los siguientes, son recubrimientos típicos de acabado eficaz, para uso sobre los imprimadores anteriores (o intermedios) Cuando sea utilizado un alquidálico de bajo aceite o recubrimiento final fenólico o recubrimientos intermedios sobre pinturas con base de aceite, se dará un tiempo de secado mínimo de una semana para éstas

## 1 Recubrimientos con Acabado de Aluminio

Pintura-SSPC 101-64T, "Pintura Alquidálica de Aluminio, Tipo I, Laminada". Esta pintura alquidálica de aluminio tiene buena consistencia, secado y cualidades de aplicación, así como una excelente durabilidad en exposiciones atmosféricas. Sus cualidades de recubrimiento son bastante buenas. Generalmente se mezcla en la obra, agregándole 0.908 kg (2 libras) de pasta de aluminio a un vehículo de 3.785 litros (un galón) de barniz alquidálico.

Pintura de aluminio disponible para mezclarse, mezclada en la obra por la adición de 0.908 kg (2 libras) de pasta de aluminio (TT-P-320a, Tipo II, Clase B, o ASTM D962-49, Tipo II, Clase B, "Pigmentos de Aluminio, Polvo y Pasta, para Pinturas") a cada 3.785 litros (galón) de Tipo II, Clase B, Especificación Federal TT-V-81d, "Mezcla de Barniz para Pintura de Aluminio."

Esta pintura contiene 0.908 kg (2 libras) de pasta de aluminio en 3.785 litros (un galón) de barniz mezclador. Ello tiene un excelente mezclado, aplicación y apariencia; se considera que tiene una durabilidad un poco menor, pero mejores propiedades de recubrimiento que la Pintura SSPC 101-64T, Tipo I.

Esta pintura también se proporciona en forma de mezcla-preparada, lo cual es satisfactorio, tanto como su recubrimiento y consistencia no sean afectados adversamente.

Mezcla preparada pintura fenólica y aluminio, conteniendo 0.908 kg (2 libras) de la pasta de aluminio anterior en 3,785 litros (un galón) de barniz fenólico de acuerdo a la Especificación Federal, TT-V-119, "Barniz, Espato, Fenólico-Resina".

Una pintura fenólica de aluminio mezclada en la obra por adición de 0.908 kg (2 libras) de pasta de aluminio a 3.785 litros (un galón) de barniz fenólico, muy resistente a la inmersión en agua, fuerte humedad, condensación, exposición atmosférica general, y ambientes químicos moderados, pero podría utilizarse en ambientes fuertemente alcalinos.

Especificación de Guarda Costas de E.U., GGS-52P-2a, "Pintura: Mezcla-Preparada de Aluminio".

Una mezcla-preparada de aluminio aceite de linaza de tung fenólico.

Especificación AASHTO, "Pintura de Aluminio", Designación M69-70

Recubrimiento final para puentes AASHTO mezcla preparada de aluminio, que tiene un vehículo de barniz espato aceite de tung oleorresinoso

## 2. Recubrimientos Finales Coloreados y Blanco

Especificación AASHTO "Pintura negra para Puente", Designación M68-74. AASHTO negro de humo, óxidos metálicos, pintura de acabado para puentes, con aceite de linaza, gran durabilidad en exposición atmosférica

Especificación Federal TT-P-27, "Pintura, Grafito, Exterior, Mezcla-Preparada". Puede utilizarse pintura Tipo I ó II (Pero si se desea un grafito escamoso cristalino, será especificado el Tipo I)

Una pintura de aceite de linaza y grafito negro con muy alta durabilidad en exposición atmosférica. La Tipo I es un grafito escamoso cristalino natural mientras que el Tipo II contiene grafitos amorfos; especialmente útil bajo condiciones muy adversas tales como áreas industriales importantes o puentes de ferrocarril donde es deseable la pintura con base de aceite

Especificación Federal TT-P-61d, "Pintura, Mezcla-Preparada, Negra".

Un negro de humo óxido metálico y pintura de aceite de linaza que tiene gran durabilidad y proporciona excelente servicio en ambiente severo tal como el anterior.

Pintura SSPC 102-64, "Pintura Alquidálica Negra"

Una muy durable pintura barniz alquidálica alto aceite y negro de humo la cual es recomendada para exposiciones severas tales como puentes de ferrocarril y atmósferas industriales.

Pintura SSPC 103-64, "Pintura Fenólica Negra".

Una pintura barniz fenólica sílice y negro de humo la cual es conveniente para inmersión en agua, fuerte humedad, condensación, o en atmósfera industrial, o en ambiente químico.

Pintura SSPC 104-64, "Pintura Alquidálica Coloreada o Blanca", Tipos I, II, III ó IV.

Una pintura alquidálica de alto aceite que tiene buena consistencia, cualidades de secado y aplicación, así como una excelente durabilidad en exposiciones atmosféricas. El tipo y tinte, serán acordados por las partes interesadas.



utilizando la Norma Federal de Color No. 595, u otras fichas de color firme, o requisitos espectrofotométricos tales como aquellos en la Norma-MIL No. 794, "Colores Tipo Militar" u otro método especificado de designación de color. La pintura puede ser coloreada a tonos que varien desde blanco (Tipo I); a gris ligero a medio o color canela, (Tipo II); a verde pálido o verde-grisáceo (Tipo III); a oscuro o verde bosque (Tipo IV), esto tiene buena resistencia a exposición atmosférica, atmósferas industriales particularmente, pero los tintes verde-oscuro son pigmentados con verde de cromo y pueden sufrir alguna pérdida en color.

Especificación Federal TT-P-71d, "Pintura, Mezcla-Preparada, Exterior, Verde de Cromo".

Una pintura exterior barniz-aceite de linaza verde que tiene buena durabilidad en exposición atmosférica; pero debido al pigmento verde de cromo, puede resultar un decolorado y pérdida de color. No es recomendable para ambientes químicos.

Especificación AASHTO "Pintura para Puente Verde Hoja Vieja".

Designación M67-74, Tipo I, será especificada para base de plomo blanco, Tipo II para base de óxido de zinc y plomo blanco.

Pintura de aceite de linaza-óxido verde de cromo; bases disponibles de plomo blanco, o plomo blanco y óxido de zinc. Muy buena durabilidad en exposición atmosférica, aun cuando puede ocurrir una pequeña pérdida en color.

Especificación Federal TT-P-20 "Pintura de Plomo Azul". Si se desea un color más oscuro, ello se entintará a un matiz acordado por las partes interesadas.

Una pintura de aceite de linaza y plomo azul, color gris y utilizada como un revestimiento final gris gredoso para exposición atmosférica. Si se desea el color puede ser entintado a un matiz más oscuro.

Especificación Federal TT-P-31c, "Pintura, óxido de Hierro, Mezcla Preparada, Roja y Café". El color será acordado entre las partes interesadas.

Pintura óxido de hierro, con una base de aceite; puede obtenerse en matices variando desde rojo a café; extremadamente durable en exposición atmosférica, aun cuando los colores son oscuros. Ello es utilizado sobre cubiertas de estaño y se denomina frecuentemente como una pintura para "cubierta y cobertizo".

Especificación AASHTO "Pintura Mezcla-Preparada Coloreada y Blanca", Designación M70-74. Se especificará una de las siguientes; Tipo I-Clase A, Blanca, usos generales; Tipo I-Clase B, Tinte-Base; Tipo I-Clase C, Blanca, a prueba de vapor (libre de plomo); Tipo II, Blanca (base de plomo).

Las pinturas base tinte o blanca AASHTO para puentes de camino; pueden ser coloreadas a los matices claros deseados, será especificado el color así como el tipo.

Especificación Federal TT-P-102a, "Pintura (Titanio-Plomo-Zinc y Acerte, Exterior, Mezcla-Preparada, Blanca y Tintes Claros)". Si se desea un color blanco gredoso, se especificará Clase A; si se desea un color blanco no gredoso o un tinte claro, se especificará Clase B y el color se agregará de acuerdo a las partes interesadas.

Pintura de aceite blanca que contiene una mezcla de pigmentos de titanio, plomo y zinc. Están disponibles dos tipos, gredoso y no gredoso. Si la pintura va a ser coloreada, se especificará el tipo no gredoso.

Especificación Federal TT-P-103, "Pintura (Titanio-Zinc y Aceite, Exterior, Resistente a Vapor, Mezcla-Preparada, Blanca)".

Pintura de aceite blanca que se recomienda para áreas industriales donde las pinturas con base de plomo pueden volverse negras.

Especificación Federal TT-P-104, Pintura (Plomo Blanco y Aceite, Exterior, Mezcla-Preparada, Blanca y Tintes Claros)". Si se desea otro color distinto al blanco, se le agregará color de acuerdo a las partes interesadas.

Pintura base-aceite plomo blanco para uso exterior; pueden colorearse como se quiera.

Especificación Federal TT-E-489c, Clase A, "Esmalte, Brillante, Sintético". Se especificará el color.

Unas series de aceite medio, esmaltes coloreados alquidálicos, convenientes para uso interior o exterior, alto brillo pero de poca altura por capa; especialmente conveniente para maquinaria y equipo similar donde la apariencia es importante.

Especificación Federal TT-E-529a, Clase A, Esmalte, Sintético, Semi-Brillante". Se especificará el color deseado.

Similar, a la anterior, pero semi-brillante.

Especificación Federal TT-E-527a, "Esmalte, Sintético, Lustre Bajo" Similar a las dos pinturas anteriores, pero de acabado liso.

C. Pintura Base-Agua: Unos recubrimientos útiles con base de agua se han desarrollado como resultado de la implantación de la legislación contra la contaminación. Esta legislación limita el uso de los solventes reactivos fotoquímicos que son utilizados comúnmente en las pinturas para puente. Los recubrimientos con base-agua, que se formulan para uso en superficies metálicas han sido reportados que dan buen servicio en atmósferas rurales e industriales y muestran buena resistencia a la humedad y a los vapores ácidos y alcalinos. Ellos son de secado rápido y permiten la aplicación de más de un recubrimiento en un solo día. Ellos no se recomiendan para servicio de inmersión y muestran resistencia limitada a los vapores solventes.

Las especificaciones para imprimadores con base-agua y recubrimientos superiores están siendo desarrolladas para uso público, pero no están fácilmente disponibles en este tiempo. Deben cumplirse las recomendaciones de los fabricantes de sistemas de pintura con base agua (materiales; preparación de la superficie, proporciones de aplicación, etc.)

D Zinc Abundante: Los sistemas de pintura ricos en zinc son considerados como efectivos en atmósferas de humedad alta y en las marinas. Estos son también resistentes a la abrasión. Cuando son correctamente revestidos, ellos pueden utilizarse en exposiciones frescas en agua de mar. Sin revestimiento superior, ellos no tienen resistencia a los ácidos o los álcalis.

Existen dos tipos principales —orgánico e inorgánico; el último puede ser del tipo de curado por sí mismo o curado posterior. Ambos tipos orgánico e inorgánico requieren un alto grado de preparación de la superficie; sin embargo, el inorgánico requiere una preparación ligeramente mayor que el orgánico. El orgánico tiende a ser menos resistente a solventes y químicos.

“La mayor parte de las especificaciones comunes para pinturas ricas en zinc aparecen en la Tabla 10-1 y son también descritas en SSPC-PS 12.00, “Guía para Sistemas de Recubrimientos Ricos en Zinc”. Esta guía lista las características y usos típicos de estos recubrimientos y proporciona el criterio para su selección.

Este criterio incluye la historia del recubrimiento, el contenido mínimo de zinc, una prueba de rayado y una prueba de muesca en V. La prueba de muesca en V requiere que sea evidente la no oxidación en las áreas recubiertas y que cuando menos el 10% del área no recubierta esté libre de óxido después de 96 horas en la caja de rocío con sal. Además, como quiera que se anula la sobre-actividad del recubrimiento que cuando menos el 10% de la muesca en V no recubierta muestra un color rojo.

“Aunque el éxito en el uso de pinturas ricas en zinc radica en la selección del recubrimiento superior”.

“La preparación superficial y el imprimador de zinc deberían ser protegidos por uno, dos o más recubrimientos finales, los cuales son ambos compatibles con la pintura rica en zinc y resistente al medio ambiente. En la capa superior, deberán ser cuidadosamente observadas las recomendaciones del fabricante.

Algunas veces se utilizan recubrimientos de liga para lograr adherencia y evitar ampollas. Algunos recubrimientos de liga consisten de un baño de imprimadores o recubrimientos superiores a los cuales se les ha agregado un solvente diluyente. Si una capa superior puede aplicarse al acero superiores a los cuales se les ha agregado un solvente diluyente. Si una capa superior puede aplicarse el acero galvanizado, ello se adherirá a un imprimador rico en zinc. Además debido a su alto volumen de pigmento, el recubrimiento rico en zinc tiende a ser áspero, recubrimiento expuesto que tolerará una variedad de capas superiores. A menudo la capa superior seleccionada tiende la misma composición genérica que el imprimador rico en zinc, especialmente para los tipos orgánicos. Los inorgánicos han sido sobre recubiertos con vinilos, epóxicos, hule cloninado, acrílico, silicatos, silicones, y brea de alquitrán epóxica.

“Deberán también seguirse las recomendaciones de los fabricantes, por lo que respecta al espesor de la película. Algunos de los que originalmente recomendaban un espesor de película seca de 2 a 3 milésimas de pulgada, apoyan de 4 a 7

“La Tabla 10-1 resumen algunas de las características especiales de las pinturas ricas en zinc, algunas de las cuales dependen de los tipos de vehículo utilizados y del revestimiento superior, (si existe), que fue empleado. La mayoría de los tipos inorgánicos tendrán una ventaja importante en las zonas de control de contaminación del aire, debido a sus vehículos acuosos. En las áreas químicas industriales altas, los recubrimientos ricos en zinc proporcionan una protección considerablemente mayor que el acero galvanizado sin pintar, debido a que las partículas de zinc están rodeadas por una matriz de vehículo inerte.

“La Tabla 10-2 compara algunas de las propiedades de pinturas ricas en zinc orgánicas e inorgánicas. Los vehículos orgánicos típicos incluyen el hule cloninado, poliestireno, ésteres epóxicos, catalizados (poliamida, amina), ésteres, poliésteres, uretanos, acrílicos, vinilos, silicones y muchas variedades dentro de cada clase. Los primeros inorgánicos fueron silicatos de zinc, y silicatos zinc plomo, pero otras fórmulas modernas incluyen ésteres, silicatos, fosfatos y modificaciones de éstos”.

E. Pintura Epóxica: Los sistemas de pintura epóxica son recomendados como alternativas para usarse sobre acero que está frecuentemente húmedo, acero sumergido en agua, sistemas de piso de puentes expuestos a sales descongelantes, y para muchas exposiciones químicas. Las ventajas y las limitaciones de este sistema están dadas en SSPC-PS 13.00.

TABLA 10-1  
ALGUNAS ESPECIFICACIONES DE PINTURAS RICAS EN ZINC

CODIGO	FUENTE	TIPO
SSPC-PS 12 00	SSPC	Guía
MIL-P-23236	Departamento de Marina (tanques de lastre y combustible)	Comportamiento en laboratorio y campo (4 tipos)
MIL-P-26915	Fuerza Aérea de E.U.	70-80% zinc Cualquier vehículo Prueba Acelerada y Eléctrica.
MIL-P-21035	Departamento de Marina de los E U	Cualquier vehículo. (95% pigmento X 97 5% zinc). Riego de Sal
MIL-P-46105	Materiales del Ejército de los E U.	Soldadura mediante alto contenido de zinc
I-GP-171	Junta de Especificaciones del Gobierno Canadiense	Recubrimientos-zinc inorgánico.
I-GP-181	Junta de Especificaciones del Gobierno Canadiense	Recubrimientos de alto contenido de zinc, orgánico, mezcla-preparada
TT-P-001046	Administración de Servicios Generales	Hule clorinado 88% zinc Un paquete.
MIL-P-38336	Fuerza Aérea de los E U	
66-G-55	Departamento de Carreteras de California	Silicato de litio o silicato de etilo.
Estipulación Especial No. 1 a D-9-1.	Departamento de Carreteras de Texas.	Uretano

"La preparación superficial para los sistemas de pintura epóxica es menos crítica que para los sistemas con alto contenido de zinc inorgánico (comercial o casi-blanco). Debido a que el contenido de sólidos es mucho mayor que para vinilos y puede obtenerse un espesor de película mayor por capa, el costo aplicado es generalmente más bajo. La adherencia al acero es excelente, pero ninguno de los dos, el imprimador epóxico ni el revestimiento superior es compatible con otros recubrimientos base, tales como alquidálico, hule clorinado, base de aceite o vinil. Con algunas formulaciones, el segundo recubrimiento puede ser aplicado rápidamente para lograr una adherencia apropiada entre las capas. La limitación más ampliamente reconocida de los epóxicos es lo gredoso; este efecto puede minimizarse utilizando tintes blancos o claros.

"Se han logrado excelentes resultados con epóxicos en plantas químicas, refinerías, aviones y armas. Se han obtenido pruebas de campo satisfactorias por varios de los estados. Sin embargo, únicamente un número de las especificaciones establecidas son aprovechables, lo cual aseguraría la obtención de mejores productos sobre las ofertas establecidas. Estas incluyen MIL-P-23377, MIL-P-53192, MIL-P-27316 y MIL-P-23236, todas ellas son desarrolladas para otros propósitos especiales."

#### 1. Epóxicos de carbón de Hulla

Quando es aceptable un color obscuro, un sistema epóxico de carbón de hulla de dos capas proporciona una película gruesa que es de alta resistencia a la inmersión en agua dulce o salada, en zonas de mareas, zona de salpicado, zona de intemperie, en ambientes marinos o en la mayoría de los ambientes químicos. Como otros materiales de dos componentes, requieren de alguna experiencia en su manejo. El número reducido de capas (generalmente dos) y el gran espesor (16 milésimos de pulgada como mínimo) han sido una ventaja en puentes, tubos, presas y tanques, en exposiciones severas, cuando la contaminación entre capas presenta problemas con vinilo multi-capas.

"Este tipo de recubrimiento consiste esencialmente de brea de carbón de hulla y resina epóxica. Una pintura epóxica de carbón de hulla también incluirá un rellenedor mineral (extendedor de pigmento), un agente gel para introducir propiedades tixotrópicas y thinner's (diluyentes) volátiles. Finalmente, la pintura deberá contener un agente de curado— en este caso una resina poliamida co-reaccionadora. Las pinturas epóxicas de carbón de hulla son necesariamente de dos materiales componentes, con el agente de curado, aislado de la resina epóxica hasta el momento de su uso. Un sistema de dos capas puede ser especificado como SSPC-PS 11.01. MIL-P-23236. El Artículo 2, contiene un catálogo de productos calificados de epóxicos de carbón de hulla, administrado por la Marina de los Estados Unidos "

**TABLA 10-2  
ALGUNAS CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LAS PINTURAS RICAS  
EN ZINC**

CONCEPTO	EVALUACION	
	ORGANICO	INORGANICO
Dureza, rigidez	Buena	Excelente
Resistencia a la abrasión	Buena	Excelente
Flexibilidad	Regular-buena	Regular-pobre
Inhibición al óxido	Galvánica y barrera	Galvánica y barrera
Resistencia a:		
Humedecimiento	Si	Si
Marino	Si	Si
Intemperie	Si	Si
Aceite y solvente	Varía	Si
Agua dulce	Regular-excelente	Regular-excelente
Agua salada	Buena con revestimiento superior	Buena con revestimiento superior
Ácidos y álcalis	Buena con revestimiento superior	Buena con revestimiento superior
Hongos, etc.	Varía	No afectada
Fuego	Varía	Resistencia
Temperatura (seca)	400 F ó menos	700 F +
Temperatura (húmeda)	A 212 F ó menos	140 F
Atmósfera contaminada	Varía	Casi todo
Preparación Superficial	Comercial o casi blanca	Generalmente casi blanca
Aplicación	Libre	Varía
Revestimiento superior	Tolerante	Varía
Zinc (% en peso de los sólidos)	80 a 95	75 +
Espesor (milésimas de pulgada)	2 a 7	2 a 7
	1, 2, ó 3	2 ó 3
Curado	Por sí misma o catalizada	Por sí misma u ordinaria
Diversos	Secado, soldado, vida envasada varía ampliamente	
Tipo	Hule clorinado, estireno, vinilos, epóxicos, fenoxi, poliésteros, acrílicos, uretanos, silicones	Silicatos, silicatos ésteres, silicatos de zinc-plomo, fosfatos, modificaciones

F. Pintura Vinílica: "Las pruebas SSPC han mostrado que los vinilos, cuando se formulan y utilizan adecuadamente, son superiores a cualesquiera otros ensayados en pruebas de inmersión en agua, así como uno de los mejores comportamientos en exposiciones al agua salada. Los vinilos se recomiendan para los sistemas de piso de puentes expuestos a sales para deshielo. Las

características generales de este sistema y sus numerosas variaciones se discuten más adelante, basados en SSPC-PS 4.00. Esto proporciona una guía para la elección de los sistemas de pintura vinílica, e incluye referencias a especificaciones existentes, con las cuales ellas pueden obtenerse.

"Un consultor independiente terminó un estudio en el cual encontró que los sistemas de pintura vinílica tuvieron un historial más grande de casos de una vida larga de la pintura que cualquier otro sistema. En áreas contadas, resulta aún difícil encontrar contratistas que tengan una experiencia total en el uso de diversos sintéticos incluyendo las pinturas vinílicas, las cuales tienen sólidos de poca altura y requieren de cuando menos cuatro capas de pasada múltiple para mejor protección. También están disponibles pinturas vinílicas con sólidos más altos, generalmente combinados con alquidáticos u otras resinas que resultan en un mayor espesor de la película por capa, del que se obtiene con estos sistemas SSPC. Estas pinturas pueden tener también la ventaja de un costo más bajo debido a las resinas menos costosas, mayores cantidades de extensión y menores cantidades de solvente. Sin embargo, los sólidos de mayor altura (y consecuentemente espesor de película mayor) se obtiene utilizando resinas de peso molecular más bajo las cuales sacrifican alguna resistencia y durabilidad. Debe ejercerse cuidado y pericia en la aplicación de los vinilos, especialmente cuando se expone al viento. Sin embargo, generalmente el SSPC ha encontrado inigualables para inmersión en agua y en otras aplicaciones recomendadas.

"Se están investigando fórmulas con solventes sustitutos para que los vinilos, epóxicos, hules clorinados y otros sistemas de pintura puedan ser utilizados en aquellos lugares en que la legislación sobre control de la contaminación prohíba el uso de solventes aromáticos."

"Generalmente se recomiendan baños con imprimadores, especialmente para utilizarse en las exposiciones al agua salada. El baño con imprimador puede servir también como protección temporal en los casos en los que la limpieza con chorro de arena se termina antes de la fabricación."

#### DESCRIPCION GENERAL

Los sistemas de pintura vinílica se utilizan para superficies de acero estructural que quedarán expuestas a condiciones de corrosión muy severas. Los sistemas estándar consisten en una limpieza comercial con chorro de arena, o una limpieza con chorro de arena cercana al blanco o un baño químico para limpiar metales, una capa de imprimador vinil, una (o dos) capa(s) intermedia de pintura, y una capa de acabado de pintura vinílica. Para inmersión en agua salada y en algunas otras aplicaciones, se utiliza un pretratamiento con baño de imprimador bajo el imprimador.

Los sistemas de pintura vinílica son excelentes para exposiciones muy severas, incluyendo la mayoría de atmósferas químicas, inmersión en agua y medio ambiente corrosivos. Ellos son ampliamente recomendables para inmersión completa o alterna en agua pura o salada, alta humedad y condensación y exposición al intemperismo. Ellos se recomiendan para sistemas de piso de puentes expuestos al goteo de agua salada o sales descongelantes, o para los puentes en exposiciones marinas. Algunos sistemas vinílicos son excelentes para usarse sobre pinturas ricas en zinc sobre zinc metalizado o aluminio, pero deben obtenerse las recomendaciones del fabricante. Con el baño de imprimador, los vinilos son efectivos sobre acero galvanizado sin óxido.

Las instrucciones completas para la aplicación de los vinilos están dadas en SSPC-PA1, especialmente en la Sección 3.5.5.2.

Las pinturas listadas en estas especificaciones son compatibles una a una; sin embargo, deberán tomarse diversas precauciones cuando se utilicen las pinturas vinílicas. La pintura vinílica será un copolímero acetato-cloruro vinílico, modificado por los grupos carboxil o hidroxil, si se requiere. Algunos imprimadores de vinil son satisfactorios sobre baño imprimador únicamente, algunos sobre acero sin revestir únicamente, mientras que otros pueden usarse sobre cualquiera de los dos. Algunas pinturas vinílicas pudieran no adherirse a baños imprimadores, pero deberán utilizarse sobre una capa intermedia conveniente (muchas pinturas vinílicas patentadas son de éste tipo).

#### PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Debido al gran incremento en la vida de la pintura, una limpieza con chorro de arena o con baño limpiador de metales, es la preparación superficial mínima recomendada para un trabajo nuevo. En el mantenimiento de la pintura, cuando únicamente se requiere limpiar áreas pequeñas, puede ser suficiente una limpieza a mano o con herramienta mecánica. Las escamas son particularmente nocivas en el acero en inmersión o mojado.

Si no es posible la limpieza con chorro de arena o con químicos para metales, pueden utilizarse los sistemas de pintura vinílica sobre el acero limpiado a mano o con herramienta mecánica, pero con resultados considerablemente más deficientes.

La profundidad del perfil de la superficie limpia con chorro de arena deberá ser algunos milésimos de pulgada menor que el espesor de la película del sistema.

#### NOTAS SOBRE LA APLICACIÓN

Para obtener el espesor requerido por capa, sin agujeros muy pequeños ni combas, es útil un rociado sin aire o un rociado en caliente con pasadas múl-

tiples. Capas simples mayores que 3-5 milésimas de pulgada de espesor, en cambio pueden inducirse a problemas de liberación de solvente.

Si las pinturas vinílicas deben ser aplicadas en ambientes muy cálidos, puede utilizarse el ciclohexano como un adelgazador para prevenir que se seque demasiado rápido. Se recomienda un mínimo de 3 capas de pintura vinílica para las exposiciones menos severas. Se recomiendan 4 capas para exposiciones muy severas; y se requieren de 5 a 6 capas para exposiciones extremadamente severas.

El espesor de película seca de la pintura para el sistema de 3 capas es generalmente de 3.5 a 4.0 milésimas de pulgada; para un sistema de cuatro capas de 4.0 a 4.5 milésimas; para un sistema de cinco capas de 5.5 a 6.0 milésimas.

#### BAÑO IMPRIMADOR

Se recomienda un baño imprimador para inmersión en agua salada (Sistemas de pintura SSPC 4.01, 4.03 Y 4.05). Ello también ayuda a la adherencia para superficies preparadas menos-que-adecuadamente. Algunos usuarios también han obtenido buenos resultados por el cepillado concienzudo del baño imprimador sobre el acero limpiado a mano antes de la aplicación de un sistema vinílico. Sin embargo, para inmersión en agua pura el baño imprimador no es recomendado por la mayoría de los fabricantes. El revestimiento de baño butiral vinilo (baño imprimador) será aplicado únicamente al metal sin recubrimiento y en el penetramiento de esos puntos, deberá tenerse cuidado para minimizar el traslapado de la pintura antigua. Para inmersión en agua pura, el baño imprimador generalmente no se requiere. Para inmersión en agua salada, las superficies, después de limpiarlas son pretratadas de acuerdo con: SSPC-PT 3-64, "Baño de Recubrimiento Butiral vinílico Cromato Zinc Básico."

#### IMPRIMADORES VINÍLICOS

Especificación del Ejército de los EU, "MIL-P-15929, "Imprimador, Tipo Plomo Rojo Vinilo (Fórmula 119)".

Esta pintura vinílica de plomo rojo es la más ampliamente utilizada de las pinturas imprimadoras vinílicas; también puede utilizarse para recubrimientos intermedios; se usa sobre un pretratamiento de baño imprimador u otras pinturas vinílicas.

Especificación del Ejército de los EU, "MIL-P-15930 B, "Imprimador, Tipo Cromato Zinc Vinilo (Fórmula 120)".

La pintura vinílica cromato zinc es similar a la anterior, pero no se utiliza tan ampliamente sobre acero. No se recomienda para uso en agua pura.

### Pintura-SSPC 9-64T, "Pintura Vinilica Blanca (o Gris)".

La pintura SSPC 9-64T es una pintura vinilica blanca que puede también ser obtenida en gris, o en tintes; usada como imprimador sobre baño imprimador o sobre acero sin revestir, como pintura intermedia o de acabado sobre cualquier pintura vinilica, altamente recomendada como una pintura vinilica sumamente pigmentada e inactiva para exposición química extremadamente severa que pudiera atacar los pigmentos del baño imprimador u otros pigmentos de la pintura vinilica.

Departamento de Restauración VR3 de los E.U., "Pintura Resina Vinilo". Esta pintura vinilica de sólidos de mayor altura puede obtenerse en colores blanco, gris medio y aluminio. (El aluminio se recomienda unicamente como un revestimiento superior). Desarrollada para el servicio de tanques, estos revestimientos son también convenientes para utilizarse en caminos. El blanco y el gris se pigmentan con dióxido de titanio, extendedores y tinta negra. Ellos están formulados con vinilo tripolimero y copolimero para llenar los requerimientos para composición total, densidad, aplicación, secado (recubierto 3-horas), estabilidad, adherencia y cohesión, flexibilidad, permeabilidad; resistencia a solvente, baño con sal y abrasión

Imprimadores patentados a base de soluciones copolimeras cloruro-acetato vinilicas

Algunos imprimadores patentados están disponibles para uso sobre acero ligeramente oxidado o limpiado a mano y pueden ser recubiertos con pinturas vinilicas. Estos generalmente no se recomiendan para inmersión en agua, pero pueden proporcionar una película más gruesa que los productos mencionados anteriormente con especificación de sólidos bajos.

### REVESTIMIENTOS VINILICOS INTERMEDIOS

Cualquiera de los imprimadores listados pueden ser utilizados para revestimientos intermedios. Si se aplican dos o más capas de la misma pintura, las capas alternas serán entintadas en colores contrastantes, preferentemente por el fabricante de la pintura. Cualquiera de los revestimientos finales listados abajo (excepto pinturas de aluminio) también pueden ser utilizados para pinturas intermedias

### RECUBRIMIENTOS VINILICOS FINALES

Pinturas 8-SSPC, "Pinturas Vinilicas de Aluminio".

Esta es una pintura vinilica de aluminio que puede ser utilizada sobre cualquier pintura vinilica como un recubrimiento final. Los recubrimientos supe-

riores de aluminio son preferidos para inmersión en agua, pero no para utilizarse en exposiciones alcalinas o fuertemente ácidas; no ser utilizados bajo otras pinturas vinilicas o aplicados en películas muy gruesas (por ejemplo 3 milésimas de pulgada por capa) debido a la posibilidad de que el solvente quede atrapado por las laminillas de aluminio.

Pintura Sistema 9-SSPC, "Pintura Vinilica Blanca (o Gris)". El color se agregará de acuerdo entre las partes interesadas.

Una pintura vinilica integramente pigmentada inerte, conveniente para exposiciones químicas, puede ser usada como un imprimador o como un recubrimiento intermedio o final. Puede utilizarse alternativamente con pinturas vinilicas anteriores o posteriores para contraste de color. Ello puede ser obtenido en colores por la especificación del color deseado y substituyendo el pigmento coloreado adecuado por el dióxido de titanio.

Departamento de Restauración de los EU, VR-3 "Pintura Resina Vinilica, Aluminio, Blanca o Gris".

Este sistema de pintura vinilica de estructura alta está descrita bajo los imprimadores. Cualquiera de los tipos blanca, gris o aluminio pueden ser utilizados como recubrimientos finales, aun cuando la pintura de aluminio no se recomienda para usarse como imprimador o recubrimiento intermedio; también se recomienda esto para usarse en alcali o ácido concentrado. Debidamente a su permeabilidad superior, sin embargo, se prefiere como recubrimiento superior para otros servicios tales como inmersión en agua o a la luz del sol exterior.

Especificaciones del Ejército de los E.U.

La fórmula serie 122 proporciona un rango de recubrimientos superiores e intermedios alquidáticos vinilicos codificados por color. Aunque no es químicamente resistente como los vinilos integros, ellos tienen disposición para el cepillado y buena durabilidad en exposición severa. Particularmente útil para acero expuesto a la intemperie. Las dos primeras son pinturas negras y están disponibles en negro mate o brillante. Las restantes de la serie de la fórmula 122 son grises, variando de oscuro a claro. El número en el título se refiere a la reflectividad de la pintura. El número 1 es un negro y 100 un blanco perfectamente reflejante.

MIL-P-15932B, "Pintura, Exterior, Negro Brillante (Vinil Alquidática) (Fórmula 122-1)".

MIL-P-15933B, "Pintura, Exterior, Negro Mate (Vinil Alquidática) (Fórmula 122-3)".

MIL-P-15934B, "Pintura Exterior, Gris No. 7 (Vinil Alquidámica) (Fórmula 122-7)".

MIL-P-15935B, "Pintura, Exterior, Gris No. 11 (Vinil Alquidámica) (Fórmula 122-11)".

Esta serie es generalmente baja en brillo, pero la MIL-P-16738B es una pintura blanca brillante.

MIL-P-16188B, "Pintura, Exterior, Gris No. 17 (Vinil Alquidámica) (Fórmula 122-17)".

MIL-P-15936B, "Pintura, Exterior, Gris No. 27 (Vinil Alquidámica) (Fórmula 122-27)".

MIL-P-16501B, "Pintura, Exterior, Gris No. 37 (Vinil Alquidámica) (Fórmula 122-37)".

MIL-P-16502B, "Pintura, Exterior, Gris No. 46 (Vinil Alquidámica) (Fórmula 122-46)".

Una pintura alquidámica blanca con pigmentos inertes, alta reflectividad, y buen brillo.

MIL-P-16738B, "Pintura, Exterior, Blanca, Tipo Vinil Alquidámica (Fórmula 122-82)".

Departamento Marítimo de los EU, MAP-55, "Pinturas; Aprovechables como Revestimiento Superior, Vinil Alquidámica, Recubrimiento Inferior Rojo Brillante y Recubrimiento Final Rojo Indio".

Dos pinturas alquidámicas vinílicas con pigmento inerte de matices contrastantes producidas para revestimiento superior u otras exposiciones severas. La primera es rojo brillante, la segunda es un óxido de hierro con el rojo especificado que se desea.

Un alquidámico vinílico verde, pigmentado relativamente inerte, similar a la anterior.

Departamento Marítimo de los E.U., MPA-47a, "Pintura; Revestimiento Superior, Vinil Alquidámica, Recubrimiento Final Verde".

Especificación de lo Guarda Costa de los E.U., CGS-52P-5b, "Pintura Exterior, Tipo Alquidámica Vinílica". "Blanca", "Negra", "Roja", "Amarilla" y "Naranja Internacional".

Una serie de pinturas alquidámicas vinílicas coloreadas de buen brillo y buena retención de color. Especificada al color deseado.

Cuando las condiciones son menos severas que las indicadas aquí, pueden ser utilizadas como pinturas de campo, las de aceite, alquidámicas o fenólicas. Si las condiciones son aún más severas, serán seleccionadas pinturas de acabado vinílico de pigmento inerte como las indicadas anteriormente, en lugar de alquidámicas vinílicas.

Para lograr la resistencia química máxima utilice pinturas de acabado o intermedias íntegras; para cepillado y brillo máximo use pinturas de acabado o intermedias alquidámicas vinílicas. Si se desea, las pinturas base de aceite, alquidámicas o fenólicas listadas en el Sistema de pintura 1, 2 ó 3 pueden ser utilizadas sobre las pinturas alquidámicas vinílicas o vinílicas listadas aquí, pero resultará una adherencia pobre si la pintura vinílica inferior no incluye considerables resinas vinílicas conteniendo hidroxil.

## G. Otros

### 1. Pinturas de Hule Clorinado

Las pinturas de hule clorinado en pruebas SSPC han protegido un puente de ferrocarril por más de ocho años de exposición a agua salada, y han tenido un récord largo de uso satisfactorio en la protección de interiores húmedos o químicamente corrosivos. Se están obteniendo también historias de casos sobre muchas superficies metálicas exteriores, incluyendo puentes y guardarraíles. Para lograr mejor elasticidad y adherencia, puede agregarse al revestimiento imprimador aceite de linaza, alquidámico o plastificante. Los tipos modificados alquidámicos proporcionan una cantidad considerable de resistencia química sin que se requiera una preparación superficial meticulosa y sin dificultad en su aplicación. Las limitaciones principales son algún engredamiento y una resistencia relativamente pobre a solventes (particularmente aromáticos, ésteres y acetonas). Cinco tipos comunes de fórmulas de pinturas de hule clorinado están mencionadas en el "Manual de Pintura de Estructuras de Acero (Vol. 2, 2a. edición, páginas 130 y 131)."

### 2. Recubrimientos Superiores

Debido a que los recubrimientos superiores necesitan acero descubierto que no esté húmedo, generalmente contienen mayores cantidades de resina sintética que el imprimador. Los recubrimientos finales actualmente incluyen un amplio rango de colores y composiciones. Los revestimientos finales de aluminio— pigmentado son, sin embargo, probablemente utilizados más frecuentemente que cualquier otro; el trabajo consiste al empezar con ellos en desarrollar colores, producir mejores pinturas en un envase y agregar componen-

tes que inhiban la corrosión. La práctica de matizado de la capa de aluminio intermedio con azul de Prusia ha sido desaprobada; como una alternativa, se aboga por el uso de aluminio no-hojeable en la segunda y última capa (por ejemplo, Pintura SSPC-101, Tipo II).

“El bióxido de Titanio es el siguiente pigmento de revestimiento superior más comúnmente usado, seguido por el óxido de zinc y el plomo blanco. Pueden ser utilizados extendedores (incluyendo el talco, la baritina, el sílice, los silicatos, el cemento y el vidrio) en pequeñas cantidades o en medio ambientes moderados. Las pigmentaciones para revestimiento superior especiales que han demostrado ser grandes promesas en las pruebas de campo, también incluyen partículas de acero inoxidable y pedacitos de cristal. Su efectividad generalmente depende del tipo de vehículo utilizado; del importante espesor de la película que son capaces de presentar; y lo efectos de hoja, similares a aquellos obtenidos con óxido de hierro micacreo, grafito o aluminio. Los nuevos medios de lograr la construcción de una película-alta en pinturas estables son muy promisorios, especialmente a través del uso de vehículos tixotrópicos, y pigmentación con pedacitos de cristal.

“El uso de alquidáticos-silicón del tipo de los ensayados en Connecticut, ha demostrado ser una gran promesa para mejorar la retención del brillo y en lograr una mejor vida de la pintura. Experimentalmente, muchas autoridades en puentes han logrado con sistemas de pintura convencional para revestimiento superior, con revestimientos finales de alta resistencia, combatir cada vez más los medio ambientes, corrosivos. Estos revestimientos superiores han incluido alquidáticos vinílicos, hule clorinado y fenólicos como recubrimientos barrera o superiores. Sin embargo, para el estado de destreza actual, deberán hacerse comprobaciones al azar para levantamiento, para asegurarse que la pintura previa de base de aceite o alquidática se ha secado lo suficientemente fuerte para que no sea levantada por los solventes concentrados”.

### 3. Otros Recubrimientos

Otros recubrimientos que se han mostrado muy prometedores para uso en caminos son los uretanos, los silicones, los alquidáticos silicones, las pinturas base de agua, los recubrimientos fixotrópicos de construcción alta (sistemas de dos capas en lugar de los usuales de tres o cuatro), y las diversas alternativas, tales como el metalizado, el galvanizado, o las grasas, las cuales se utilizan en lugar de la pintura”.

### H. Resumen

La Tabla 10-3 proporciona un resumen de la preparación mínima necesaria de la superficie para el uso de los diversos sistemas.

La Tabla 10-4, proporciona un compendio de recomendaciones para el recubrimiento de acero típicos.

TABLA 10-3

PREPARACION SUPERFICIAL MINIMA REQUERIDA POR LOS SISTEMAS DE PINTURA SSPC

Sistema de Pintura	Preparación Superficial Mínima
Sistemas de pintura base de aceite	Limpieza con herramienta de mano (SSPC-SP2)
Sistemas de pintura alquidática para exposición a la intemperie	Limpieza con chorro de arena (SSPC SP 6) ó decapado (SSPC-SP 8)
Sistemas de pintura fenólica para inmersión en agua fresca	Limpieza con chorro de arena (SSPC SP 6) ó decapado (SSPC-SP 8)
Sistemas de pintura vinílica para exposición química	Limpieza con chorro de arena (SSPC SP 6 ó 10 decapado (SSPC-SP 8)
Sistema de pintura para barcos	Limpieza con chorro de arena (SSPC SP 6 ó decapado (SSPC-SP 8) (en la mayor parte de las áreas)
Pintura de taller de una capa para acero estructural	Limpieza nominal.
Compuestos preventivos de óxido	Limpieza con solvente (SSPC-SP 1) y/o limpieza nominal
Mastique asfáltico	Limpieza con chorro de arena (SSPC SP 6)
Recubrimiento de alquitrán de hulla	Limpieza con chorro de arena (SSPC SP 6)
Epóxico de alquitrán de hulla	Limpieza con chorro de arena (SSPC SP 6 ó 10)
Sistemas ricos en zinc	Limpieza con chorro de arena (SSPC SP 6 ó 10)
Sistemas epóxicos	Limpieza con chorro de arena (SSPC SP 6) ó decapado (SSPC-SP 8)



### 10.3.2 Protección del Piso

A. Membrana Impermeable: Varios Estados han desarrollado pruebas de precalificación para las membranas, pero no existe uniformidad en este tiempo. El criterio de precalificación deberá cumplir con los artículos como los requerimientos de la OSHA durante la fabricación y aplicación, la inclinación del piso y los límites de pendiente para adherencia y estabilidad durante la construcción y el servicio, la compatibilidad a corto y largo plazos de todos los componentes del sistema, y el desfogue del piso durante la construcción, los rangos de la temperatura de ejecución, la resistividad eléctrica, las pruebas de laboratorio, la flexibilidad y la practicidad de su instalación, el tipo de protección sobre la membrana para la actividad dentro de la construcción y la vida de servicio. La industria deberá proporcionar la información necesaria para la precalificación.

Las membranas precalificadas y los pavimentos bituminosos tienen oportunidad de incrementar sus buenos resultados con un diseño apropiado y utilizado los registros anteriores de comportamiento. Es probablemente mejor eliminar el uso de las membranas sobre pendientes longitudinales y transversales de más de 4 por ciento y en las áreas pavimentadas de cambio de velocidad. Se recomiendan también sellos y guarniciones positivos, juntas y aberturas para drenaje sobre los pisos.

Es importante especificar el procedimiento de construcción para desfogue, el cual es necesario para obtener una completa adherencia del sistema de membrana al piso. Los siguientes métodos son típicos para desfogar pisos durante la colocación de la membrana.

1. "Tratamiento sin gas" creado por una caída de la temperatura del piso que tira de la membrana contra la superficie del piso, y depende de una caída continua de la temperatura durante la colocación para lograrlo.
2. Utilice una membrana líquida, que dé salida por sí misma y sea autosellable.
3. Utilice hojas preformadas las cuales sean autosellables. Las bolsas grandes de aire y vapores atrapados pueden ser perforadas y adheridas al piso.
4. El uso de hojas preformadas que no sean autosellables no se considera conveniente, como las del tipo autosellable.

Es importante durante la colocación de la capa perforar las ampollas que se hayan formado en la membrana. En la construcción de las membranas deberá

tenerse cuidado con el uso de componentes con tiempos de curado al aire críticos. Deberá preverse una protección para la membrana que sea compatible con ella.

Como mínimo deberá colocarse una capa de desgaste de 5 cm (2") sobre la membrana, con una provisión para el drenaje de la superficie superior de ésta.

Es esencial el control de la construcción durante la colocación, para obtener un producto final duradero. Deberá requerirse al fabricante para que proporcione los datos para el diseño de precalificación y la colocación del producto

La FHWA NEEP No. 12 discute en detalle los comentarios anteriores en un reporte adicional sobre el descubrimiento de hojas preformadas, membranas líquidas y de resina. El reporte de NEEP también discute los criterios de prueba de las membranas para sistemas evaluados y probados.

B. Concreto-Materiales de Polímeros: Se encuentra disponible una gran cantidad de información sobre investigación en la cual los concretos se han modificado a través del uso de monómeros los cuales fueron posteriormente polimerizados. Los concretos de polímeros, los concretos impregnados con polímero, los concretos sellados internamente y los concretos monómeros, son unos cuantos de los nuevos materiales que se han desarrollado a través de estudios de investigación. La mayor parte de este desarrollo implica la impregnación de polimerización de concreto curado de cemento Portland, un tratamiento con el que se obtienen mejoras notables en sus propiedades. Es importante hacer notar que ninguno de los mencionados anteriormente, están adaptados actualmente para una aplicación operacional efectiva. El Concreto Modificado con Polímero (PMC) es el único de polímero operativo con uso satisfactorio extenso. El Modificador A SM-100, DOW Chemical, es el producto satisfactorio. Los costos imponen que el PMC sea utilizado en un sistema de dos capas como la capa superior sobre el concreto estructural y el acero del piso. Los efectos favorables del uso de polímeros en el concreto de cemento Portland han creado interés en el desarrollo del concreto polímero, una mezcla en la cual el polímero proporciona la liga total para los agregados. El interés para este desarrollo se fomentó para lograr un mayor alcance por la necesidad de contar con un material de fraguado rápido, impermeable y de alta resistencia para las capas superpuestas estructurales sobre los pisos de puente. Los problemas principales a ser corregidos con las capas superpuestas, incluyen la protección contra la corrosión del acero de refuerzo debido a la humedad y los cloruros para el deshielo, las vibraciones debidas a las cargas fuertes y frecuentes de los ejes, y a la deflexión excesiva debida al espesor insuficiente del piso. El cierre prolongado que

**TABLA 10-4  
RESUMEN DE RECOMENDACIONES PARA RECUBRIMIENTOS TÍPICOS DE ACERO**

Medio ambiente	Sistema Preferido	Alternativas
Interior, normalmente seco (o con protección temporal)	Una capa de pintura de taller de secado rápido (por ejemplo, Pintura 13-SSPC) sobre acero limpiado a mano nominalmente. Capa de acabado opcional. (Véase SSPC-PS 7 01)	(1) Otros imprimadores de una capa (ejemplo: TT-P-636) (2) A prueba de óxido (SSPC-PS-8.01), ó (3) Sistemas más durables como para Zona 1B, ó (4) Pintura patentada aprobada
Exteriores, nominalmente secos (Incluye la mayoría de las zonas de carretera donde las pinturas base de aceite actualmente duran 6 años o más)	Aplicar dos capas de imprimador base de aceite (ejemplo. Pintura 14 SSPC) sobre acero tratado con cepillo de alambre 1-2 capas de acabado de alquidático de alto aceite (Pintura 101 de aluminio-SSPC ó pintura 104 blanca, gris o verde-SSPC) 40 milésimas de pulgada o más de espesor (50 milésimos de pulgada para 4 capas) (Véase SSPC-PS 1.01, 1.02 ó 1.03)	(1) Limpieza con chorro de arena (SSPC-SP6) y use las mismas pinturas o alquidáticos de bajo aceite. (2) Imprimadores alternados (Pintura 2-SSPC, TT-P-57, Tipo I; AASHTO M72-57, Tipos I ó II; ó TT-P-615, Tipo V), ó (3) Intermedias alternadas TT-P 86, Tipo II o aluminio hojeable, ó (4) Sistema equivalente del Estado, ó (5) Mismos sistemas que para la Zona 2A ó 2B, ó (6) Sistema patentado aprobado.
Frecuentemente mojado por agua fresca. Comprende condensación, salpicado, rocío, o inmersión frecuente (Las pinturas base de aceite actualmente duran 5 años o menos)	Superficie limpia con ahorro de arena, cercano al blanco; 4 capas (4 5milésimos de pulgada) de sistema vinílico (ejemplo: Pinturas 8 ó 9 SSPC) (Véase SSPC-PS 4.04 ó 4.02)	(1) Decapado (SSPC-SP8) en lugar de limpieza con chorro de arena (2) Alternativa de vinílicos son VR3 o patentados aprobados (3) Sistema de epóxico código (SSPC-PS 11.01), sistema de hule clorinado, o sistema patentado aprobado.
Frecuentemente mojado por agua salada, comprende condensación, salpicado, rocío o inmersión frecuente (Las pinturas base de aceite actualmente duran 3 años o menos)	Superficie limpia con chorro de arena, cercano al blanco. Aplicar imprimador rico en zinc (ejemplo: SSPC-PS 12.00 ó MIL-P-23236 ó Especificaciones de Caminos de California 66-G-55), seguido por un baño imprimador aprobado y una capa final. (Ejemplo: SSPC-PT3 más Pintura Vinilica 8 ó 9-SSPC, 3 + milésimos de pulgada) Asegure una adherencia satisfactoria de las capas de acabado	(1) Use capa final con el mismo vehículo como imprimador rico en zinc (inorgánico, epóxico, hule clorinado, vinílico, etc.) (2) Use un sistema de pintura vinilica con capa de baño e imprimador que inhiba (ejemplo SSPC PS 4 01 ó 4 03) (3) Use como alternativa capas de acabado o por sí mismos, epóxico de alquitrán de hulla (SSPC-PS-11.01), epóxico (guía SSPC-PS 13 00), o un sistema de hule clorinado aprobado, u otro sistema patentado aprobado

**Exposiciones químicas**

(Acidificador, alcalino, oxidante, solventes, etc.)

El mismo que para la Zona 2B, pero con un sistema de revestimiento final químicamente resistente, especialmente elegido para proteger el imprimador y el metal base contra el agente químico específico (Es rico en Zinc no es satisfactorio para condiciones muy ácidas o muy alcalinas) Asegure la adherencia satisfactoria de las capas de acabado

Algunas opciones como para la zona 2B, pero con revestimientos de acabado especial.

- (1) Epóxico de alquitrán de hulla (SSPC-PS-11.01) (Cuando menos 16 milésimos de pulgada)
- (2) Vinílicas integra para ácido y alcali (SSPC-PS 4 01 ó 4 03)
- (3) Epóxicos para álcalis, sales, salpicado ácido, no para solventes concentrados
- (4) Neoprenos y otros sistemas patentados aprobados para resistir condiciones específicas

**Condiciones Especiales**  
Pintura para acero galvanizado.

Limpie con solvente para remover aceite y grasa Cepillo de Alambre para quitar cualquier óxido. Aplicar pintura óxido zinc-polvo Zinc TT-P-641 (Tipo II para acero nuevo, Tipo I para viejo, como por SSPC-PS 2 05 y 1.04). Un poco de mejor adherencia si la superficie se expone a la intemperie antes de pintarla.

- (1) Pretratamiento químico del trabajo nuevo por fosfato caliente comercial o baño imprimador
- (2) Imprimador rico en Zinc (ejemplo. Guía SSPC-PS 12 00).
- (3) Prepare con Pintura 5 SSPC
- (4) Prepare con base-cemento patentada aprobada, emulsión acetato poli-vinilica, o látex acrílico.

**Moho**

Después de la preparación de la superficie, lave la superficie ahogada con fosfato trisódico y seque Agregue (Mildewcide) un agente que destruye el moho a cada capa de pintura (ejemplo, quinolinolento-8) Las pigmentaciones con vinilo, resinas de hule clorinado, y metaborato de barro y rico en zinc tienden a resistir el moho.

Alternativa (mildewcridos) agente que destruye el moho y fungicidas incluidos el naltenato de cobre, fenoles clorinados, dodecilo-succinato fenilo mercúrico Agréguese en la cantidad recomendada por el fabricante

**Protección temporal y a prueba de herrumbre**

Véase el sistema para la Zona 1A También vea SSPC-PS 8 01. "Compuestos Preventivos del Oxido" (peliculas no-endurecidas gruesas sobre una preparación de superficie mínima)

Compuestos de película, suave, densa p dura como por 52-MA-602, Tipo B, C, o D, o utilice compuestos a prueba de herrumbre patentados

**Pintura de soldaduras**

Antes de soldar, no pinte dentro de los 5 cm (2") a los bordes Limpieza con chorro de arena después del soldado Véase SSPC-PA 1, Secciones 3 5 2 4 y 3 5 2 5.

Empareje y utilice un cepillo de alambre concienzudamente Lave con ácido fosfórico al 5% y enjuague Véase SSPC-SP 1, Sección 3 1 6

a) Esto está encaminado a las zonas de exposición específica de la parte de la estructura bajo consideración, más bien que las zonas geográficas. La severidad de la exposición puede cambiar rápidamente en distancias muy cortas, debido a factores como el viento, el rocío, la condensación y el uso de químicos para el deshielo.

se requiere durante el curado del concreto con cemento Portland puede originar una congestión intolerable y un retraso del tránsito. Los concretos polímeros pueden desarrollar resistencias adecuadas al cabo de pocas horas para llevar un tránsito normal, si el material puede mezclarse y colocarse rápidamente. A medida que el material se modifica prolongando el tiempo para mezclado y colocación, el tiempo de curado también se alarga; tal vez se requieran 24 horas para lograr una resistencia adecuada.

Se encuentra disponible una mezcla de concreto polímero, conveniente para usarse como material para capa superpuesta en un piso de puente y ésta puede ser adherida con éxito al concreto existente mediante el uso de una capa de liga.

Se recomiendan para analizar los siguientes reportes de investigación.

1. Polymer Concrete Overlay Test Program— J. Jenkins, G. Beecroft, W. Quinn, FHWA Interim Report, Nov. 1974 DOT-FH-11-8164, Oregon.
2. "Concrete-Polymer Materials Develop, a Goal-Oriented Program" Meyer Steinberg, Brookhaven National Laboratory October 1971.
3. "Polymers in Concrete", American Concrete Institute, Publication SP-40, 1973.
4. Interim Report, NEEP No. 12, Bridge Deck Protective Systems, Membranes, Polymer Concrete and Dense Portland Cement Concrete, January 21, 1975, FHWA Notice.

## C. NEEP No. 12

### DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DE LOS E.U. ADMINISTRACION DE CARRETERAS FEDERALES

#### TEMA:

Interim Report NEEP No. 12, Bridge Deck Protective Systems, Membranes, Polymer Concrete and Dense Portland Cement Concrete: FHWA Notice N 5080.28, January 21, 1975.

Reporte Provisional NEEP No. 12, Sistemas de Protección de Pisos de Puente, Membranas, Concreto Polímero y Concreto Compacto de Cemento Portland: FHWA Nota N 5080.28, Enero 21, 1975.

#### 1. OBJETO

- a. Presentar un reporte de las condiciones sobre los sistemas de protección del piso del puente señalado en el tema.
- b. Listar los productos y sistemas mostrando el uso y potencial satisfactorio más grandes.
- c. Tener en cuenta la información del campo y anotar los sistemas de membrana no listados en esta nota.
- d. Despertar el interés para el establecimiento de las pruebas de precalificación para los sistemas de membrana.

2. CANCELACION. Esta nota invalida la Nota N FHWA 5080.15 del 10 de mayo de 1974, titulada "Reporte Provisional, NEEP No. 12, Sistemas de Protección de Pisos de Puente".

#### 3. COMENTARIOS

- a. Solamente se discutirán en esta nota la protección a base de membranas, pavimentos bituminosos, concretos polímeros y concretos compactos de cementos Portland.
- b. La protección utilizando varillas superiores recubiertas se discutirá separadamente en el próximo Reporte Provisional No. 16 NEEP
- c. La Protección Catódica se discute en la Nota N de FHWA 5080.25 del 10 de noviembre de 1974, titulada "Programa Nacional Experimental y de Evaluación (NEEP) No. 18 y Proyecto Muestra No. 34, Protección Catódica de Pisos de Puente".

#### 4. MEMBRANAS

##### a. GENERALIDADES

- (1) Antecedentes. Las membranas y los cementos bituminosos no han tenido evaluaciones directas de la FHWA. La NEEP No. 12 fue encaminada a coordinar y divulgar los esfuerzos para el desarrollo de los sistemas de membrana de la industria y el estado. Esta idea ha resultado en la identificación de productos "no-experimentables" utilizados por el Estado en forma suficientemente amplia. Aun cuando la identificación fue totalmente encaminada a ser una guía, no se pensó que fuera el criterio único de selección.
- (2) Operación. La selección de los bituminosos y las membranas no deberá basarse únicamente en su estado experimental.

##### b) PRUEBAS DE PRECALIFICACION

- (1) Antecedentes. Diversos Estados han desarrollado pruebas de precalificación para membranas, pero no existe actualmente uniformidad. La prueba de precalificación, seleccionada adecuadamente, puede reducir el número de productos experimentados y el número de fallas de aquellos seleccionados y experimentados.

(2) Operación

(a) No está dentro del alcance de esta nota identificar posibilidades de prueba o procedimientos de prueba específicos. Las posibilidades de precalificación se discuten en el Anexo A a esta nota y en el párrafo 4. h. (2) posterior. Es recomendable que las pruebas y los límites sean establecidos por el criterio de precalificación siguiente:

- (1) (a) 1. De conformidad con los requerimientos de la Administración de la Salud y Seguro de Ocupación (OSHA) durante la fabricación y la aplicación.
2. Límites de las pendientes longitudinal y transversal del piso, para adherencia y estabilidad durante la construcción y el servicio. La adherencia incluye aquella entre los componentes del sistema y la de éste al piso. Aun cuando se ha sugerido una pendiente máxima longitudinal o transversal del cuatro por ciento, un buen sistema de membrana tendrá igual adherencia y estabilidad que una capa de rodamiento sin membrana; sin hacer caso de la pendiente longitudinal o transversal.
3. Compatibilidad a corto y largo plazo de todos los componentes del sistema. La superficie superior del piso, la membrana, la protección, la capa de rodamiento, los adhesivos e imprimadores no pueden ser química o físicamente incompatibles. La industria proporcionará sin ninguna duda esta información para el sistema íntegro de sistemas patentados.
4. Debe considerarse un método de desfogue del piso durante la construcción. Véase párrafo 4.C. (2) (e) abajo.
5. Rangos de temperatura para contracción, escurrimiento, movimiento longitudinal y agrietamiento.
6. Resistividad eléctrica bajo condiciones de laboratorio.
7. Tenacidad y practicidad para instalación.
8. Tipo de protección necesaria sobre la membrana para actividades de construcción y rendimiento a largo plazo.

(b) La industria está en la mejor disposición para proporcionar mucha de la información necesaria para precalificación.

c. CONSIDERACIONES DE PROYECTO

(1) Antecedentes. El diseño apropiado puede incrementar las oportunidades de éxito con cementos bituminosos y membranas precalificadas. Se ha desarrollado una información más precisa para proyecto que para precalificación de parte de NEEP No. 12. Las recomendaciones continúan en el párrafo 4.c.(2) abajo.

(2) Operación

- (a) Utilice toda la información de precalificación disponible y registros de rendimiento últimos.
- (b) A menos que los rendimientos locales indiquen un límite diferente, elimine el uso de membranas en pendientes longitudinales o transversales mayores del cuatro por ciento y en áreas pavimentadas que estén recibiendo un cambio de velocidad de tránsito significativo.
- (c) Proporcione sellos del sistema efectivos, en guarniciones, juntas y orificios para el drenaje.
- (d) Especifique los procedimientos para el acabado y el curado de concreto. Recorra a la información de precalificación para los compuestos de curado incompatibles o la preparación especial de la superficie. Esto puede eliminar lavado con chorro de arena o escarificación.
- (e) Especifique el procedimiento de desfogue durante la construcción, el cual es necesario para obtener una adherencia completa del sistema de membrana al piso. Las siguientes, son cinco formas que han sido reportadas para desfogar pisos durante la colocación de la membrana.
1. Coloque la membrana al tiempo que la temperatura del piso esté bajando. El "tratamiento sin gas" tirará de la membrana contra la superficie del piso. Este método ha tenido éxito, pero se siente que no es digno de confianza tanto como dependa del estado atmosférico para una calda continua en la temperatura del piso.

2. Utilice una membrana líquida autodesfogable y autosellable. A medida que se coloque la membrana, el aire y las presiones de vapor desde el piso son desfogadas a través de pequeños orificios que se le hacen a la membrana. El color y la presión de la colocación de la superficie de rodamiento sella los pequeños orificios.
  3. Use hojas preformadas las cuales son autosellantes. Después de la colocación de la membrana, se alise para concentrar el aire y los vapores en grandes bolsas las cuales son perforadas y adheridas al piso.
  4. Utilice calentadores para elevar la temperatura del piso sobre la ambiental y coloque la membrana tal como el piso se enfríe durante el "tratamiento sin gas". Únicamente un sistema líquido utiliza este método.
  5. Use una membrana preformada la cual no es autosellante. Esta es colocada, alisada, perforada como sea necesario y resanada. Este se considera como el método menos deseable debido al gran número de parches requerido y a su costo relativo más alto.
- (f) Especifique que las burbujas formadas durante la colocación de la capa deben ser perforadas. Las membranas autosellantes pueden ser perforadas a través de la capa superpuesta. Otras membranas deben desarrollar un método de desfogue, si es necesario, durante la operación de pavimentación.
- (g) No utilice sistemas con tiempos de curación de aire críticos para cualquier componente; especialmente para adhesivos utilizados bajo un componente a prueba de aire. El cubrimiento prematuro de tal componente por la capa siguiente evita el curado lo cual deja una capa inestable. Un recubrimiento tardío impide la adherencia.
- (h) Diseñe un sistema de drenaje para la superficie superior de la membrana. El agua salada retenida en la parte superior de la membrana puede atacar áreas más grandes.
- (i) Prevea una protección de membrana compatible, tal como un papel impermeable u otros productos comerciales. Este componente deberá proporcionar protección de las actividades de construcción, el calentamiento de la capa superpuesta, la penetración del agregado y el escurrimiento en frío (movimiento longitudinal), bajo el tránsito, lo que resultará en una vida más larga

(j) Utilice una capa de rodamiento con un espesor mínimo de desgaste de 5 cm (2"). La experiencia ha mostrado que los 5 cm (2") mínimos pueden proporcionar la resistencia extra necesaria para preservar una instalación, cuando otros conceptos, tales como la adherencia, no son efectivos.

(k) Evalúe el costo total y la efectividad del costo.

#### d. CONTROL DE CONSTRUCCION

(1) Antecedentes. En el pasado, las especificaciones para la impermeabilización han dejado opciones de construcción abierta. Si una selección del sistema y el proyecto pueden ser completados utilizando las guías mencionadas en esta nota, el control de la construcción puede ser descrito adecuadamente en las especificaciones. En este caso las recomendaciones de construcción están listadas en el párrafo 4.d.(2) abajo.

#### (2) Operación

(a) Siga las especificaciones una vez que estas estén adecuadamente establecidas.

(b) Haga todas las mejoras aparentes únicamente por orden de trabajo o cambio, de tal manera que los materiales e ingenieros de proyecto puedan proporcionar proyectos futuros con el beneficio de su trabajo.

(c) Plantilla de personal calificado para supervisar cada instalación de piso.

#### e. RESPONSABILIDAD DE LOS FABRICANTES

(1) Antecedentes. Gran parte de la información de precalificación y diseño recomendada en los párrafos 4.c. y 4.d. anteriores deberá ser proporcionada por el fabricante para los productos patentados. Esta responsabilidad se ha presentado a la mayoría de los proveedores de membrana, pero no ha sido formalmente solicitada a la fecha.

(2) Operación. Es recomendable que los proveedores y fabricantes de membranas utilicen información de apoyo técnica para cuando menos los conceptos siguientes:

(a) Su compatibilidad con los componentes siguientes:

1. Las prácticas o compuestos para el curado del concreto de la localidad específica.
  2. El asfalto que va a ser utilizado en la superficie de rodamiento.
  3. Los cartones de protección y papeles impermeabilizantes de la localidad específica.
  4. Los adhesivos e imprimados que se van a encontrar durante y después de la colocación.
- (b) Su mejor recubrimiento de protección y la especificación correspondiente.
  - (c) Su vida relativa con y sin un recubrimiento de protección.
  - (d) Su estabilidad relativa y adherencia interna con y sin un recubrimiento de protección.
  - (e) El mejor procedimiento de instalación que cumpla con las especificaciones y las ventajas y desventajas de otros procedimientos de instalación.

#### f. PRODUCTOS GLOSADOS

##### (1) Hojas Preformadas

- (a) El Royston No. 10 no ha tenido un cambio significativo en los datos reportados.
- (b) Del Bituteno de uso rudo se han reportado dos problemas desde nuestra última Nota FHWA.
  1. Las ampollas han originado fallas en la sobrecarga en algunas instalaciones. Aun cuando estas ampollas han sido hábilmente cubiertas, ellas no siempre han sido perjudiciales a la sobrecarga. La eliminación de todas las ampollas por perforación y sellado antes de la colocación del recubrimiento, pudiera verdaderamente asegurar una mejor oportunidad de un comportamiento satisfactorio durante un período largo.
  2. El refuerzo con bituteno, anterior al verano de 1974, fue susceptible a contracción por calor dentro de rangos de temperatura más bajo para la capa de rodamiento. Bajo ciertas condiciones la contracción es perjudicial a la capa de rodamiento.

- (c) Protecto-Wrap es la única compañía que fabrica una hoja de protección, P-100, para su membrana. Se recomienda que se utilice esta hoja, mientras que varios Estados han reportado problemas de incompatibilidad entre el Protecto-Wrap y la capa de rodamiento de concreto asfáltico. Una reacción química puede dar como resultado la pérdida de la adherencia de la capa superpuesta. Esta información se presenta para ayudar a explicar el agrietamiento poco usual, o las fallas existentes en proyectos bajo evaluación.
- (d) No se ha reportado a la fecha un uso amplio y satisfactorio de los cinco productos identificados por NCHRP 12-11. Sus costos han sido muy altos y su instalación difícil.

##### (2) Membranas Líquidas

- (a) El supersellador 4000 (también se vende como WABO-4000 y NEA 4000 en el Este) ha tenido un uso extenso como una buena resistividad probada en proyectos anteriores. Es casi la membrana más económica y fácil de aplicar y ya no se le considera experimental.
- (b) La membrana del piso del Puente Chevron ha tenido un incremento satisfactorio en su utilización. Aun cuando su uso es un poco menor que Supersello 4000, no se han tenido reportes negativos y no existe razón para restringir su uso debido a su estado experimental.
- (c) El sistema de capas de fibra de vidrio alquitrán (o asfalto vidrio) es aún la única membrana no patentada y no experimental reportada a la fecha. Este sistema ha tenido muchas variaciones en el número de capas, tipo de refuerzo, tipo de cemento bituminoso y secuencia de aplicación de las capas. Su rendimiento varía entre bueno y malo dependiendo de la práctica de construcción.
- (d) Nexdeck USS ha sido retirada del mercado.

##### (3) Membranas de Cemento Bituminoso

- (a) El sistema John Mansville de pavimento asfáltico—asbesto no está patentado y se han recibido recientemente reportes de un buen rendimiento sobre instalaciones nuevas. Este sistema es económico y ya anteriormente tuvo un comportamiento a largo plazo excelente, sobre un limitado número de puentes. No hay razón para considerar el asfalto-asbesto como experimental, excepto para una evaluación continua en gran escala.

- (b) Se han propuesto y experimentado otros sistemas de pavimento asfáltico con aditivos de hule para impermeabilización. Cualquier sistema que sea económico y muestre posibilidad, se fomentará para lograr su instalación y evaluación sobre bases experimentales.

#### g. PRUEBAS

- (1) Se han utilizado tiras húmedas de cobre bajo las membranas para la evaluación y clasificación de los sistemas. Se percibe que esta prueba de resistividad eléctrica simplemente mide la humedad bajo la membrana en vez de la humedad que ha penetrado la membrana. Como conclusión, la prueba está influenciada, puesto que las membranas preformadas tienden a atrapar aire durante su colocación y entonces arrastran hacia arriba la humedad del piso después de colocadas. El último proceso se debe parcialmente a su color negro que absorbe más calor. Los cementos asfálticos y líquidos generalmente se aplican en caliente y eliminan la humedad del piso la cual puede escapar a través de la membrana antes de su curado o solidificación.
- (2) La otra única prueba de campo no destructiva para membranas, es también una prueba de resistencia eléctrica. Ella es el método California, tratado en la Nota N 5080.27 de la FHWA de fecha 25 de noviembre de 1974, titulada, "NEEP No. 12-Prueba de Resistividad Eléctrica de Membranas".

#### h. ANEXO-A.

- (1) Es muy posible que un buen sistema de impermeabilización haya sido pasado por alto en esta nota. El Anexo A se establece para el comentario de tales sistemas para su inclusión en NEEP No. 12.
- (2) En el párrafo 4.b.(2) anterior, se discute la precalificación. Esta parece ser el único renglón factible con potencial inmediato para estandarización. El Anexo A se provee como respuesta a una propuesta de revisión nacional de la prueba de precalificación de las membranas.
- (3) Se solicita que las oficinas regionales completen y presenten una copia del Anexo A a la División de Mantenimiento y Construcción, División de Práctica y Método de Construcción (HHO-31).

### 5. CONCRETOS POLIMEROS

#### a. Antecedentes

- (1) Aunque una gran cantidad de información sobre investigación está disponible sobre los concretos polímeros, concretos impregnados de polímero, concreto sellado internamente y concreto monómero, la aplicación operacional no es una realidad en este tiempo.

- (2) Concreto Modificado con Polímero (PMC) es el único tipo de polímero operacional con uso satisfactorio amplio. El modificador no está patentado, pero generalmente es fabricado únicamente por DOW Chemical como Modificador A SM-100. Debido a los arreglos para licencia de DOW, el producto debe ser identificado como experimental cuando se especifique. El costo impone que el PMC sea utilizado en un sistema de dos capas como la capa superior sobre el concreto estructural y acero del piso.

#### b. Operación

- (1) El PMC utilizado Modificador A de DOW, proporciona protección contra los cloruros cuando ha sido colocado apropiadamente. El Modificador B no se recomienda debido a su alto contenido de cloruro.
- (2) Un espesor total de 19 mm (3/4") proporcionará protección bajo condiciones ideales, pero el espesor recomendado es de 32 mm (1 1/4"). Algunas condiciones (reconstrucción o superficies poco uniformes) pueden requerir un espesor nominal de PMC mayor en vez de proporcionar una capa niveladora muy delgada de 6.4 mm (1/4") de concreto convencional o de eliminar promotores delgados de concreto del piso. Es recomendable un recubrimiento mínimo total (incluyendo el PMC) de 5 cm (2") sobre las varillas superiores.
- (3) El comportamiento satisfactorio de las capas de PMC depende completamente de un control estricto en la construcción de la relación agua/cemento, de la densidad en el lugar y del curado. En el pasado, el rendimiento pobre pudo deberse a variaciones en la relación agua/cemento y a la densidad en el lugar.
- (4) En algunas capas superpuestas de PMC se ha presentado un agrietamiento fino en forma de piel de cocodrilo. Esto, a la fecha, no ha significado un problema de comportamiento si el recubrimiento se ha colocado adecuadamente.
- (5) Los cloruros han penetrado el recubrimiento de PMC en una proporción baja. Esto ocurre en losas que se investigaron y en pisos de puente existentes. Sin embargo, los corazones muestran que las concentraciones de cloruro han permanecido abajo de los límites de corrosión críticos (1.3 libras por yarda cúbica) en el nivel de las varillas superiores después de 5 años.
- (6) Las capas de PMC brindan una posible solución a la protección del piso para las condiciones asentadas en 4.c.(2)(b) anterior.



(7) Bajo el desgaste de llantas pesadas con picos, las capas de PMC duran más que el concreto convencional, aun cuando su vida mayor pudiera ser relativamente corta. Otra protección del piso con recubrimientos de concreto asfáltico disponible, pudiera evaluarse económicamente cuando el uso de llantas con picos sea significativo.

**6. CONCRETO P. C. DENSO**

**a. Antecedentes**

- (1) La clase de concreto (relación agua/cemento 0.5, seis sacos de cemento y 5 cm (2") de revenimiento no presenta protección contra la penetración destructiva del cloruro.
- (2) Una superficie de rodamiento separada, de concreto clase especial (relación agua/cemento 0.32 y 8.75 sacos de cemento) con alta densidad (98 por ciento) y bajo revenimiento se conoce como el Sistema Iowa. (Nota: las proporciones corresponden al sistema inglés). Este presenta protección contra el deterioro aun cuando haya una penetración de cloruro lenta.

**b. Operación**

- (1) La calidad del concreto no se recomienda como un sistema de protección, aun cuando se proporcione un recubrimiento adicional.
- (2) El concreto de calidad especial ha sido aprobado para uso experimental en Iowa y presenta una propuesta alternativa prometedora para las capas de PMC tratadas en el párrafo 5.b. anterior.

**7. COMENTARIOS SOBRE LAS LIMITACIONES DEL PROYECTO EXPERIMENTAL**

- a. La información en esta nota está basada en evaluaciones a relativamente corto plazo. Deberá admitirse que las evaluaciones a largo plazo son necesarias para todos los productos y sistemas y que las conclusiones posteriores pueden ser diferentes, aun para los productos que son actualmente no experimentales. Los proyectos experimentales deberán estar incluidos en un programa de observación continua (no necesariamente para cada puente) hasta que puedan obtenerse conclusiones definitivas para el sistema en cuestión.
- b. En algunos casos, el estado experimental de membranas se está utilizando como el único criterio para su inclusión o eliminación de las propuestas de construcción del Estado. Esta acción se basa en el concepto erróneo

que el estado no experimental de una membrana es un "respaldo" o "aprobación" de la FHWA. Esto actualmente significa que el producto ha sido instalado satisfactoriamente y evaluado por un número significativo de Estados, generalmente sobre bases no competitivas. Una mala interpretación continua de este estado pudiera excluir productos potencialmente competitivos provenientes de pruebas experimentales y propuestas alternativas. Nosotros continuamos impulsando la construcción experimental de cualquier producto con mérito aparentes. No resulta de interés público impedir el uso de productos debido a su estado experimental

H.A. Lindberg

Administrador Asociado para Operaciones  
de Ingeniería de Tránsito.

**ANEXO A**

**REPLICA A LA NOTA FHWA**

N 5080.28 de fecha 21 de Enero de 1975

ASUNTO: NEEP No. 12

DE : región-----

PARA : División de Construcción y Mantenimiento

Sección de Prácticas y Métodos de Construcción (HHO-31)

- 1. Las siguientes son nuestras divisiones y las membranas que ellas han recomendado como dignas de una consideración más amplia en NEEP No. 12. Se anexa información de apoyo, hipótesis comprobada.

División	Membrana Especifica	Anexo de Apoyo
----------	---------------------	----------------

- 2. Las divisiones siguientes están interesadas en participar en la estandarización de pruebas de precalificación para membranas. Si se requiere, aquellas comprobadas presentarán copias de sus procedimientos de prueba actuales

División	Presentará Pruebas	No tiene Pruebas	Observaciones

### 10.3.3 MATERIALES PARA RESANE DE CONCRETO PARA ESTRUCTURAS

Es probable afirmar con certeza que la necesidad de reparar las superficies de los caminos y puentes tiene exasperada a la humanidad desde antes de la invención de que tenían que ser reparados el transporte de canoas sobre ruedas y el rastro dejado por el acarreo a lomo de animales. La necesidad de resanar aún permanece, aun en nuestros modernos y sofisticados caminos y puentes. Con nuestro volumen de tránsito grandemente incrementado, el problema de realizar tal reparación es muy costoso, no únicamente desde el punto de vista del procedimiento de reparación actual, sino también por el tiempo que pierde el transporte público y el costo de proporcionar un control de tránsito mientras el trabajo se lleva a cabo. Es un hecho positivo, que la interrupción del tránsito, con su riesgo de daño incrementado, se convierte en una consideración que debe anularse en los caminos y puentes con tránsito fuerte. Por consiguiente, es urgente que las reparaciones se completen lo más rápidamente posible. Por esto, los objetivos de este estudio fueron (1) evaluar en el laboratorio, diversos materiales, los cuales se han propuesto como sistemas para resane de alta resistencia y fraguado rápidos y (2) evaluar los métodos para probar en el laboratorio diferentes materiales de resane.

Aunque están disponibles muchos materiales para resane, este estudio fue limitado a 9 materiales y las modificaciones de éstos, los cuales eran relativamente nuevos en el mercado, o sobre los que se deseaba información adicional. Se seleccionó como un control un cemento Portland Tipo III, de alta resistencia rápida, debido a que este material tiene mucho tiempo de ser utilizado en la reparación de las superficies de concreto.

En vista de que las características de un material de reparación deseable son difíciles de definir y debido a que las características requeridas pueden variar con el tipo de reparación, se evaluaron diversas propiedades de los materiales para resane.

#### A. Resultados y Exposición

##### 1. Cemento Tipo III de Alta Resistencia Rápida

En este estudio todos los materiales de resane se comparan con el cemento Tipo III de alta resistencia rápida, para el cual todas las propiedades, excepto la de resistencia rápida, parecen ser adecuadas para los materiales de resane. La resistencia requerida de un material de resane no ha sido determinada, si bien O'Connor ha sugerido un tiempo mínimo de fraguado inicial de 15 minutos, una resistencia mínima a compresión de 300 libras por pulgada cuadrada (2.07 mega-pascales) a las dos horas y 2500 libras por pulgada cuadrada (17.2 mega-pascales) a las 24 horas, para los materiales que se espera llevarán tránsito después de 2 horas de curado. Debe mantenerse un balance razonable entre las resisten-

cia rápida y el tiempo de fraguado. Debe permitirse la mayor resistencia rápida antes del tráfico sobre el área reparada, sin embargo, los trabajadores deben tener el tiempo suficiente para colocar y terminar la reparación.

La resistencia del cemento Tipo III como se determinó en este estudio fue de 300 libras por pulgada cuadrada (2.09 mega pascales) a las 8 horas, sin embargo, una resistencia muy alta pudiera obtener indudablemente por la adición de cloruro de calcio combinado con el uso de agregados o agua de mezcla calentados.

##### 2. Fondu

La resistencia a compresión del Fondu es casi 10 veces mayor que la del cemento de alta resistencia rápida a las 8 horas. Sin embargo su resistencia a las 2 horas es todavía mucho menor de las 300 libras por pulgada cuadrada (2.07 mega pascales) que fueron recomendadas por O'Connor, Departamento de Caminos de Texas.

Las resistencias de adherencia obtenidas son mucho más bajas que las del cemento de alta resistencia rápida, si bien otros investigadores han obtenido adherencia satisfactorias con cemento de alúmina alta bajo condiciones diferentes de las que se reportan aquí.

Las otras propiedades del Fondu son completamente similares a las del cemento de alta resistencia rápida. Sin embargo, los usuarios deben estar advertidos que la relación agua/cemento debiera conservarse abajo de 0.36 y la temperatura abajo de 20°C durante las primeras 24 horas a fin de prevenir el deterioro del concreto.

##### 3. Cemento de Alúmina

La resistencia a la compresión del cemento de alúmina (Lumnite) es de 5200 libras por pulgada cuadrada (35.8 mega pascales) a las 24 horas, comparada con 2800 libras por pulgada cuadrada (19.3 mega pascales) para el cemento de alta resistencia rápida; mientras que a las 8 horas la resistencia a compresión del Lumnite es completamente baja, 20 libras por pulgada cuadrada (0.14 mega pascales) comparada con las 300 (2.1 mega pascales) del cemento de alta resistencia rápida. Sin embargo, aun cuando el Lumnite y el Fondu son cementos de aluminato de calcio y generalmente considerados como materiales similares, las resistencias son sumamente diferentes a edades tempranas.

La resistencia de adherencia del Mumnite es mucho menor que la del cemento de alta resistencia rápida, pero es un poco mayor que la del otro cemento de aluminato de calcio (Fondu).

Las otras propiedades del Lumnite parecen completamente favorables, si bien el cambio de longitud durante el humedecido y el secado es un poco mayor que para el cemento de alta resistencia rápida.

"ALCOA" reporta una resistencia de casi 1500 libras por pulgada cuadrada (10 mega pascales) en 2 horas cuando se utiliza una mezcla de 55 por ciento de cemento Portland tipo III y 45 por ciento de Lumnite como un aditivo. Esta mezcla puede justificar un estudio más amplio.

#### 4. Duracal

La resistencia a compresión del Duracal a las 2 horas (700 libras por pulgada cuadrada, 4.8 mega pascales) excede el valor mínimo para los materiales de resane mencionados anteriormente, no obstante su resistencia a la adherencia puede ser menor que la deseada. Sin embargo, la ligera dilatación del Duracal puede acuñar los resanes dentro del concreto circunvecino, lo cual hace la adherencia menos necesaria en los resanes que la que se requeriría para capas superpuestas.

El tiempo de fraguado para el Duracal es de casi 15 minutos, lo cual es una clara ventaja para resanes pequeños, pero podría requerirse un manejo especial para resanes de gran tamaño.

El hecho de que el Duracal permita una rápida penetración de sal pudiera provocar la corrosión del acero de refuerzo en el piso de los puentes; también la velocidad del desgaste en la prueba de abrasión es completamente rápida. No obstante que la durabilidad bajo congelamiento y descongelamiento rápidos es muy buena (DF = 98.8), el módulo de ruptura y la resistencia a la compresión son muy reducidas cuando se compara acompañada de varillas sin congelamiento y deshielo.

#### 5. Resane para Carreteras Cinco Estrellas

La resistencia a la compresión del resane para carreteras Cinco Estrellas es el triple de la del cemento Tipo III, sin embargo, la resistencia a las 2 horas (90 libras por pulgada cuadrada, 0.62 mega pascales) es mucho más baja que la recomendada para los materiales de resane.

La resistencia a la adherencia de este material a los tres días es mayor que la de cualquier material probado en estos programas. Esto puede ser en parte responsable de los buenos resultados obtenidos durante su uso actual, como fue reportado por Sundquist et al.

Las resistencias rápidas obtenidas aquí están un poco abajo de las reportadas por Sundquist et al, no obstante, es interesante notar que con su resistencia

reportada de 110 libras por pulgada cuadrada (0.75 mega pascales) en 4 horas "el tránsito tres horas después de su colocación no alteró notablemente los resanes de campo."

La resistencia al desconchamiento causado por las sales para el deshielo es un poco menor, con una clasificación de 3 para una losa y de 2 para otra; sin embargo, estos resultados del desconchamiento deberán utilizarse con cuidado, como se indica más adelante en las discusiones del modificador Dow atex, los datos de campo para estos materiales indican que la prueba de desconchamiento como se practica aquí, puede proporcionar condiciones más severas que las que ocurren en la práctica.

#### 6. Wiffledust

Wiffledust se probó utilizando nuestro cemento Tipo I y agregado de arena, sílice, en vez del cemento y el agregado proporcionado con el material preparado Cinco Estrellas. La resistencia a compresión es un poco menor que el resane Cinco Estrellas, pero todavía el doble que la del Cemento Tipo III a las 8 horas. La resistencia de adherencia es casi la mitad de la del Resane Cinco Estrellas. Esta adherencia baja puede deberse en parte al cambio de longitud un poco mayor durante el secado y el humedecido.

La resistencia a las sales para deshielo del Wiffledust es baja en una relación de 5 a 2 y tiene un factor de durabilidad de únicamente 3.6 También el módulo de ruptura es en gran parte reducido por el congelamiento y el deshielo.

#### 7. Modificadores A y B Dow Latex

Los modificadores A y B Dow Latex fueron probados después del curado en aire así como después del curado húmedo. La resistencia a la compresión de los cuatro tipos de especímenes es similar a la del cemento Tipo III. La resistencia de adherencia de estos materiales es generalmente mayor que la del cemento tipo III. El cambio de longitud en el humedecimiento y en el secado y durante el curado, y la dilatación térmica son todos un poco mayores que para el cemento Tipo III.

Estos dos materiales tienen la mayor resistencia a la abrasión que cualquier material probado.

El Modificador A ha sido utilizado con éxito en varios Estados como un material de resane y como un recubrimiento. Debido a la alta penetración del cloruro mostrada por el Modificador B, tal vez no será utilizado para resanes permanentes en concreto que tenga acero de refuerzo.

La baja durabilidad del Modificador A Dow en la prueba de desconchamiento es completamente sorprendente debido a que se ha reportado un pequeño des-

conchamiento, las numerosas instalaciones de campo de este material. También en otro estudio de investigación en este laboratorio, grandes losas de Modificador A probadas exteriormente bajo condiciones naturales de congelamiento, con aplicaciones similares de cloruro de sodio (en vez de cloruro de calcio) no han mostrado evidencia de desconchamiento. Es posible que esta prueba sea más severa que necesaria y pudiera tal vez modificarse para proporcionar resultados que se correlacionen más estrechamente con la experiencia de campo.

#### 8. Acero República

El concreto de fraguado rápido del acero República fue curado en cuarto con aire y bajo condiciones de humedad. También fue probado concreto curado con aire utilizando arena silicosa en vez del agregado de dolomita que fue proporcionado. Los dos sistemas de curado con aire dan muy altas resistencia a la compresión a las dos horas. Sin embargo, el tiempo de fraguado es tan rápido que es difícil de colocar. Ello tal vez pudiera ser colocado más rápidamente por un inyector neumático o por una mezcladora continua. La resistencia a la adherencia, particularmente de aquellos resanes hechos con arena silicosa, es una de las más altas que se probaron.

Todos los otros resultados de prueba fueron similares a los del cemento Tipo III, sin embargo, varias pruebas sobre este material han sido omitidas debido a que el fraguado muy rápido hizo difícil colocarlas en los moldes además de que la fuerte adherencia a los moldes metálicos hace muy difícil retirar los especímenes de éstos.

Este material deberá ser usado únicamente en áreas bien ventiladas debidas al desarrollo de gas de amoníaco durante el cuadro.

#### 9. Prepatch

Se evaluaron dos formulaciones diferentes de este material. Ambos materiales tuvieron resistencias muy altas a la compresión a las 2 horas. Sin embargo, la resistencia de adherencia y la resistencia a la abrasión fueron bajas. Bajo la prueba de desconchamiento, la mezcla numero 1 fue muy buena, sin embargo, la mezcla numero 2 se desintegró completamente en 7 ciclos. También la penetración de los iones de cloruro fue muy alta.

#### 10. Wollastonita Silico-Fosfato

Este material cementante tiene resistencia a la compresión muy altas; sin embargo, debido a su muy pobre adherencia, muy rápido fraguado inicial, muy alto cambio de longitud bajo humedecimiento y secado y muy alta absorción de agua, el material requiere más desarrollo y modificación antes de que pueda ser recomendado como un material para resane.

#### 11. Reg Set Cement

La resistencia a la compresión del Cemento Reg Set es 10 veces la del cemento Tipo III a las ocho horas y a las dos horas es un poco mayor que la recomendada. También la resistencia de adherencia es muy buena. Esta resistencia alta de adherencia es quizá sorprendente, en vista del cambio de longitud excesivo obtenido durante el humedecimiento y en el secado. De acuerdo con las otras propiedades, el material parece satisfactorio para un material de resane.

El Reg Set ha mostrado resultados confusos en las pruebas de campo y deberán efectuarse pruebas adicionales del material bajo las condiciones de campo existentes.

#### B. Conclusiones y Recomendaciones

La evaluación de cualquier material de resane dependerá de lo que se requiera, de acuerdo al uso específico que se le va a dar. Algunos de los requisitos, como la resistencia a la compresión última, deben ser los mismos, sin hacer caso si va a ser utilizado para una reparación temporal o permanente o si será utilizado sobre un piso de puente o un pavimento. Sin embargo, otros requisitos tales como el efecto corrosivo sobre el acero o la permeabilidad a los cloruros, variará de acuerdo al uso. Por esto, un programa de evaluación debe estar basado sobre el uso que se pretende del material. Por ejemplo; para resanes permanentes en contacto con acero, los valores para las propiedades siguientes deberán ser los más deseables:

1. Tiempo de fraguado
2. Resistencia rápida (tal vez a las 2 horas)
3. Resistencia a los 28 días
4. Resistencia de la adherencia al concreto
5. Durabilidad bajo congelación y deshielo
6. Resistencia a la penetración de sales
7. Cambios de volumen durante el humedecimiento o el secado
8. Cambios de volumen durante el fraguado
9. Coeficiente de dilatación térmica
10. Resistencia a la abrasión

Para resanes similares para utilizarse en contacto con concreto únicamente, todas las propiedades anteriores serán examinadas con la excepción de la penetración de sales.

Para resanes temporales al contrario de los resanes permanentes, las propiedades del 1 al 4 listadas anteriormente, serán de importancia fundamental. Para capas superpuestas es también más importante tener conocimiento de todas las propiedades del 1 al 10 listadas con anterioridad; sin embargo, los valores para estas propiedades variarán considerablemente de los necesarios para resanes.

A efecto de investigar las propiedades enumeradas anteriormente, se utilizaron en esta investigación muchas pruebas estándar y algunas especiales. La mayoría de las pruebas empleadas fueron muy satisfactorias; sin embargo, algunas dejaron mucho que desear. Por ejemplo, las pruebas siguientes deberán ser modificadas o eliminadas:

1. La determinación del flujo casi no tiene sentido para materiales de fraguado rápido.
2. La determinación de la corrosión de las varillas, como se discutió anteriormente, es también subjetiva y el tiempo mal gastado sea de valor real.
3. La prueba del descamado debido a las sales para el deshielo deberá interpretarse con gran cuidado, en vista de que los datos de campo para algunos materiales no muestran este daño con la misma magnitud como ocurre en la prueba.

Si los resultados de un material para resane parecen promisorios, las pruebas serán completadas con ensayos en el campo.

#### 10.3.4 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES (COMBINACION DE MEMBRANA Y SUPERFICIE DE RODAMIENTO)

Este es un término amplio que abarca diversos tipos de aplicaciones de asfalto y asfalto-agregado, generalmente de 2.5 cm (1") de espesor. El método de aplicación comúnmente consiste en colocar una sola aplicación de asfalto a la superficie, seguido inmediatamente con una sola capa de agregado de tamaño uniforme. Pueden ser colocadas varias aplicaciones sucesivas de asfalto y piedra para formar una capa de mayor espesor de tratamiento superficial múltiple.

Puede consultarse el Folleto MS-13 del Instituto del Asfalto, Tratamientos Superficiales de Asfalto, para procedimientos específicos.

Pueden ser utilizados con buenos resultados otros productos bituminosos como el chapopote.

#### 10.3.5 SELLOS CON LECHADA (COMBINACION DE MEMBRANA Y SUPERFICIE DE RODAMIENTO)

El sello de lechada es generalmente una mezcla de emulsiones de asfalto de fraguado lento (SS-1, SS-1h, SS-k ó SS-kh), agregado fino, relleno mineral y el agua necesaria para producir una consistencia de pasta aguada (lechada).

Esto puede hacerse en una mezcladora enyesadora o en un camión mezclador de concreto; sin embargo, generalmente se hace en una máquina diseñada para mezclado y colocación de sello de lechada.

Tan pronto como los flujos de mezcla se esparcen como una onda delante del rodillo o escobilla de goma, permiten a la mezcla fluir dentro de los agujeros y grietas en el pavimento.

Los detalles de diseño pueden encontrarse en el Folleto MS-13 del Instituto del Asfalto, Tratamientos Superficiales de Asfalto.

**MANUAL PARA INSPECCION Y CONSERVACION  
DE PUENTES TOMO I.** Se terminó de imprimir en  
el mes de marzo de 1988 en los talleres de No-  
vagraf, S.A. de C.V., Penitenciaría 11, C.P. 15270,  
México, D.F. Su tiraje fue de 1,500 ejemplares, la  
edición estuvo a cargo de la Dirección General de  
Comunicación Social de la SCT.



**SECRETARIA  
DE COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES**

**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA**

# **Manual para inspección y conservación de puentes**

**Tomo I**

**Dirección General de Servicios Técnicos**

**Dirección General de Servicios Técnicos  
México, D.F. 1988**

## **PRESENTACION**

Numerosos puentes de la red de carreteras y ferrocarriles de nuestro país presentan daños diversos y otras anomalías de comportamiento como consecuencia del notable incremento experimentado por la magnitud y la frecuencia de las cargas rodantes, cuyos efectos se ven agravados por el deterioro que causan los elementos ambientales al haberse diferido los programas normales de mantenimiento por la necesidad de atender con prioridad otros problemas nacionales.

Conscientes de este problema, las autoridades de la Subsecretaría de Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes han emprendido en los últimos años extensas tareas de rehabilitación de puentes a todo lo largo del territorio del país.

La Dirección General de Servicios Técnicos ha preparado este manual con la intención de que sirva como un auxiliar a los ingenieros y técnicos encargados de esas tareas de rehabilitación. Este tomo contiene la traducción al español, con algunas adaptaciones al medio mexicano, de la publicación norteamericana titulada:

**"AASHTO MANUAL FOR BRIDGE MAINTENANCE 1976".**  
(Manual AASHTO para Mantenimiento de Puentes) 1976.

Esta publicación no lucrativa, es de carácter interno y está destinada fundamentalmente al uso de ingenieros y técnicos de la S.C.T. Se ruega a los tenedores de un ejemplar comunicar a la Dirección General de Servicios Técnicos las observaciones que estimen pertinentes.



**Inspección para  
mantenimiento  
de puentes**

## INDICE

	Página
1.- Prefacio	7
2.- Inspección	13
3.- Registros	35
4.- Clasificación de puentes	45
5.- Especificaciones para verificar la capacidad de los puentes existentes	53
Apéndice A.- Planos y tablas	81

## PREFACIO

La principal función del ingeniero de mantenimiento de puentes es conservar los puentes carreteros en condiciones que proporcionen un flujo de tránsito seguro e ininterrumpido. La protección de la inversión en una estructura, a través de un buen programa de reparaciones y el mantenimiento preventivo, sólo es secundario a la seguridad del tránsito y de la propia estructura. Para lograr el resultado deseado se requiere una vigilancia constante y procedimientos de inspección completos y cuidadosos.

Este manual ha sido elaborado para servir como una norma y proporcionar uniformidad en los procedimientos y políticas para determinar las condiciones físicas y las necesidades de mantenimiento de los puentes carreteros.

Los procedimientos para corregir las fallas conocidas quedan fuera de los objetivos de este manual y no se han hecho intentos para abarcar este campo.

Durante la preparación de la primera edición de este manual, se recibieron comentarios y valiosas sugerencias del Consulting Engineers' Council Task Force Committee de acuerdo con la National Bridge Inspection Standards.

## **INSPECCION**

2.1. Generalidades

2.2. Requisitos del Personal de Inspección

2.3. Frecuencia de la Inspección

2.4. Procedimientos y Reportes de la Inspección

2.4.1. Generalidades

2.4.2. Procedimientos de Inspección

(1) Accesos

(2) Corriente de agua

(3) Pilas y Estribos

(4) Caballetes

(5) Largueros

(6) Trabes de acero

(7) Trabes de concreto

(8) Apoyos

(9) Juntas de dilatación

(10) Cubiertas

(11) Guarniciones

(12) Banquetas

(13) Parapetos

(14) Barreras

(15) Armaduras (Acero)

(16) Armaduras (Madera)

- (17) Puentes móviles
- (18) Tramos suspendidos
- (19) Señalamiento
- (20) Instalaciones independientes de la estructura
- (21) Estética
- (22) Generalidades

#### 2.4.3 Reportes de la Inspección del Puente

## INSPECCION

### 2.1 GENERALIDADES

Inspección de un puente es el uso de las técnicas requeridas para determinar el estado físico de la estructura.

### 2.2 REQUISITOS DEL PERSONAL DE INSPECCION

La persona encargada de la unidad organizacional, en la que se han delegado las responsabilidades de inspección, de elaborar reportes y de realizar el inventario del puente, deberá cumplir con los requisitos mínimos siguientes:

- (1) Ser ingeniero titulado y registrado, o
- (2) Estar calificado para poder registrarse como ingeniero titulado de conformidad con las leyes del estado, o
- (3) Tener una experiencia de 10 años como mínimo en el campo de la inspección de puentes, en calidad de responsable, y haber asistido a un curso completo de adiestramiento basado en el 'Bridge Inspector's Training Manual', que fue desarrollado en un esfuerzo conjunto Federal y Estatal y publicado por el U.S. Department of Transportation\*

Será el responsable de toda la inspección de campo, de los análisis y de todos los resultados de la inspección y de las recomendaciones subsecuentes para corregir defectos, para colocar los carteles indicadores de restricción de carga y/o de velocidad o para algunas otras recomendaciones que se juzguen necesarias.

Los problemas encontrados en este trabajo son numerosos, variables y frecuentemente complejos. Por consiguiente, para evaluar debidamente la situación tendrá que aplicar su criterio.

\* El 'Bridge Inspector's Training Manual' puede adquirirse a un costo de \$ 3.55, solicitándolo al Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402

Deberá estar totalmente familiarizado con las características de construcción y proyecto del puente para interpretar correctamente las observaciones y los reportes. Deberá ser capaz de determinar la carga de trabajo y la capacidad de carga de la estructura así como reconocer cualquier deficiencia estructural, valorar su gravedad y tomar las medidas necesarias y apropiadas para mantener el puente bajo condiciones de seguridad. También deberá poder reconocer las áreas del puente en donde exista un problema incipiente para poder programar correctamente el mantenimiento preventivo.

Rara vez una misma persona tendrá la experiencia suficiente para llevar los requisitos de experto en todos los campos especializados de Ingeniería de puentes. Deberá estar consciente de cualesquiera limitaciones impuestas por su falta de experiencia en cualquier área de trabajo. Jamás deberá titubear en utilizar los conocimientos y la experiencia de Ingenieros colegas en campos tales como proyecto estructural, construcción, materiales, conservación, equipo eléctrico, maquinaria, hidrodinámica, suelos o reparaciones de emergencia.

Deberá considerar la posibilidad de obtener ayuda de otros ingenieros cuando no se cuente con personal fijo o bien cuando se requiera la asesoría en estructuras especiales, tales como puentes suspendidos, puentes móviles o estructuras excepcionalmente largas.

Un equipo de inspección de puentes que opere como parte de una unidad organizacional será dirigido por una persona que reúna los requisitos mínimos siguientes:

- 1) Estar catalogado como jefe de la unidad organizacional
- (2) Tener un mínimo de experiencia de 5 años en cargos de inspección de puentes, en calidad de responsable, y haber completado el curso basado en el Bridge Inspector's Training Manual, desarrollado en un esfuerzo conjunto Federal y Estatal y publicado por el U.S. Departamento of Transportation.

### 2.3 FRECUENCIA DE LA INSPECCION

Cada puente deberá ser inspeccionado por personal calificado a intervalos regulares que no excedan de dos años, como ya se mencionó. La frecuencia con que se realicen dichas inspecciones al igual que su grado de dificultad dependerán de factores tales como su edad, la composición del tránsito, su estado de conservación y las fallas detectadas o conocidas. La evaluación de estos factores será de la competencia de la persona encargada del programa de inspección. Algunos aspectos, tales como el taladrar la madera, verificar secciones sumergidas de cables submarinos, etc., requieren inspecciones menos frecuentes como se indica en el inciso 2.4, Procedimientos y Reportes de la Inspección.

Cualquier puente en estado dudoso o con fallas previamente detectadas requerirá de inspecciones periódicas. Asimismo, todos los puentes señalados para un peso límite menor al legalmente estipulado para las carreteras estatales, también requerirán de inspecciones periódicas.

### 2.4 PROCEDIMIENTOS Y REPORTES DE LA INSPECCION

2.4.1. Generalidades La Investigación de campo de un puente deberá realizarse mediante procedimientos sistemáticos y organizados, eficientes, que minimicen la posibilidad de pasar por alto cualquier elemento del puente. Las observaciones deberán ser claras y detalladas de manera que puedan interpretarse debidamente en fechas posteriores al elaborar el reporte final. Para evitar descripciones demasiado largas, se incluirán croquis y fotografías.

2.4.2. Procedimientos de Inspección La inspección deberá incluir las siguientes observaciones, mas no necesariamente se limitará a ellas:

(1) Accesos. Las condiciones del pavimento en los accesos deberán verificarse en cuanto a irregularidades, asentamientos y rugosidades. La existencia de uno o más de estos defectos puede hacer que los vehículos que lleguen al puente produzcan esfuerzos de impacto inconvenientes para la estructura. El agrietamiento e irregularidad de una losa de acceso de concreto hidráulico puede indicar que existe un hueco bajo la losa, producido por erosión o asentamiento del relleno.

Examinense las juntas entre el pavimento del acceso y el diafragma del estribo, diseñadas para los movimientos térmicos, para determinar si el espacio libre es adecuado. Asimismo, determínese si la junta está debidamente sellada para evitar que se acumulen materiales no compresibles que impidan el movimiento normal.

Las condiciones de los acotamientos, pendientes, drenaje y barreras de acceso deberán ser revisadas dentro de este inciso.

A criterio del ingeniero, algunas de estas inspecciones periódicas pueden ser delegadas al personal de conservación de carreteras que ya hayan recibido una instrucción específica en sus tareas de inspección, métodos para reportar sus observaciones y procedimientos a seguir en alguna situación de emergencia relacionada con un puente. Esto puede llevarse a cabo por medio de un Superintendente o Sobrestante responsable de la conservación general de la carretera en el área del puente que requiera la inspección periódica.

En la medida de lo posible, el ingeniero deberá programar las inspecciones para aquellas épocas del año que ofrezcan las condiciones más favorables para realizar inspecciones completas. Las subestructuras de puentes sobre corrientes o ríos pueden inspeccionarse mejor en época de estiaje y las estructuras que requieren ser escaladas por su considerable altura deberán inspeccionarse cuando no soplen vientos fuertes ni en épocas de temperaturas extremas. Las inspecciones en climas extremos deberán realizarse en los apoyos, juntas, etc., en los sitios donde se sospecha que pueda haber problemas originados por movimientos térmicos. Estos son sólo unos cuantos ejemplos que se mencionan para ilustrar la importancia de la programación de las inspecciones.

Las inspecciones no deberán limitarse a tratar de detectar las probables fallas, sino que también deberán incluir una gama de problemas que pueden preverse además de reconocer estas áreas. Esta categoría se clasifica como inspecciones de mantenimiento preventivo en oposición a las inspecciones de mantenimiento correctivo.

(2) Corriente de agua. Deberá verificarse la capacidad hidráulica bajo la estructura considerando la cantidad de material de acarreo en época de avenidas. Cuando las márgenes son inadecuadas para resistir el hielo y los materiales flotantes, representan una grave amenaza para la estructura en niveles de aguas máximas. Estos niveles, el hielo y los cuerpos flotantes deberán registrarse como referencia futura, indicando la fecha precisa.

Si se lleva un registro del perfil del canal de la estructura y de sus cambios significativos, se contará con un valioso registro de las tendencias de socavación, desviación y degradación del canal o aumento de materias depositadas. Un estudio de estos fenómenos permite prever cuándo la protección de las zapatas de un estribo o pila puede ser requerida. El anticipar los problemas y tomar las medidas de protección adecuadas evitará o minimizará la posibilidad de futuras y serias dificultades.

Deberán inspeccionarse las defensas de las márgenes y de las riberas, además de otros dispositivos de protección para determinar si están sanos y si funcionan debidamente. Asimismo, se determinará si los cambios sufridos por el canal han afectado las protecciones y si es aconsejable incrementar dicha protección o revisar la existente.

El cauce no deberá estar obstruido para permitir el libre flujo del agua. Las obstrucciones tales como basura o maleza pueden contribuir a la socavación y constituyen un peligro potencial de incendio de la estructura.

Deberá verificarse que no se hayan formado bancos de arena y grava en el canal que puedan encauzar la corriente hacia las pilas y estribos, produciendo una

socavación peligrosa. Los equipos de mantenimiento deberán establecer un programa definitivo para remover los cuerpos flotantes durante las avenidas máximas para reducir el peligro potencial que eventualmente pudieran presentar.

Además de observar el efecto de la acción del oleaje y de la corriente sobre el puente y sus accesos, deberá observarse el área circundante con el fin de determinar si ese efecto está causando algún problema o si son problemas potenciales. Otros aspectos que deben considerarse incluyen posibles inundaciones debido a cauces inadecuados bajo la estructura, erosión de los bancos o bordes de encauzamiento por localización inapropiada o esviamiento de las pilas o estribos.

(3) Pilas y estribos. Deberán inspeccionarse las zapatas para verificar si no se han socavado excesivamente; esta labor es conveniente llevarla a cabo en época de estiaje. En muchas pilas será necesario realizar pruebas y/o inmersiones de reconocimiento. Normalmente esto se requerirá cada cinco años aproximadamente, excepto en condiciones anormales. Deberá presentarse especial atención a la cimentación en el caso de zapatas aisladas en las que la erosión o socavación puede ser mucho más crítica que en la cimentación de pilas. No obstante, recuerde que el deslavado y la socavación de una pila o estribo sobre pilotes también puede ser bastante grave; aun cuando la capacidad de carga vertical por lo general no se verá afectada a menos que el deslave sea excesivamente severo pero que comprometa la estabilidad horizontal. Esta condición se vuelve particularmente inestable cuando la erosión ataca una sola cara de la pila, dejando material sólido en la opuesta. También pueden producirse cargas horizontales por rellenos de tierra o roca apilados contra o adyacentes a las unidades de la subestructura cuyas cargas obviamente no habían sido consideradas en el diseño original. Tales cargas desequilibradas pueden producir una condición inestable que debe ser corregida.

Deberá inspeccionarse todo el concreto expuesto para determinar la existencia y la magnitud de las grietas y cualquier deterioro del concreto en sí. Esto último se está volviendo un problema cada vez más común en las áreas donde las sales fundentes de la calzada son transportadas por el drenaje a las juntas y grietas de la superestructura. Las superficies horizontales de la parte superior de las pilas o estribos son particularmente vulnerables a este tipo de ataque.

El acero estructural parcialmente empotrado en el concreto de la subestructura deberá inspeccionarse por la cara expuesta a deterioros y movimientos.

Deberá comprobarse que la mampostería no presenta agrietamientos en las juntas de mortero y se observará si el rejunteado está en buenas condiciones. Asimismo, deberán revisarse las piedras para detectar la erosión, oquedades, agrietamientos y otras fallas.

Sólo cuando se sospeche de movimientos o asentamientos, se efectuará una nivelación por ingenieros y se establecerán comparaciones con registros anteriores; de ser necesario, se tomarán las medidas de reparación pertinentes y se elaborará un registro completo para referencias.

(4) Caballetes. En esta categoría se incluyen los caballetes de pilotes de madera, concreto y acero, además de los marcos apoyados sobre pilotes o zapatas aisladas.

Se comprobará que los pilotes no estén carcomidos, especialmente en las zonas que alternadamente se mojan y se secan. El lugar más propicio para que se presente esta situación es a la altura del terreno, por lo que será necesario realizar perforaciones a intervalos periódicos. Como los agujeros hechos para los ensayos pueden favorecer que se carcoma la madera, deberán entonces taparse con tacos de madera tratada. La frecuencia con que deberán realizarse esas perforaciones en los pilotes, variará considerablemente de un área a otra, dependiendo de las condiciones climáticas, del tipo de madera empleada en el pilote y del tratamiento de protección que haya recibido la madera. Un pilote aparentemente sano en su superficie podrá estar severamente carcomido en su interior. Por ejemplo, el corazón de los pilotes creosotados podrá carcomerse cuando el tratamiento no haya penetrado hasta adentro y sin embargo no presentar en su superficie señales de deterioro. Las pruebas realizadas con martillo permitirán determinar si un pilote está deteriorado.

En agua salada, todos los pilotes de madera deberán ser revisados para detectar daños ocasionados por la polilla de mar, que ataca la madera en el área bajo la línea de mareas hasta la de lodos. Los pilotes de cimentación que han sido expuestos por socavación bajo la línea de lodos son altamente vulnerables al ataque. Esto también puede ocurrir en los pilotes tratados a través de las grietas en la madera, de los agujeros de los pernos, de las muescas y de otras conexiones que permiten llegar hasta la zona no tratada en el corazón de la madera.

Deberá prestarse especial atención a las superficies de contacto de la madera cuando se trate de detectar si está carcomida y también a otras áreas en las que puede haberse acumulado tierra u otro material extraño. Las áreas, tales como la parte superior de los pilotes donde se apoya el cabezal, el sitio donde se sujetan los elementos del contraventeo y las áreas agrietadas o con hendiduras son secciones muy susceptibles a ser carcomidas. Los cabezales deberán examinarse para determinar si hay deterioro, grietas, muescas o cualquier evidencia de sobreesfuerzo.

Se observarán los cabezales bajo cargas pesadas para determinar cualquier deflexión excesiva, y los cabezales de acero por posibles movimientos de rotación que resulten de conexiones excéntricas. Se verificarán las condiciones de los atiesadores del alma.

Deberá comprobarse que en la zona de salpicadura de los pilotes de acero y de concreto y debajo de la superficie del agua no estén corroídos ni deteriorados.

Los elementos de contraventeo deberán revisarse para comprobar que son adecuados y resistentes y que están firmemente sujetos. Deberá observarse si al paso de cargas pesadas ocurren movimientos poco comunes en cualquiera de los elementos del caballete.

Las mecedoras de los caballetes están diseñadas para moverse libremente entre sus pasadores o apoyos y deberán inspeccionarse cuidadosamente para asegurarse de que no se está restringiendo su movimiento.

(5) Largueros. Deberán examinarse los largueros de madera para observar si presentan hendiduras, agrietamiento o deformación excesiva. Hay que verificar que no estén aplastados o carcomidos en sus apoyos sobre el cabezal de los caballetes o en los apoyos de los estribos, al igual que en su extremo superior que se apoya en el piso. Los largueros deberán mantenerse totalmente libres de acumulaciones de basura para evitar que se inicie el carcomido o para prevenir su avance una vez que se ha iniciado.

Se vigilará que los arriostramientos entre los largueros de madera estén bien ajustados y que funcionen adecuadamente.

Se verificará que los largueros de acero y las trabes no presenten agrietamientos o corrosión, especialmente a lo largo del patín superior y en los extremos en donde se apoyan y donde pudieran acumularse desechos. También se comprobará que los patines y el alma no estén deteriorados o mal alineados. Se tendrán que revisar todas las conexiones de los largueros para asegurarse de que están bien ajustadas.

(6) Trabes de Acero. Deberá examinarse el acero para verificar la presencia de grietas o corrosión, especialmente a lo largo del patín superior, alrededor de los



remaches o en las cabezas de los pernos, en las superficies de contacto en donde puede penetrar la humedad entre las placas del patín, los detalles de las escuadras de ensamble y las conexiones del diafragma, así como de los apoyos. Deberán inspeccionarse las áreas de soldadura para verificar que no estén agrietadas, especialmente cuando se trate de conexiones de tipos poco comunes, en secciones curvadas, en esquinas entrantes, en rebajes y en todas las áreas donde exista un cambio brusco en el tamaño del metal o de configuración, que pudiera producir una área de esfuerzo concentrado, o en áreas donde la vibración y el movimiento podrían originar esfuerzos de fatiga.

Deberán revisarse los patines y las almas para comprobar que no están dañados o mal alineados, y los atiesadores del alma para comprobar que no hay evidencia alguna de pandeo. Hay que determinar si ocurre alguna vibración no usual o deflexiones excesivas al paso de cargas pesadas.

Las articulaciones deberán revisarse para verificar que todos los elementos estén funcionando apropiadamente. Hay que observar si las barras de suspensión se encuentran en su debida posición con base en la temperatura ambiente. Si existiera alguna desviación perceptible con respecto a la plomada, además de la causada normalmente por el movimiento térmico, pudiera requerirse una investigación posterior para encontrar la causa. Un movimiento irregular en las articulaciones se manifiesta normalmente por la desigualdad en las aberturas de las juntas de dilatación del tablero.

(7) Trabes de Concreto. Deberán examinarse las almas de las vigas "T" para comprobar que no exista un agrietamiento anormal o una desintegración del concreto, especialmente sobre los apoyos. Hay que observar si se manifiesta una vibración o una deformación excesiva. Las trabes sobre un camino transitado deberán examinarse para comprobar que no presentan daño alguno como resultado de impactos producidos por vehículos pesados de gran altura que pasen bajo el puente.

Deberá examinarse el intradós de la losa inferior de las estructuras a base de trabes de cajón y la cara exterior de éstas para comprobar que no existan agrietamientos importantes. Hay que hacer notar que cualquier desplazamiento de las articulaciones puede generar problemas en el apoyo de dicha articulación. Un desplazamiento anormal puede requerir de una exploración mayor para determinar la causa y severidad de esa condición.

Las trabes de concreto presforzado deberán examinarse en cuanto a su alineamiento, agrietamiento y deterioro del concreto. Hay que buscar posibles

agrietamientos o descostramientos en la zona de apoyos y su alrededor y en los diafragmas colados en el lugar en donde el escurrimiento plástico y las ondulaciones de las trabes pudieran haber tenido algún efecto.

Cuando se encuentre algún agrietamiento, se anotará cuidadosamente su localización y el tamaño de las grietas como referencia para posteriores comparaciones.

(8) Apoyos. Deberán examinarse todos los dispositivos de apoyo para asegurarse de que se encuentran funcionando adecuadamente. Hay que recordar que pequeños cambios en otras partes de la estructura, tales como el asentamiento de pilas o de estribos, pueden reflejarse en los apoyos. Los apoyos y los puntos clave para el cortante lateral están sometidos a la liga y al daño debido al escurrimiento plástico de los puentes con un esviajamiento relativamente importante. Deberá efectuarse un examen cuidadoso para comprobar que no existen tales defectos; así mismo, se revisarán los pernos de anclaje para comprobar que no están dañados y que están ajustados. Deberá comprobarse que las tuercas de los pernos de anclaje están instaladas correctamente en los apoyos de dilatación para que permitan un movimiento normal.

Los apoyos móviles deberán revisarse para comprobar que pueden moverse libremente y que están limpios. Los rodillos y las mecedoras deberán apoyarse uniformemente en toda su longitud y estar en la posición apropiada según la temperatura en el momento de la inspección. Los apoyos de tipo "lubricado" deberán revisarse para checar que su lubricación sea la apropiada.

Deberá observarse el estado físico de los cojinetes de apoyo de tipo elástico y cualquier aplastamiento, desplome o hendidura anormal que pueden indicar sobrecargas o cargas muy irregulares.

Hay que examinar los cojinetes inyectados con lechada y los zócalos para comprobar que no presentan grietas, descostramiento o deterioro.

Los apoyos deberán ser examinados cuidadosamente después de incidentes no usuales, tales como daños ocasionados por el tránsito pesado, sismos y golpes originados por cuerpos flotantes en época de avenidas.

Deberá examinarse el concreto para cerciorarse que no presenta grietas y descostramientos en la base de los estribos y en los cabezales de las pilas, en donde las trabes así como las vigas T de concreto se apoyan directamente

sobre el concreto. Deberán revisarse las grietas por cortante en los extremos de las vigas y las cuarteaduras y astillamientos en las orillas del elemento de carga.

(9) Juntas de dilatación. Las juntas de dilatación mal proyectadas y con un mantenimiento deficiente son una fuerte constante de problemas por lo que deberán examinarse cuidadosamente. Hay que revisar si existe espacio adecuado para los movimientos térmicos, si la junta está excesivamente abierta y si no contiene escombros. Deberá tenerse cuidado con las juntas tipo "sellado" y revisar que el sello esté en condiciones tales que impida la entrada de piedras, arena y otro material no compresible.

Deberán examinarse las juntas de acero tipo digital al igual que las juntas de placa deslizante, para cerciorarse de la existencia de anclajes sueltos, agrietamiento o ruptura de las soldaduras, u otros detalles defectuosos. Dichos defectos pueden ser causa no únicamente de daño estructural sino que pueden aflojarse y crear un peligro para la circulación. Hágase sonar la losa de concreto adyacente a todos los dispositivos de dilatación para buscar vacíos o laminaciones en la cubierta.

Deberá examinarse la parte inferior de las juntas de dilatación, hasta donde sea posible, para detectar cualquier problema inminente. La falta de espacio adecuado para la dilatación, especialmente en áreas pequeñas de las juntas, concentrará los esfuerzos de dilatación térmica provocando en el concreto una fuerza cortante y el desconchamiento. Este es un peligro grave en las estructuras que cruzan sobre carreteras, andenes o cualquier área ocupada.

(10) Cubiertas. Las cubiertas de madera deberán examinarse para comprobar que no están carcomidas las zonas de apoyo sobre los largueros y entre las capas del entarimado o las piezas laminadas. Se investigará cualquier desprendimiento que pueda desarrollarse por clavado inadecuado o donde los pernos se hayan aflojado con el uso. La observación durante el paso del tránsito revelará cuales son los elementos que están flojos o han sufrido una deflexión excesiva.

Las losas de concreto deberán revisarse para comprobar que no presentan agrietamientos, lexiviación, descostramiento, desconchamiento, baches o alguna otra evidencia de deterioro. Deberá evaluarse cada detalle para determinar el efecto que pudiera tener sobre la estructura, así como el trabajo requerido para restaurar la pérdida de integridad estructural y conservar una superficie de rodamiento uniforme.

Deberá examinarse, muy cuidadosamente, cualquier evidencia de deterioro en el acero de refuerzo para determinar su magnitud. Las losas en contacto con sales fundentes o con un medio ambiente salino son las más susceptibles de resultar afectadas.

La superficie de rodamiento asfáltica o de cualquier otro tipo de una cubierta, puede esconder defectos de esta última hasta que ya están muy avanzados. El revestimiento deberá revisarse muy cuidadosamente para comprobar que no hay evidencia alguna de deterioro de la cubierta. Tales defectos pueden aparecer como agrietamiento o rompimiento del revestimiento o como una deformación excesiva. Las áreas en las cuales se sospecha que existe algún deterioro de la cubierta podrían requerir de la remoción de pequeñas secciones del revestimiento para llevar a cabo una investigación más concienzuda. Invariablemente se revisará la parte inferior de la losa para comprobar que no hay indicios de deterioro o de peligro. Deberá observarse si hay evidencia de circulación de agua a través de las grietas de la losa. Cuando se hayan utilizado moldes permanentes en la construcción de la cubierta los tableros sólo se removerán según lo determine el ingeniero.

Deberá verificarse que las cubiertas de acero no presenten corrosión o soldaduras defectuosas. Es importante mantener una superficie impermeable sobre una cubierta de placas de acero para protegerla contra la corrosión del acero, especialmente en un medio ambiente de aire salino, así como en áreas donde se utilizan sales fundentes del hielo.

Deberán examinarse todas las cubiertas para verificar si están lisas y determinar si esto implica algún peligro. Asimismo, deberá revisarse el drenaje para verificar si las cubiertas están convenientemente drenadas y si no existen áreas en las cuales se acumule el agua, ya que pueden ser un peligro para la circulación. Deberán examinarse los drenes y las coladeras para comprobar que están abiertos y sin obstrucciones. Además de ser un peligro para la circulación, una cubierta mal drenada por lo general acelera su deterioro. Hay que verificar que los escurrideros de los drenes no descarguen donde el agua pueda ser perjudicial para los elementos de la estructura, erosionar el relleno y terraplén o derramar en un camino transitado.

(11) Guarniciones. Deberán examinarse las guarniciones de concreto para comprobar que no presentan agrietamientos, descostramiento o deterioro de otro tipo. Hay que verificar si no han perdido altura como resultado del revestimiento de la cubierta. Deberá comprobarse que las protecciones de madera contra las ruedas, incluyendo las cajas de las coladeras, no presentan hendiduras o cuarteaduras; asimismo deberá verificarse que no estén corroidas o podridas. Se revisarán si están debidamente atornilladas para que se mantengan en su lugar. Hay que observar las condiciones en que se encuentra la pintura en los sitios donde se utiliza para mejorar la visibilidad.

(12) Banquetas. Las banquetas de concreto deberán examinarse para comprobar que no presentan grietas, descostramiento, resquebrajamiento, baches u otro tipo de deterioro. Es necesario observar las condiciones de las juntas espe-

cialmente en los estribos, para comprobar que no hay movimiento diferencial, el cual podría abrir la junta u originar un desplazamiento que podría constituir un peligro para los peatones.

Las banquetas de madera deberán revisarse para comprobar si la madera está sana, determinar si los tabloncillos del piso están apoyados adecuadamente y si el piso está clavado o sujeto firmemente a los largueros o piezas de puente.

La madera labrada es muy resbalosa cuando esta mojada o con hielo por lo que habrá que aplicar una acción correctiva cuando se presente este caso.

Las banquetas de acero deberán verificarse para detectar la presencia de corrosión y para checar que todas las conexiones estén bien ajustadas.

Se examinarán todas las banquetas para comprobar que su drenaje es adecuado y que su superficie no es muy áspera, además se corregirá cualquier detalle que constituya un peligro para los peatones.

(13) Parapetos del Puente. Los parapetos de concreto deberán examinarse para detectar agrietamientos, descostramientos, resquebrajamiento u otros deterioros del concreto. Los parapetos de metal deberán revisarse para cerciorarse de las condiciones en que se encuentra la pintura o si presentan corrosión. Es necesario observar si existen manchas de óxido en el concreto alrededor del perímetro de los postes de acero instalados en receptáculos. Las manchas pueden ser indicio de una corrosión severa del acero en la parte que se encuentra debajo del nivel de la superficie del concreto. Podría ser necesario remover una parte del mortero alrededor del poste para determinar la severidad de la corrosión.

En los parapetos de madera deberá comprobarse que no estén carcomidos sus elementos y que todas las secciones sean seguras.

Asimismo deberá verificarse que todos los parapetos estén debidamente protegidos contra daños que pudiera producir el tránsito. Hay que revisar el alineamiento vertical y horizontal ya que cualquier asentamiento de la subestructura o deficiencia de los apoyos puede reflejarse en los parapetos. Se comprobará que las juntas tengan la suficiente abertura y que funcionen de acuerdo con el diseño. De igual manera, hay que cerciorarse de que los parapetos sean seguros y que no presenten cortes o salientes que pudieran constituir un peligro para los peatones.

(14) Barreras. Deberán examinarse las barreras para localizar daños originados por el tránsito y para checar el alineamiento. Deberá verificarse si el concreto presenta agrietamientos, resquebrajamiento u otro tipo de deterioro y si las partes metálicas de la barandilla no presentan corrosión así como que los pernos de anclaje y sus respectivas tuercas estén ajustados.

(15) Armaduras (Acero). La inspección de cualquier armadura normalmente se inicia visualmente a lo largo del barandal de la calzada o de la guarnición y a lo largo de los elementos del cordón de la armadura, para determinar un mal alineamiento ya sea vertical u horizontal. Cualquier desviación del alineamiento normal debe, desde luego, investigarse exhaustivamente para determinar su causa.

Deberá verificarse cada uno de los elementos de la armadura. Los elementos a compresión del acero, deberán examinarse para cerciorarse de que están derechos y sin retorcimientos ni doblamientos, así como para ver si sus conexiones están intactas. La excentricidad en los detalles de la conexión tiene una gran influencia sobre la resistencia del miembro y, consecuentemente, justifica una verificación más a fondo. Cuando se tengan varias secciones en cualquier elemento de tensión, se revisará cada sección para comprobar que los esfuerzos se están distribuyendo uniformemente. Las diagonales deberán verificarse para comprobar que su ajuste está correcto. Algunas veces estas diagonales se ajustan debidamente con objeto de prevenir la vibración o el golpeteo generando esfuerzos anormales en las propias diagonales o en otros miembros. Los tirantes de ojo a tensión encontrados en armaduras viejas deberán revisarse cuidadosamente para comprobar si presentan algún agrietamiento anormal donde se forma la gaza; así también, las barras de ojo se examinarán por si presentan grietas en el ojo.

Deberán examinarse la armadura y los miembros de contraventeo para observar sus daños por el tránsito. El contraventeo del portal generalmente está en el gálibo superior más restringido, por lo tanto, está más expuesto a sufrir daños originados por los vehículos pesados de mayor altura.

Deberán revisarse todos los miembros del contraventeo lateral inferior y superior para ver si están dañados y observar si están debidamente ajustados y si funcionan satisfactoriamente. En el caso de puentes viejos, deberá efectuarse una evaluación del contraventeo lateral o del contraventeo transversal para determinar si son adecuados. Esta apreciación normalmente estará a cargo de un ingeniero con base en la observación del movimiento o la vibración transversal de la estructura bajo el tránsito.

Deberá examinarse el estado de la pintura y reportar el grado de corrosión, así como revisar cuidadosamente los alrededores de las cabezas de los pernos y remaches. Los detalles de conexión son particularmente susceptibles a la corrosión especialmente donde los contaminantes provenientes de la superficie de la calzada, tales como las sales fundentes del hielo, pueden depositarse sobre el acero. Es difícil inspeccionar algunas de las áreas alrededor de los detalles de conexión para observar las condiciones de la pintura y determinar si se está iniciando la corrosión. No obstante, no deben descuidarse estas áreas ya que frecuentemente es en las manchas donde se inicia la corrosión. Hay que revisar si existe deformación en las secciones con placas múltiples aperturas o re-

machadas donde pueda haber penetrado la humedad y corroído las superficies de contacto de las placas originando que éstas se separen.

Deberán verificarse las condiciones de los pasadores de las conexiones y ver que las tuercas y claves estén en su lugar. También, hay que cerciorarse de que los espaciadores de los pasadores están sosteniendo las barras de ojo y los tirantes de ojo en su posición correcta.

Se comprobará que los remaches y los pernos no estén flojos, desgastados o cortados.

(16) Armaduras (madera). Deberá verificarse, cuidadosamente, el alineamiento de la armadura ya que cualquier pandeo que pudiera existir indicaría una falla parcial en las juntas o un mal ajuste de las barras verticales de acero.

Deberán examinarse todos los elementos de madera para ver si no presenta hendiduras, cuarteaduras o están carcomidos. Esto último se da con mayor frecuencia, en las juntas donde hay superficies de contacto, muescas en la madera por donde puede penetrar la humedad y alrededor de agujeros a través de los cuales se introducen los vástagos de los pernos.

Las juntas del tablero extremo son áreas probables para deteriorarse debido a que la basura y los escombros tienden a acumularse en los apoyos del puente.

Deberá comprobarse que no hay evidencia alguna de aplastamiento en los extremos de la cuerda de compresión y en las diagonales.

Todos los puntos de los empalmes se verificarán para ver si son resistentes las conexiones para cortante, así como también se revisará si todos los pernos están bien apretados y en buenas condiciones.

El techo y los lados de los puentes cubiertos deberán revisarse para investigar si son adecuados para proteger los miembros estructurales contra los elementos. Deberá observarse si existe algún peligro de fuego que necesite corrección para salvaguardar la estructura.

(17) Puentes Móviles. Los tipos más comunes de puentes móviles son: de tramo giratorio, el levadizo y el basculante (de uno o dos tramos). La inspección de las armaduras, el sistema de piso y otros elementos estructurales, requerirán de procedimientos normales de inspección considerados bajo sus títulos respectivos en otras secciones de este Manual.

Sin embargo, existen elementos estructurales adicionales que también deben examinarse. Los contrapesos deberán revisarse para ver que todos los elementos son resistentes y seguros. Deberá verificarse cuidadosamente que el

acero no presente corrosión que se extienda hasta el concreto. El agua puede acumularse en estos sitios y penetrar en la junta contribuyendo así a la corrosión. Deberán investigarse concienzudamente las manchas de concreto, alrededor de los empotramientos, ya que pueden ser indicio de corrosión y pérdida de área de la sección transversal del acero en la superficie de concreto y quizás justamente abajo de la superficie. Hay que cerciorarse de que los drenes en los receptáculos de los contrapesos estén abiertos y funcionando apropiadamente.

Los cables de los contrapesos, al igual que los utilizados para levantar y bajar las estructuras levadizas verticales, deberán revisarse cuidadosamente para comprobar que no están desgastados o corroídos y que están debidamente lubricados. Hay que revisar los rodillos viajeros y las guías para verificar que tienen el espacio libre adecuado y que no están muy desgastados. Un cambio importante en los espacios libres puede indicar movimiento de la pila y requerirá de una investigación posterior para determinar su causa.

Deberá verificarse que la pendiente de la superficie del camino sea uniforme y que existe una separación adecuada libre en las juntas entre el tramo móvil y el tramo fijo. También deberá observarse el movimiento vertical diferencial de la junta entre las dos secciones del tramo basculante al paso de vehículos pesados. Los pasadores para cortante están sometidos a un gran desgaste bajo el tránsito y muchas veces son una parte problemática. El movimiento excesivo deberá investigarse y reportarse. También hay que verificar si esta junta tiene el espacio libre adecuado.

En los tramos móviles comúnmente se utilizan emparrillados de acero, tanto abiertos como cerrados, los cuales deberán revisarse para ver si hay alguna evidencia de soldaduras rotas. La superficie de estas losas resulta muy lisa por lo que su resistencia al deslizamiento deberá ser verificada en condiciones mojadas o heladas. El estudio de las características mecánicas de la estructura deberá efectuarlo un inspector calificado en los principios de la maquinaria y familiarizado con el funcionamiento mecánico y el diseño de la estructura que se va a inspeccionar. Por lo general, se revisará la maquinaria para comprobar que no haga ruidos anormales y que los ejes y apoyos estén debidamente ajustados.

Se efectuarán aperturas de prueba, tantas como sean necesarias, para asegurarse de que todos los dispositivos están funcionando en forma apropiada y que el tramo móvil está debidamente balanceado. No deberá realizarse ninguna prueba de apertura para inspección, al mismo tiempo que una apertura para el paso de buques, ya que dividiría la atención del operador del puente entre las dos operaciones.

Se pondrán en funcionamiento y se revisarán concienzudamente, las plantas de energía auxiliares, además de las operaciones periódicas rutinarias normales de la planta. Esas operaciones rutinarias normalmente son realizadas cada semana por el operador del puente.

Como parte de la investigación se consultará lo relativo con el operador del puente, quien es una buena fuente de información sobre el manejo general durante la operación y puede señalar algunos cambios que pudieran haber ocurrido.

El equipo que realice la inspección deberá incluir a una persona calificada en los aspectos eléctricos de la operación, quien, desde luego, puede ser también la persona calificada para la parte de la inspección mecánica. Un gran número de las operaciones mecánicas y eléctricas se complementan entre sí y la inspección de estas dos áreas debe ser un esfuerzo coordinado bien planeado.

La inspección del sistema eléctrico deberá ser muy concienzuda e incluirá aspectos tales como controles, cableado, conductos, motores y luces. Hay que estar alerta, ya que las líneas rotas o desgastadas pueden ser peligrosas. Hay que observar las condiciones existentes que pudieran ser peligrosas o potencialmente peligrosas para el operador o cualquier otra persona que esté utilizando la estructura. La seguridad en esta área no se deberá subestimar nunca.

Durante estas inspecciones hay que tener muy presente los riesgos que pudieran poner en peligro la seguridad del operador y demás personal durante el desarrollo de sus operaciones normales y de los trabajos rutinarios de conservación de las unidades, tal como el engrasado de la maquinaria, y el mantenimiento de las luces y señales para el tránsito, tanto en el canal como en la carretera. Hay que recordar que esos trabajos de mantenimiento pueden requerirse en todo tipo de climas inclementes, lo que podría influir sobre el riesgo encontrado.

Durante cada inspección deberán examinarse los cables submarinos que conducen la energía, al igual que los circuitos de control, en las áreas que se localizan sobre el nivel del agua. La porción deberá ser inspeccionada por buzos después de una marea alta fuera de lo normal o en otro tiempo cualquiera cuando se sospeche que haya ocurrido algún daño.

Deberán examinarse las entradas, las barreras y los sistemas de señales para el tránsito carretero y marino, para cerciorarse que están funcionando apropiadamente, así mismo, se examinarán las defensas y los duques de alba para verificar que no han sufrido daños originados por el tránsito marino. Todas las cubiertas de madera, largueros y pilotes se inspeccionarán para verificar que no están corroídos ni han sido dañados por animales marinos perforadores, también para checar que los cables y pernos están bien ajustados. Hay que observar la instalación conjunta del sistema de defensas para cerciorarse de que está razonablemente conservado.

(18) Tramos Suspendidos. Deberán examinarse los cables de suspensión principales para verificar que sus forros o revestimientos se encuentran en buenas condiciones y que protegen debidamente al acero contra la corrosión. Se pres-

tará especial atención a las áreas adyacentes a los sujetadores de los cables, a los soportes sobre las torres y a los anclajes.

Deberán examinarse las bandas de los sujetadores de los tirantes del cable principal de suspensión para verificar que no ha ocurrido ningún corrimiento y que todos los pernos están bien ajustados.

Hay que revisar cuidadosamente los anclajes para comprobar que no presentan corrosión y que están adecuadamente protegidos contra la penetración o acumulación de la humedad donde ésta pudiera originar la corrosión.

La inspección de las armaduras de rigidez del sistema del piso, de las torres y de los caballetes de los cables deberá realizarse detalladamente, como se indica en otros capítulos de este Manual en la parte correspondiente.

(19) Señalamiento. Deberá verificarse que se encuentran en el lugar apropiado todas las señales requeridas para indicar el peso límite estipulado, la disminución de la velocidad límite, o la reducción del gálibo vertical. Esta inspección deberá incluir las señales que se encuentran en o sobre la estructura y cualquier señal de advertencia que sea necesaria. Se verificará que los letreros de las señales estén claros y legibles y si en general están en condiciones físicas satisfactorias.

Cualquier revisión realizada que pudiera alterar los gálibos verticales, tales como una sobrecarpeta en la calzada, requerirá de un nuevo chequeo de los gálibos y la corrección de las señales y registros para reflejar el cambio.

En el caso de puentes sobre canales navegables, se verificará que las señales requeridas para la navegación se encuentren en su lugar y en buen estado. El Inspector deberá estar familiarizado con las disposiciones de la Guardia Costera en la medida que sea necesario para tomar determinaciones. Se revisarán las luces de navegación con el fin de comprobar que están funcionando al igual que las luces de obstrucción aérea en puentes altos. Se efectuarán inspecciones intermedias a intervalos lo suficientemente frecuentes para estar razonablemente seguros de que las luces están operando adecuadamente.

(20) Instalaciones Independientes de la Estructura. El número y tipo de servicios públicos, alcantarillado y otras instalaciones independientes, relacionadas o confinadas en el puente, al igual que las instalaciones de las zonas circunvecinas, ameritan que se lleve un registro. Si no se controlan debidamente el número, tipo e instalaciones, se puede sobrecargar la estructura o hacer extremadamente difícil la conservación normal de la misma. Hay que observar si algunas de estas instalaciones están obstruyendo la vía navegable o si su posición puede impedir la remoción de basura durante las épocas de avenidas. Asimismo, hay que observar si dichas instalaciones se localizan donde haya po-

sibilidad de que puedan ser golpeadas o dañadas por el tránsito o por el hielo y los acarreoos que puedan llevar las avenidas.

Deberá comprobarse si las instalaciones están apoyadas adecuadamente y que no sean un peligro para el tránsito que pudiera utilizar o pasar debajo de la estructura. Hay que revisar que no haya protecciones desgastadas o deterioradas y que los cables estén debidamente aislados.

Deberá verificarse cuidadosamente que las instalaciones no tengan efecto perjudicial alguno sobre el puente, que la vibración o los movimientos de dilatación no están causando agrietamiento en los miembros de apoyo y que la pintura no está siendo dañada.

Deberá observarse el efecto estético que las instalaciones puedan tener sobre el puente. Este aspecto se tomará en consideración para que las instalaciones permanezcan o no en el puente. La apariencia general de las zonas próximas a la estructura será un factor importante para tomar la determinación correspondiente.

(21) Estética. El valor de las cualidades estéticas de un puente varía en gran medida de una zona a otra. Al respecto, algunas dependencias le dan mayor importancia que otras y esa importancia también fluctuará de tiempo en tiempo dentro de una área determinada. Consecuentemente, es difícil establecer límites en este campo y el criterio del inspector con respecto a los requisitos del mantenimiento deberá basarse en las disposiciones establecidas en su propio departamento.

Las normas estéticas implantadas por cada departamento influirán sobre el grado de conservación de varias unidades y deberán tenerse en cuenta durante las inspecciones periódicas. Las condiciones de la pintura y de la superficie del concreto son probablemente los aspectos más comunes de un puente donde la apariencia puede dictar la necesidad de trabajar mucho más pronto de lo que pudiera requerirse tan sólo para cumplir con el requisito de colocar un recubrimiento de protección. Para mayor información con respecto a la pintura, consúltese The Steel Structures Painting Council Manual.

(22) Generalidades. Los defectos descubiertos en diversas zonas de la estructura, mencionados en los títulos precedentes, requerirán de una investigación concienzuda para determinar y evaluar su causa. La causa de la mayor parte de los defectos podrá descubrirse fácilmente; no obstante, la determinación de la causa y gravedad de algunos de esos defectos puede tomar mucho tiempo.

Los puentes deberán ser observados al paso de cargas pesadas para determinar si no existe vibración o deformación excesiva. Si se detecta cualquiera de éstas, se realizará entonces una investigación posterior para determinar su

causa. Para esta evaluación puede requerirse la medición cuidadosa del eje del puente, la pendiente y longitud. De esta manera puede estimarse la gravedad de estas condiciones y llevar a cabo una acción correctiva adecuada, así como determinar en forma precisa los posibles peligros de fuego. Este aspecto incluirá un chequeo sobre la acumulación de basura producto de acarreoos, ramas y maleza. Las casetas de control en los puentes móviles, al igual que los pequeños almacenes, deberán estar libres de estas acumulaciones ya que son fácilmente combustibles; en general, se practicará una buena labor de limpieza. El almacenamiento de material inflamable abajo o cerca de un puente deberá prohibirse.

Es conveniente que el ingeniero supervisor comente con el superintendente local de conservación o con el sobrestante de la carretera lo relativo a los puentes de su zona. La persona encargada del mantenimiento local deberá observar los puentes durante todo el año y bajo cualquier tipo de clima. El puede señalar las particularidades que pueden no ser evidentes en el momento de la inspección. La acción de la corriente durante la época de avenidas y la posición de las juntas de dilatación en épocas de temperaturas muy altas o muy bajas son ejemplos de condiciones problemáticas observadas por el personal de mantenimiento local, que por lo general no son observadas por el ingeniero que lleva a cabo la investigación. Algunos problemas, o problemas potenciales, pueden ser evidentes en algunas épocas pero en otras no. Una investigación posterior podría ser prudente como resultado de la obtención de factores de alguien más familiarizado con las condiciones.

#### 2.4.3 Reportes de la Inspección del Puente

Al elaborar el reporte hay que tener presente que con base en esta información podrán proyectarse reparaciones o efectuar asignaciones de dinero. Además es un registro legal que puede constituir un elemento importante en algún litigio futuro. El lenguaje utilizado en los reportes deberá ser claro y conciso y, en beneficio de la uniformidad, deberá utilizarse la misma terminología hasta donde sea posible, para evitar ambigüedad en el significado. La información contenida en los reportes es obtenida de las investigaciones de campo y complementada con las referencias de los planos de "Construcción" y "Verificación en el Campo". En el reporte deberá estar claramente indicada la fuente de toda la información que contenga.

Deberá elaborarse un reporte por cada puente investigado, aun cuando sólo se trate de una inspección rápida, las cuales se realizan con frecuencia para verificar algún detalle específico donde se anticipe un cambio o un problema. Aun cuando no se detecten cambios evidentes en la inspección y que las condiciones existentes parezcan no ser importantes, el documentar esta información podrá tener gran valor en el futuro.

Como parte del reporte original del puente deberán incluirse por lo menos dos fotografías de cada puente, una mostrando una vista panorámica de la carretera

y otra que muestre una elevación lateral. También podrán incluirse otras fotografías que muestren las fallas importantes u otras características especiales significativas. Es conveniente adjuntar una fotografía que muestre las instalaciones complementarias de la estructura, así como las señales de peligro, falla o defecto, que ameriten mencionarse, al igual que la descripción de las condiciones y la evaluación correspondiente; todo ello se anotará con suficiente precisión a fin de que posteriormente otro Inspector pueda hacer una comparación de la condición o grado de deterioro. Fotografías y croquis pueden utilizarse libremente cuando se necesiten para ilustrar y aclarar las condiciones de los elementos estructurales. Los diagramas bien elaborados son muy útiles para determinar, en investigaciones futuras, el desarrollo de las fallas y para ayudar a determinar los cambios y su magnitud. Deberán incluirse todas las recomendaciones e instrucciones para la reparación o el mantenimiento correspondiente.

## **REGISTROS**

### **3.1 Función**

### **3.2 Reportes de Inventario**

#### **3.2.1 Generalidades**

#### **3.2.2. Reporte de inventario original**

- (1) Número del Puente
- (2) Fecha de la Investigación
- (3) Nombre
- (4) Localización
- (5) Descripción
- (6) Esviajamiento
- (7) Claros
- (8) Longitud total
- (9) Ancho de la calzada
- (10) Carpeta
- (11) Banquetas
- (12) Alineamiento
- (14) Carriles de circulación
- (15) Carga viva de diseño
- (16) Area bajo el puente
- (17) Otras características del cruce
- (18) Gálibos
- (19) Fecha de Construcción
- (20) Planos
- (21) Planos y Dimensiones

- (22) Reporte de la Inspección del Puente
- (23) Restricciones
- (24) Diversos
- (25) Análisis de Esfuerzos
- (26) Registro de la Pintura
- (27) Firma
- (28) Perfil del Cauce
- (29) Instalaciones independientes de la estructura
- (30) Condiciones del medio ambiente
- (31) Sistema Federal de Ayuda
- (32) Tránsito Diario Promedio

#### 3.2.3 Reporte del Inventario Original, Revisado

#### 3.2.4 Reporte Suplementario del inventario

- (1) Número del puente
- (2) Fecha
- (3) Nombre y Localización del Puente
- (4) Trabajos Realizados
- (5) Dimensiones Revisadas
- (6) Reporte de la Inspección del Puente
- (7) Restricciones
- (8) Análisis de Esfuerzos, Revisado
- (9) Recomendaciones
- (10) Firma

## REGISTROS

### 3.1 FUNCION

Una de las principales funciones de la conservación de puentes es el registro completo, preciso y actualizado de cada puente dentro del sistema de carreteras. La utilidad de la información obtenida en el campo depende de su disponibilidad en un registro conciso y permanente. Los registros deben llevarse de manera ordenada y estar a la disposición de cualquier persona autorizada que los solicite.

Los registros deben proporcionar una historia completa de la estructura, incluyendo todas las recomendaciones que se hagan para reforzarla y repararla junto con los trabajos que se hayan realizado de acuerdo con dichas recomendaciones. El archivo proporcionará datos acerca de la capacidad de la estructura, incluyendo los cálculos que indiquen las limitaciones.

Cuando se lleva de manera adecuada un registro con información completa constituye un elemento vital para el buen funcionamiento de una carretera segura y de superficie lisa.

Se incluye una muestra del Inventario de la Estructura y de la Hoja de Evaluación en la Lámina 10.

### 3.2 REPORTES DE INVENTARIO

3.2.1 Generalidades. Los reportes de inventario deben incluir la descripción general, historia, planos, e incorporar los reportes de la inspección y análisis de esfuerzos que reflejen las condiciones y recomendaciones en relación con el puente y sus alrededores.

3.2.2 Reporte de Inventario Original. Los reportes de inventario original deben contener como mínimo la siguiente información:

- (1) Número del Puente. El número oficial asignado a la estructura.
- (2) Fecha de la Investigación. Fecha en que se realizó la investigación de campo.



(3) Nombre. El nombre completo del puente. Puede indicarse entre paréntesis algún otro nombre común por el que se le conozca, después del nombre oficial.

(4) Localización. La localización del puente deba describirse con lujo de detalle de tal manera que pueda encontrarse fácilmente en un mapa o en el campo. Normalmente se localizarán por medio del Número de la Ruta, Municipio y Kilometraje registrado.

(5) Descripción. Se proporcionarán o mencionarán brevemente todos los datos pertinentes en relación con el tipo de estructura. El tipo de superestructura por lo general se indicará mencionado en primer lugar el tipo de pilas y de estribos junto con el tipo de cimentación. Si el puente está apoyado en pilotes, debe mencionarse el tipo de pilote. Si hay datos disponibles, debe indicarse el tipo de suelo en el que se apoyan las zapatas, las presiones máximas en los apoyos y la capacidad de las pilas.

(6) Esviajamiento. Normalmente el ángulo se tomará de los planos y se registrará el grado más aproximado. Cuando no se cuenta con los planos, debe estimarse este ángulo y si es de  $0^\circ$ , esto también debe mencionarse. El ángulo de esviajamiento es el ángulo que existe entre el eje de una pila y la línea perpendicular al eje de la calzada.

(7) Claros. Debe enlistarse el número de claros y la longitud de los mismos. Se enlistarán en el sentido del kilometraje. Los tramos a nivel de las carreteras del Estado por lo general se enlistarán de izquierda a derecha viendo la carretera de frente. Los claros se anotarán de la siguiente manera: ejem., "1@24.0" o "3@45.0" o "1@36.0, 5@50.0, 1@36.0, 27.0, 12.0". La longitud de los claros se registrará al décimo de metro más próximo y se anotará si la medición es de centro a centro (c/c) o si se trata de una distancia libre (c/r) entre pilas, caballetes o estribos. Las mediciones se realizarán a lo largo del eje central.

(8) Longitud total. Esta, será la longitud total la décimo del metro más próximo y será la longitud de la calzada que se apoya en la estructura del puente. Por lo general será la longitud pavimentada entre juntas de dilatación o entre la cara posterior de los diafragmas medida a lo largo del eje central.

(9) Ancho de la Calzada. Será el ancho libre mínimo entre guarniciones, parapetos u otras restricciones. Tratándose de calzadas divididas como en el caso de autopistas sobre pasos superiores, el ancho de la calzada se considerará como el tramo entre acotamientos; no obstante, también se mencionará el ancho de los acotamientos y de la faja separadora central.

(10) Carpeta. Se mencionará el tipo de superficie de desgaste al igual que su espesor.

(11) Banquetas. Si tan solo hay una banqueta, dependiendo del lado donde se encuentre se anotará: "1@5.0' (este)". La medición se registrará al décimo del

metro más próximo. Las banquetas de los dos lados se anotarán como "2@5.10". En el caso de que no existan banquetas, anotar: "Ninguna".

(12) Parapeto. Se anotará el tipo y material del parapeto.

(13) Alineamiento. Indíquese si el puente está en curva o en tangente. Si está en una curva, menciónese el radio de la curvatura siempre que se cuente con los planos para esta información. En los caminos y puentes más viejos, se establecerá una comparación del alineamiento con el alineamiento general del camino.

(14) Carriles de Circulación. Indíquese el número de carriles de tránsito.

(15) Carga Viva de Diseño. La carga viva para la que se diseñó el puente debe mencionarse cuando se conozca. En una estructura que ha sido ensanchada o bien alterada, o sea que algunos tramos se diseñaron para diferente carga viva, debe especificarse cada una de dichas cargas.

(16) Area bajo el Puente. Puede clasificarse como "no es un factor", "excesiva", "suficiente", "escasa", o "insuficiente". La velocidad de la corriente debe clasificarse de acuerdo con las probabilidades de socavación, como: "Normalmente alta velocidad", "normalmente baja velocidad". También debe indicarse el material que constituye el lecho de la corriente. En los casos en que la sección transversal sea uniforme, puede mencionarse la altura libre promedio y hacer caso omiso al perfil propuesto.

(17) Otras características del cruce. Menciónese lo que cruza la estructura, además del obstáculo principal. El obstáculo principal por lo general se identifica con el nombre del puente. Por ejemplo, un puente con el nombre de "un río" obviamente cruza o transporta el tránsito sobre el río; también puede cruzar por arriba de una vía férrea, otros caminos, etc.

(18) Gálibos. Debe hacerse un diagrama de la altura libre de cada estructura que restrinja el espacio vertical sobre una carretera, como pasos superiores, pasos inferiores y puentes de armaduras de paso a través.

El número mínimo de mediciones que aparezcan en el diagrama se indicarán en cada extremo del tramo recorrido y la altura mínima vertical dentro del mismo.

En el reporte se indicará la distancia libre mínima de la calzada. Esto incluye cada una de las calzadas cuando se trata de un camino dividido. Cuando la

estructura es una losa o una armadura tipo pony, de poco peralte o sea que no hay obstrucción vertical, la altura libre se indicará en el reporte como "Inalterada".

Las mediciones verticales se indicarán en metros y centímetros y cualquier fracción de centímetro se aproximará a la más cercana, por ejemplo, una medición de campo de 4.77 m. se registrará como 4 80 m

Las mediciones horizontales se registrarán al décimo del metro más próximo.

(19) Fecha de Construcción. La fecha de terminación de la obra. Si el puente ha sido ensanchado en relación con su construcción original, deberá indicarse la "Fecha en que fue Ensanchado". Deberá hacerse una anotación similar en el caso de alguna reconstrucción de importancia.

(20) Planos. Menciónese los planos de que se dispone, el lugar donde se encuentran archivados y si se trata de planos "Estructurales".

(21) Planos y Dimensiones. Cuando no haya planos en el archivo, se elaborarán planos suficientes durante las investigaciones de campo para permitir un análisis de esfuerzos adecuado de toda la estructura cuando resulte práctico.

(22) Reporte de Inspección del Puente. Deberá incluirse un reporte de la inspección del puente que abarque las condiciones observadas y las operaciones de conservación recomendadas o las restricciones en relación con el puente. Véase 2.4.3.

(23) Restricciones. Anote cualesquiera restricciones de carga, velocidad o tránsito que rijan en el puente y, si se tienen los datos, regístrese la fecha en que entraron en vigor y el nombre de la institución que las implantó.

(24) Diversos. Inclúyase información en relación con las marcas del nivel de las aguas, condiciones o cargas poco usuales y cualquier otro dato que no puede considerarse fácilmente en los demás encabezados.

(25) Análisis de Esfuerzos. En algunas estructuras se requerirá realizar un análisis de esfuerzos para determinar su capacidad de operación y de los inventarios, o bien sus límites de carga cuando se requiera, para la colocación de señales. Se formulará un escrito general con los resultados de los análisis de esfuerzos, señalando los elementos que se encontraron debilitados, los esfuerzos que se utilizaron y cualquier factor modificado que se considera en el análisis.

(26) Registro de Pintura. Los registros de las operaciones de pintura de cada estructura de acero debe ser parte del inventario.

Las inspecciones subsecuentes de los trabajos de pintura serán de utilidad en la programación de trabajos futuros.

(27) Firma. Los reportes deben ir firmados por la persona que realice las investigaciones.

(28) Perfil del Cauce. Una hoja en la que se ilustre el perfil del cauce del lado aguas arriba del puente debe formar parte del reporte original del puente. El dibujo debe mostrar la cimentación de la estructura y cuando esté disponible, la descripción del material en el que se apoyan las zapatas, la elevación de las puntas de los pilotes y/o de las zapatas de las pilas y estribos. Esta información es valiosa como una referencia al prever posibles problemas de socavación a través de la observación anual y es especialmente útil para detectar condiciones de gravedad en épocas de grandes avenidas.

Las mediciones verticales deben hacerse con referencia a una parte de la estructura tal como la parte superior de la guarnición o del parapeto, que son fácilmente accesibles durante las crecientes.

Los sondeos además del perfil de la línea del canal son necesarios en algunas pilas en el río, para proporcionar la información adecuada sobre las condiciones de socavación y cómo pueden verse afectadas las pilas. Tales requerimientos pueden variar con la velocidad de la corriente y la estabilidad general del canal. El Ingeniero puede determinar la necesidad de realizar sondeos adicionales, pero éstos normalmente se limitarán a una área dentro de un radio de 30 metros de la pila.

(29) Instalaciones independientes de la estructura. Debe entregarse, junto con hoja del reporte original del puente, una hoja en la que se indiquen las construcciones adicionales cuando haya una o más instalaciones en la estructura. Una instalación en el área inmediata, aun cuando no esté sujeta al puente, también deberá incluirse, como por ejemplo una alcantarilla cuya tubería cruce en R/W y que esté enterrada abajo del cauce del puente.

(30) Condiciones del Medio Ambiente. Cualquier condición usual del medio ambiente que pueda afectar, tal como riesgos de sales, gases industriales, etc deben anotarse en el reporte.

(31) Sistema Federal de Ayuda. Indíquese si el puente se localiza dentro del rubro del Sistema Federal de Ayuda. Sería conveniente indicar, asimismo el Número de la Ruta de A.F. cuando sea posible.

(32) Tránsito Diario Promedio. Mencione el TPD junto con la fecha del registro. Esta información debe actualizarse a intervalos de aproximadamente 5 años.

**3.2.3 Reporte del Inventario Original Revisado.** Cuando un puente haya sufrido cambios significativos debidos a ensanchamiento, alargamiento o cualquier otra modificación importante de la estructura, debe elaborarse un nuevo reporte del inventario original. Este nuevo reporte debe llenarse completamente, consignando las dimensiones nuevas y la descripción como sea necesario. Algunos puntos permanecerán inalterados, quedando como en el reporte original anterior.

El reporte original revisado, debe indicar claramente que sustituye al reporte existente. Sin embargo, el reporte original anterior todavía es un registro importante de la estructura y debe conservarse en el archivo.

**3.2.4 Reporte Suplemento del Inventario.** Los reportes suplementarios del inventario son actualizaciones del reporte original de dicho inventario que reflejan la información obtenida en el reporte actual de inspección del puente. En un reporte suplementario del inventario deben incluirse los siguientes puntos:

(1) Número del Puente

(2) Fecha. La fecha en que se realizó la investigación de campo suplementaria

(3) Nombre y localización del puente. Igual que en el reporte original

(4) Trabajos realizados. Debe hacerse una lista de todos los trabajos realizados en el puente desde la última inspección

(5) Dimensiones revisadas. Esta información debe proporcionarse cuando algún trabajo de conservación o mejora haya modificado las dimensiones de la estructura. Los nuevos perfiles del lecho en el caso de cauces inestables, deben mencionarse y trazarse en la Hoja de Registro del Perfil

(6) Reporte de Inspección del puente. Igual que en el reporte original, véase 3.2.2. (22)

(7) Restricciones. Obsérvese cualquier cambio en las restricciones de carga, velocidad o tránsito que rijan en el puente con respecto a lo que se registró en el Reporte Original del Puente o en algún Reporte Suplementario del Puente. Regístrese la fecha en que fueron implantadas dichas restricciones o el nombre de la Dependencia que las implantó en caso de ser posible

(8) Análisis de Esfuerzos Revisado. Esta información debe proporcionarse cuando los trabajos de conservación o de mejoras o bien el cambio en la resis-

tencia de los elementos hayan alterado las condiciones de la estructura, lo que exige que se realice otro análisis de esfuerzos

(9) Recomendaciones. Todas las instrucciones de trabajo, colocación de señales u otros puntos que requieren la intervención de otros, se incluirán aquí de igual manera que el reporte original

(10) Firma. El reporte debe llevar la firma de la persona responsable.

## **CLASIFICACION DE PUENTES**

4.1 Generalidades

4.2 Inspección

4.3 Planos y Dimensiones

4.4 Esfuerzos de Trabajo Permisibles

4.5 Cálculos

4.6 Suposición de la Relación de Carga

4.7 Señalamiento Reglamento

4.7.1 Generalidades

4.7.2 Límites de Peso

4.7.3 Límites de Velocidad

## CLASIFICACION DE PUENTES

### 4.1 GENERALIDADES

El procedimiento seguido para clasificar las estructuras existentes requerirá de una evaluación meticulosa de diversos factores complejos y frecuentemente conflictivos, en un constante esfuerzo por alargar la vida útil de nuestros puentes carreteros y salvaguardar a los usuarios de automóviles. La evaluación de puentes de capacidad dudosa debe incluir, mas no limitarse necesariamente a: un análisis completo y detallado de la estructura; una investigación de las leyes en vigor de los requerimientos legales de las jurisdicciones locales en las que se localiza el puente; la medida en que las instituciones que dictan las leyes pueden controlar las cargas en el puente; el interés por parte del público en obtener el máximo provecho y seguridad de la instalación carretera. Cada puente de carretera se clasificará con base en dos niveles de carga, ya sea por medio del método de Factor de Carga o bien de Esfuerzos de Trabajo, que representan debidamente la resistencia de los materiales de construcción en su estado actual y el método empleado se identificará como referencia futura.

En el nivel de carga superior o primero, la clasificación de capacidad se conocerá como Clasificación de Operación. La clasificación de operación es el nivel de carga máximo permisible y absoluto al que puede estar sujeto una estructura. Algunos permisos especiales para la circulación de vehículos más pesados que lo normal pueden otorgarse únicamente si dichas cargas se distribuyen de manera tal que no excedan la capacidad estructural determinada por la Capacidad de Operación.

En el segundo nivel de carga o inferior, la clasificación de la capacidad se conocerá como la Clasificación del Inventario. La Clasificación del Inventario determina el nivel de carga que puede soportar una estructura existente con seguridad por un período de tiempo indefinido.

Pueden darse casos en los que una institución encargada de la conservación de las estructuras mantenga un nivel de inspección y vigilancia que exceda en mucho el mínimo requerido; se trata de un programa de inspección que en realidad asegura la detección de áreas que presentan problemas antes de presentar-

se el comportamiento perjudicial real. Con este nivel de inspección y teniendo la seguridad de que la historia de carga del puente se vigilará de cerca con respecto a la frecuencia de la carga con vehículos de diversos tamaños, para descartar la posibilidad de una falla por fatiga, la Dependencia puede, a su juicio, utilizar para los propósitos de señalamiento niveles de carga más elevados que los utilizados para la clasificación del inventario, con el objeto de minimizar la necesidad de colocar señales en los puentes. En ninguno de los casos se utilizarán niveles de carga superiores a los permitidos por la Capacidad de Operación.

La carga viva considerada en la entrega de los permisos será para el tamaño, peso y tipo de vehículo que hace uso de la carretera, junto con un factor de impacto que depende de las condiciones locales y que variará de tiempo en tiempo y de Estado en Estado de acuerdo con las leyes y reglamentos locales. La carga viva utilizada para establecer las clasificaciones de Operación e Inventario será la carga estándar de la AASHTO "H" o "HS" o bien uno de los tres tipos convencionales de vehículos que se describen en otro capítulo del presente Manual o bien las cargas legales máximas que rigen en el Estado (Ref. 5.2.2.). La selección del tipo de carga deberá conformarse a las prácticas estándar del propietario o dejarse a juicio de las dependencias de clasificación. Para establecer las Clasificaciones de Operación y de Inventario, es necesario agregar el impacto a cualquier carga viva seleccionada.

Cuando sea conveniente reducir las cargas de impacto se considerará el límite de velocidad. Se encontrará que en algunos casos los límites reducidos disminuyen las cargas de impacto al grado que no sea necesario reducir el límite de peso. La consideración de un señalamiento del límite de velocidad requerirá del criterio de un Ingeniero y dependerá en gran parte del alineamiento, localización general, volumen y tipo de tránsito. Tal señalamiento debe considerarse como una base para incrementar el límite de peso en aquellas áreas donde se prevé que será difícil observarlo y donde se anticipen frecuentes violaciones a dicha restricción.

#### 4.2 INSPECCION

Cualquier estructura cuya carga de diseño se desconozca requerirá de un estudio para determinar su capacidad de carga segura. La clasificación de la estructura para que su capacidad sea segura comenzará con una investigación de campo completa. Se examinarán todas las características físicas del puente que puedan tener efecto en su integridad estructural. Anótese cualquier sección dañada o deteriorada y obténganse los datos adecuados sobre estas áreas, de manera que puedan ser debidamente evaluadas en el análisis. En aquellos sitios donde el acero esté severamente corroído, el concreto deteriorado y la madera podrida, debe hacerse una determinación de la pérdida del área de la sección transversal lo más apegado a la realidad posible, de manera que

pueda calcularse la sección neta. Se determinará si hay agujeros profundos, mellas u otros defectos que puedan original áreas de concentración de esfuerzos en cualquier elemento estructural. En el caso de que existan condiciones similares, puede llegar a requerirse reducir las capacidades de carga a un nivel más bajo que el permitido en condiciones normales.

Debe determinarse y registrarse el tamaño, número y localización relativa de pernos y remaches en los elementos sujetos a tensión para poder calcular el área neta de la sección. Asimismo, además de la condición física, deben inspeccionarse los elementos de rosca tales como tensores de armaduras en los templadores, para determinar si el tensor ha sido engrosado, de manera que pueda calcularse debidamente el área neta. Esta información normalmente se tomará de los planos, siempre que éstos estén a la disposición, y en caso contrario, se determinará en el campo. Cualquier falta de alineamiento, doblez o torcedura en los elementos sujetos a compresión debe medirse cuidadosamente. Tales defectos tendrán un gran efecto en la capacidad de carga de un elemento y puede que sea el factor que controla la capacidad de carga de seguridad de toda la estructura. Asimismo, deben examinarse los conectores de los elementos de compresión cuidadosamente para determinar si ciertos detalles permiten que se introduzcan ciertas excentricidades, lo cual debe ser considerado en el análisis estructural.

En muchos casos, una inspección física de la estructura será suficiente para que un Ingeniero calificado determine si el puente está dentro de los límites de seguridad con respecto a todas las cargas legales. Tal podría ser el caso de un puente de concreto sano que ha venido soportando un tránsito normal durante muchos años sin mostrar pérdida de esfuerzo.

Se prestará especial atención a todos los elementos de la subestructura para determinar evidencias de inestabilidad que pudieran afectar la capacidad estructural de carga de seguridad del puente. Para dicha evaluación, se requerirá la intervención de un Ingeniero calificado después de la inspección física.

Otras características, además de las del puente, deben ser registradas y observadas, ya que pueden llegar a afectar la estructura. El volumen de tránsito y el alineamiento de la calzada pueden influir en la determinación de la carga de seguridad. El alineamiento de la calzada en áreas alejadas pueden ser tal que la velocidad reducida cause cargas de impacto normales menores que las que pudieran esperarse habitualmente. El tránsito en un puente razonablemente corto con estrechos radios de giro en los accesos conducirá a velocidades relativamente bajas, produciendo un impacto mucho menor que, por ejemplo, en un puente ubicado en una tangente larga. No obstante, una losa o un acceso rugoso también pueden reducir impactos, lo cual no puede pasarse por alto.

Un factor de seguridad más elevado en un puente que soporta grandes volúmenes de tránsito puede resultar conveniente si se compara con el factor de se-

guridad de una estructura que soporta pocos vehículos, especialmente si en el primero se incluyen diversas cargas pesadas.

Algunas estructuras requerirán un análisis cuidadoso para determinar su capacidad de carga de seguridad. Probablemente algunos de los mejores ejemplos de puentes de este tipo o categoría serían los de claros con armaduras de acero y madera bastante viejos, de los que se desconoce la carga de proyecto y que se sospecha que son inadecuados para las cargas actuales debido a su apariencia general de esbeltez. Tales puentes requerirán un análisis completo de todos los elementos estructurales que no es posible juzgar por la sola inspección.

Los anteriores ejemplos señalan tan sólo algunas de las áreas en las que debe aplicarse el criterio del Ingeniero para que se realice una investigación y una clasificación de la estructura.

#### 4.3 PLANOS Y DIMENSIONES

Cuando existen planos del puente que desea clasificarse, normalmente se tomarán de los mismos, los tipos y dimensiones de los elementos. No obstante, muchos de los planos de las estructuras más viejas no se conforman a la construcción propia dicha, por lo que deben realizarse suficientes inspecciones de campo para asegurarse de que los planos representen realmente la estructura antes de que sean utilizados en el cálculo de los esfuerzos. Asimismo, aun cuando los planos se conformen a la construcción original, ésta puede haber sufrido modificaciones desde el principio, las cuales deben quedar registradas.

Cuando no existen planos de los puentes, deberán realizarse mediciones con cierta precisión para que realmente sean útiles. Las mediciones exageradamente precisas conducen a una pérdida de tiempo y un falso sentido del valor de los resultados que se deriven. Los siguientes límites de precisión por lo general son suficientes para las mediciones de campo:

Elementos de madera	6 mm aprox.
Elementos de concreto	12 mm aprox.
Superficie asfáltica	12 mm aprox.

Secciones de acero laminado    Precisión requerida para identificar la sección  
Longitud de los claros al décimo del metro más cercano

El grado de precisión de las mediciones de un puente depende de la aplicación que se les pretenda dar. Mientras que para el análisis de esfuerzos tan sólo se requieran dimensiones generalés, los planos para las reparaciones o mejoras requerirán mediciones mucho más detalladas y completas.

#### 4.4. ESFUERZOS DE TRABAJO PERMISIBLES

Por lo general, se tomarán los esfuerzos de trabajo permisibles de las especificaciones del presente Manual. Sin embargo, hay casos en los que el Ingeniero

debe reducir los esfuerzos permisibles del material estructural con base en su propio criterio en cuanto a su calidad. Esta determinación se aplica comúnmente a la madera de calidad dudosa o de segunda o bien cuando el material está intemperizado o deteriorado. Todos los datos en los que se basa la determinación de los esfuerzos debe anotarse en el momento de la investigación de campo.

#### 4.5 CALCULOS

La mayoría de las estructuras que requieren señalamiento por restricción de carga son ya sea bastante viejas o están débiles por haber sufrido daños. Con algunas excepciones, los elementos más débiles de los puentes más viejos por lo general forman parte de la superestructura y no de las pilas o estribos.

Un procedimiento práctico para hacer una determinación de carga de seguridad es a través de una secuencia normal de cálculos de (1) piso, (2) largueros, (3) piezas de puente y (4) armaduras, traveses, etc.

El piso rara vez constituye un factor de control en una estructura con largueros longitudinales. Sin embargo, cuando se realizan los cálculos, la distribución de la carga viva en el piso se hará de conformidad con las actuales Especificaciones Estándar para Puentes de Carreteras de la AASHTO. Los largueros y traveses longitudinales pueden calcularse utilizando la tabla de momentos, Lámina 2, para momentos por carga viva producidos por las tres cargas típicas utilizadas en este Manual.

Los momentos por carga viva en las piezas de puente, intermedias y externas, pueden calcularse con respecto a la carga de seguridad utilizando las tablas de reacciones por carga viva de las Láminas 3 y 4. Las tablas, junto con las fórmulas de momento en la misma hoja, proporcionan un medio conveniente para calcular los momentos por carga viva basados en los tres tipos de carga.

La carga viva en los elementos de la armadura, puede calcularse utilizando las fórmulas de cortante y momento máximos que se proporcionan en las Láminas 5 y 8. Empleando estas fórmulas se obtendrán los esfuerzos de carga viva máxima de las tres cargas típicas de camión. Obsérvese que las fórmulas únicamente son válidas cuando se utilizan dentro de determinados límites. Será necesario modificarlas cuando las cargas no cumplen con dichos límites. Dichas modificaciones serán necesarias cuando la estructura o los tableros son demasiado cortos para permitir que toda la carga se encuentre en la estructura, o los tableros son demasiado cortos para permitir que toda la carga se encuentre en la estructura, con la carga en posición tal que se produzca el cortante o momentos máximos.

#### 4.6 SUPOSICION DE LA RELACION DE CARGA

La carga total en cualquier elemento producida por carga muerta, carga viva u otras cargas que pueden aplicarse a la estructura, no deberán exceder la capa-

cidad del elemento estipulada en el presente Manual o en el reporte del Ingeniero. Cuando se haga necesario reducir las cargas vivas permisibles para ajustarse a la capacidad de la estructura, dicha reducción se basará en la suposición de que cada carga por eje mantiene una relación constante con la carga total del vehículo o combinación de vehículos.

#### 4.7 SEÑALAMIENTO REGLAMENTARIO

4.7.1 Generalidades. El señalamiento reglamentario nuevo o revisado deberá conformarse a los requerimientos del Manual de Dispositivos Uniformes de control de Tránsito en Calles y Carreteras y se establecerá de acuerdo con los procedimientos requeridos por la agencia con autoridad reglamentaria sobre la carretera. Pueden requerirse algunas modificaciones para que el señalamiento sea uniforme en algunos casos y para apegarse a los estatutos reglamentarios.

4.7.2 Límites de Pago. La selección de las condiciones del límite de peso se llevará a cabo para responder a la política local establecida dentro de los límites indicados en el presente Manual. Ningún puente se limitará a un peso menor que tres (3) toneladas. Un puente debería cerrarse si no tiene capacidad para soportar tres toneladas.

4.7.3 Límites de Velocidad. Los límites de velocidad deben señalarse para permitir que los puentes soporten cargas más pesadas reduciendo el impacto o para evitar choques de alta velocidad dentro de espacio libre a través de las estructuras. Los límites de velocidad establecidos deben restringirse únicamente a los vehículos que se ven afectados por la necesidad de reducir el impacto.

## ESPECIFICACIONES PARA VERIFICAR LA CAPACIDAD DE LOS PUENTES EXISTENTES

### 5.1 Generalidades

- 5.1.1 Suposiciones
- 5.1.2 Señalamiento en Puentes de Concreto
- 5.1.3 Uso y Modificación de las Especificaciones Generales de Proyecto

### 5.2 Cargas

- 5.2.1 Carga Muerta
- 5.2.2 Carga Viva
- 5.2.3 Impacto
- 5.2.4 Cargas Transversales
- 5.2.5 Cargas Longitudinales
- 5.2.6 Fuerzas por cambios de Temperatura
- 5.2.7 Flecha

### 5.3 Distribución de Cargas

- 5.3.1 Distribución a los Largueros
- 5.3.2 Distribución a las Piezas de Puente
- 5.3.3 Distribución a las Losas de Concreto
- 5.3.4 Distribución a los Pisos de Madera

### 5.4 Método de Esfuerzos Permisibles

- 5.4.1 Generalidades
- 5.4.2 Acero Estructural
- 5.4.3 Hierro Forjado
- 5.4.4 Acero de Refuerzo
- 5.4.5 Concreto
- 5.4.6 Concreto Presforzado
- 5.4.7 Madera

### 5.5 Método del Factor de Carga

- 5.5.1 Generalidades
- 5.5.2 Acero
- 5.5.3 Concreto
- 5.5.4 Concreto Presforzado



## ESPECIFICACIONES PARA VERIFICAR LA CAPACIDAD DE LOS PUENTES EXISTENTES

### 5.1 GENERALIDADES

5.1.1 Suposiciones. Estas especificaciones serán utilizadas para determinar el inventario de seguridad máxima y la capacidad de carga viva de operación de los puentes existentes. Suministran una base para calcular las cargas máximas que pueden permitirse en un puente cuando los materiales son de buena calidad, los miembros actúan normalmente y se han hecho reducciones con respecto al tamaño o área de las partes deterioradas. Se supone que los puentes están sujetos a inspecciones competentes tan frecuentemente como lo requieren las condiciones de las estructuras y que el Ingeniero investigador aplicará un juicio severo al determinar el factor de seguridad incrementado que se utilizará cuando no existan las condiciones arriba mencionadas. (Ver el Artículo 5.4.1 para una discusión posterior sobre los esfuerzos permisibles). En la determinación de los factores de seguridad apropiados, deberán tenerse en mente todos los tipos de carga producidos por los vehículos, pero debe evitarse la adopción de factores de seguridad irrazonablemente grandes, que causan recargos innecesarios en el transporte económico.

5.1.2 Señalamiento en puentes de concreto. Un puente de concreto no necesita la colocación de postes de señales para la restricción de las cargas cuando ha estado soportando tránsito normal durante un período de tiempo considerablemente largo sin mostrar daños graves. Esta regla general se aplicará a los puentes de los cuales se desconocen detalles del refuerzo. Sin embargo, el puente deberá inspeccionarse a intervalos frecuentes para buscar indicios de daños (fallas) que pudieran haberse desarrollado hasta el momento en que el puente sea reforzado o reemplazado.

5.1.3 Uso y Modificación de las Especificaciones Estándar para Diseño. Para todos los casos no cubiertos definitivamente por estas especificaciones, se utilizarán las especificaciones estándar usadas para el diseño de puentes nuevos. No obstante, puede haber casos en donde el Ingeniero, basándose en el conocimiento de las condiciones y características de comportamiento de un puente bajo el tránsito, puede establecer un juicio en el sentido de que la acción de un elemento dentro de la estructura no se ajusta al concepto de diseño de las

especificaciones de control. En esta situación, puede modificar los criterios de diseño dentro de los límites de seguridad y, siguiendo principios firmes de la mecánica de la ingeniería, fundamentar su análisis de la capacidad del elemento en una acción conocida bajo carga. Las desviaciones de las especificaciones de control deben documentarse en su totalidad.

Como una guía para hacer modificaciones al procedimiento de diseño, deben tenerse en mente los hechos siguientes:

1. Los factores de seguridad utilizados en el diseño de puentes nuevos pueden incluir un incremento en el volumen de tránsito, una cantidad variable de deterioro y condiciones extremas de carga prolongadas continuas. El empleo de la Capacidad de Operación como límite de carga de los puentes existentes se aplica únicamente a puentes inspeccionados con frecuencia. Los puentes que tienen limitaciones de peso o elementos esforzados hasta cerca del esfuerzo considerado en la capacidad de operación son inspeccionados más frecuentemente que otras estructuras; por consiguiente, la capacidad en realidad está siendo reevaluada por el Ingeniero en cada inspección a través de la existencia de fallas o de deterioro, que podría afectar su capacidad para soportar las cargas.
2. Los factores de seguridad utilizados para clasificar la capacidad de las estructuras existentes deben tomar en cuenta las cargas desequilibradas; razonablemente las posibles sobrecargas y el manejo ilegal o descuidado de vehículos. Tanto para el diseño como para la capacidad, los factores de seguridad deben tomar en cuenta la falta de conocimiento con respecto a la distribución de esfuerzos, resistencias mínimas posibles de piezas individuales, de los materiales utilizados para compararlos con los valores promedio establecidos, posibles diferencias entre la resistencia de las piezas utilizadas en pruebas de laboratorio y el material en las condiciones reales en la estructura, al igual que los defectos normales que ocurren en el proceso de manufactura o fabricación.

## 5.2 CARGAS

5.2.1 Carga Muerta. La carga muerta de la estructura deberá calcularse de acuerdo con las condiciones existentes en el momento del análisis. Los pesos unitarios mínimos de los materiales que van a utilizarse al calcular los esfuerzos por carga muerta deberán ajustarse a los criterios de diseño AASHTO en vigor.

5.2.2 Carga Viva. Las cargas viva y móviles que van a aplicarse sobre la losa para determinar las Capacidades de Inventario y de Operación serán los vehículos tipo ilustrados en la Lámina 11, o las cargas AASHTO "H" o "HS". El espaciamiento y los pesos elegidos para los tipos de vehículos, ilustrados en la Lámina 11 fueron seleccionados de las cargas legales máximas reales que se

ajustan a los reglamentos del mayor número de estados. Los ajustes de los pesos y espaciamientos de los ejes mostrados en la tabla serán necesarios en algunos casos para hacer que se conformen a los pesos y longitudes legales máximos permisibles, ya que varían de un Estado a otro.

Al calcular los esfuerzos o las cargas permisibles, por lo general debe considerarse una sola unidad en un solo carril. La posibilidad de que existan dos o más cargas legales máximas, una a continuación de otra en el mismo carril no deberá considerarse en tramos de menos de 61 metros. La posibilidad de más de una carga del tamaño máximo en el mismo carril sólo podrá considerarse en tramos de 61 metros o más. El número de carriles de circulación que serán sometidos a carga deberá estar de acuerdo con las Especificaciones Estándar para Puentes de Carreteras AASHTO en vigor, pero sólo dos carriles deberán considerarse en el caso de anchos de carril hasta de 5.50 metros.

Cuando, a juicio del ingeniero, las condiciones del volumen y movimiento del tránsito lo justifiquen, pueden considerarse menos carriles de circulación que los especificados por AASHTO.

Cuando el ancho de la calzada entre guarniciones sea de 5.50 metros o menos, los esfuerzos a lo largo de la estructura deberán calcularse para la carga en un carril únicamente. Más de una carga máxima en el mismo carril podrá considerarse en los tramos de 61 o más metros.

La probabilidad de tener una serie de vehículos muy poco espaciados y del peso máximo permisible resulta cada vez mayor a medida que el peso máximo permitido de cada unidad sea menor. Es decir, es mayor la posibilidad de que haya una serie de vehículos ligeros en vez de una de vehículos pesados. Esto hace necesario el considerar más de un vehículo en el mismo carril de todos los tramos incluyendo aquéllos de menos de 61 m en determinadas condiciones. Por consiguiente, los vehículos deben estar espaciados a 9.10 m en el mismo carril cuando la carga de seguridad por vehículo o combinación de vehículos sea menor que 12 toneladas. Sin embargo, a menos que el Ingeniero lo determine de otra manera, no debe someterse más de un carril a carga con unidades consecutivas simultáneas y solamente se considerará una carga en el carril adyacente.

La distancia entre ruedas deberá tomarse como de 1.80 m. El espaciamiento de centro a centro de ruedas adyacentes de los vehículos que pasan deberá tomarse como de 0.90 m y el centro de la rueda exterior de cualquier vehículo deberá considerarse como aplicada a una distancia no menor de 0.45 m de la carga de la guarnición.

Las cargas en las banquetas que deberán utilizarse en los cálculos para apreciaciones de la capacidad de carga de seguridad deben ser las cargas máximas

probables indicadas. Esto variará de un puente a otro dependiendo generalmente de su localización. Debido a esta variación, el Ingeniero deberá decidir la determinación final de la carga unitaria que se utilizará, con base en su criterio. La carga que se aplicará no excederá la carga de diseño establecida en las Especificaciones Estándar para Puentes de Carreteras de la AASHTO.

**5.2.3 Impacto.** El impacto se agregará a las cargas estáticas utilizadas para las apreciaciones, de acuerdo con las Especificaciones Estándar para Puentes de Carreteras de la AASHTO vigentes. Sin embargo puede reducirse el impacto indicado en la especificación correspondiente cuando las condiciones del alineamiento, de los postes indicadores de la velocidad obligatoria, etc., requerirán que un vehículo reduzca sustancialmente la velocidad al atravesar la estructura.

**5.2.4 Cargas Transversales.** No es necesario considerar las cargas transversales producidas por el viento al calcular la apreciación de la carga máxima de seguridad excepto en casos especiales determinados por el Ingeniero.

**5.2.5 Cargas Longitudinales.** No se considerarán las cargas longitudinales al determinar las restricciones de las cargas. No obstante, cuando se considera inadecuada la estabilidad longitudinal, se pueden colocar en la estructura postes indicadores de restricción de velocidad, como se expuso en el Artículo 4.7.

**5.2.6 Fuerzas por cambios de temperatura.** Los esfuerzos producidos por las fuerzas por cambios de temperatura no deberán considerarse a menos que el Ingeniero, como resultado de su investigación, determine que son especial y excepcionalmente importantes.

**5.2.7 Flecha.** No deberán considerarse las limitaciones de la deflexión por carga viva excepto en casos especiales determinados por el Ingeniero.

### 5.3 DISTRIBUCION DE CARGAS

**5.3.1 Distribución a los Largueros.** La fracción de la carga por rueda soportada por cada larguero deberá determinarse de acuerdo con las Especificaciones Estándar para Puentes de Carreteras de la AASHTO, vigentes.

**5.3.2 Distribución a las piezas de puente.** La distribución de la carga por rueda soportada por cada pieza de puente deberá determinarse de acuerdo con las Especificaciones Estándar para Puentes de Carreteras de la AASHTO, vigentes.

**5.3.3 Distribución a las Losas de Concreto.** La distribución de las cargas por rueda a las losas de concreto deberá calcularse de acuerdo con las Especificaciones para Puentes de Carreteras de la AASHTO vigentes, cuando se utilicen las cargas "H" o "HS" de la AASHTO. Cuando se emplean los vehículos tipo ilustrados en la Lámina 11, la distribución de las cargas por rueda a la losa de

concreto deberá ser de acuerdo con la distribución de cargas a las losas de concreto\*

### DISTRIBUCION DE CARGAS A LOSAS DE CONCRETO

#### (a) Longitud de los Claros

En el caso de claros simples, la longitud del claro deberá ser la distancia entre centros de apoyos, pero no deberá exceder el espacio libre más el espesor de la losa.

Deberán utilizarse las siguientes longitudes efectivas de claros al calcular la distribución de cargas y los momentos flexionantes en el caso de losas continuas sobre más de dos apoyos.

Losas monolíticas con vigas (sin cartelas).  $S$  = espacio libre del claro  
Losas apoyadas en largueros de acero.  $S$  = distancia entre orillas de los patines más  $\frac{1}{2}$  del espesor del larguero.

#### (b) Momento flexionante

Losas apoyadas en largueros de madera.  $S$  = espacio libre del claro más  $\frac{1}{2}$  del espesor de larguero.

El momento flexionante por pie de ancho de losa deberá calcularse de acuerdo con los métodos proporcionado más adelante:

$S$  = longitud efectiva del claro en pies, como se indicó anteriormente

$E$  = ancho de la losa sobre el cual se distribuye la carga por rueda

$P$  = carga de una rueda del eje

\* La distribución a la losa aquí expuesta se basa, sustancialmente, en la teoría de "Westergaard". Se proporcionan las siguientes referencias concernientes al tema de diseño de losas: Public Roads, Marzo de 1930 Computation Stresses in Bridge Slabs Due to Wheel Loads por H. M. Westergaard. Universidad de Illinois, Boletín No. 303, Solution for Certain Rectangular Slabs Continuous over Flexible Supports, por Vernon P. Jensen, Boletín 304, A Distribution Procedure for the Analysis of Slabs Continuous over Flexible Beams, por Nathan M. Newmark, Boletín 315, Moments in Simple Span Bridge Slabs with Stiffened Edges, por Vernon P. Jensen, y Boletín 346, Highway Slab Bridges with Curbs; laboratory Test and Proposed Design Method.

**REFUERZO PRINCIPAL PERPENDICULAR AL TRANSITO  
FORMULA PARA MOMENTOS POR PIE DE ANCHO DE LOSA**

Distribución de cargas p/rueda	Claros libremente apoyados	Claros continuos
Un solo eje*		
Claros de 0.60 m a 2.1 m E = 0.6 S + 0.762	M = + .25(P/E)S	M = .2(P/E)S
Claros de más de 2.1 m E = 0.4 S + 1.143	M = + .25(P/E)S	M = .2(P/E)S
Ejes Tandem		
Claros de 0.60 a 2.1 m E = 0.36 S + 0.786	M = + .25(P/E)S	M = .2(P/E)S
Claros de más de 2.1 m E = 0.063 S + 1.417	M = + .25(P/E)S	M = .2(P/E)S

\* La distribución de cargas a la losa por un solo eje puede determinarse por medio de las siguientes fórmulas como una alternativa de la fórmula dada en las Especificaciones Estándar para Puentes de Carreteras de la AASHTO.

Nota.- Las fórmulas para la distribución y momento utilizan la carga de una sola rueda, ya que se ha observado que simplifica los cálculos y proporciona esencialmente los valores que se obtienen por el método más exacto de colocar todas las ruedas de un camión en posiciones que produzcan el momento máximo.

5.3.4 Distribución al piso de Madera. Para calcular los momentos flexionantes en el piso de madera, las distribuciones de cargas por rueda deberán ser conforme a lo establecido en las Especificaciones Generales para Puentes de Carreteras de la AASHTO, vigentes.

**5.4 METODO DE ESFUERZOS PERMISIBLES**

5.4.1 Generalidades. Las cargas vivas en cualquier estructura, cuando estén combinadas con todas las demás cargas, no deberán exceder los esfuerzos permisibles indicados a continuación. Estos esfuerzos deberán ser aplicados únicamente cuando, a juicio del Ingeniero, los materiales considerados sean sanos y su resistencia sea razonablemente equivalente a la de materiales nuevos del tipo y cualidades que se emplearían en una construcción de primera clase.

Cuando la clasificación o fabricación sea de menor calidad, los esfuerzos permisibles deberán ser establecidos por el Ingeniero, con base en su investigación en el campo, y deberán ser substituidos por los esfuerzos básicos dados aquí. Estos esfuerzos básicos en ningún caso deberán ser mayores que los máximos indicados más adelante.

El área efectiva de los elementos que se utilizará en los cálculos deberá ser el área bruta menos la parte deteriorada a causa de corrosión o por haberse carcomido. Esta área neta deberá determinarse en el campo. Las reducciones en el

caso de pernos, remaches y otros agujeros, de acuerdo con el Artículo 1.7.15 de las Especificaciones de Diseño de la AASHTO, para determinar el área neta de los elementos de tensión, será adicionada a la pérdida de área originada por otras causas.

La longitud efectiva del claro para el cálculo de esfuerzos deberá determinarse de acuerdo con las Especificaciones Generales para Puentes de Carreteras de la AASHTO, en vigor.

5.2.2 Acero Estructural. Los esfuerzos permisibles para determinar la capacidad de carga de seguridad deben depender del tipo de acero utilizado en el elemento estructural. Cuando se encuentren metales no especificados, pueden emplearse muestras de acuerdo para determinar mediante ensayos, el punto de cedencia. Cuando no se dispone de información sobre el acero, se tomarán los esfuerzos permisibles de la columna "Datos de Construcción" aplicables de las siguientes tablas.

Salvo cuando exista evidencia de deterioro o corrosión del alma de una trabe de alma llena que haga cuestionable su capacidad al cortante, no es necesario considerar el espaciamiento de los atiesadores transversales intermedios al determinar su capacidad normal de operación, siempre y cuando el espaciamiento no exceda del peralte del alma. Si, a criterio del Ingeniero, es conveniente realizar una investigación del espaciamiento de los atiesadores, dicha investigación puede basarse en las consideraciones del diseño por factor de carga de las Especificaciones de la AASHTO.

A menos que se haya diseñado de otra manera, los valores que aparecen en las Tablas 5.4.2A, 5.4.2B, 5.4.2C y 5.4.2D, son permisibles para el acero estructural.

Los esfuerzos combinados permisibles para elementos de acero a compresión, pueden calcularse a partir de las disposiciones de la AASHTO o de las siguientes relaciones:

**FORMULAS PARA COLUMNAS DE ACERO\***

El esfuerzo permisible promedio para columnas de acero deberá ser:

$$f_s = \frac{\frac{f_y}{n}}{1 + (.25 + \frac{e_y C}{r^2}) B \text{ Cosec } \phi} = \frac{P}{A} \quad (A)$$

\* Se refiere también a las fórmulas para columnas dadas en el Artículo 1.7.1  
 \*\* Cuando el radio de giro perpendicular al plano de flexión es menor que "r", deberá verificarse la columna para el caso de una columna larga cargada concéntricamente que tenga un valor mayor que  $U/r$ .

donde:

P = Carga paralela al eje del elemento, en kilogramos

A = área bruta de la sección transversal de la columna en cm<sup>2</sup>  
 f<sub>y</sub> = punto de cedencia o resistencia a la tracción (Ver Tablas 5.4.2A y 5.4.2.B)  
 n = factor de seguridad basado en el punto de cedencia o resistencia a la tracción  
 = 1.82 a Nivel de Inventario  
 = 1.48 a Nivel de Operación  
 c = distancia desde el eje neutro a la fibra extrema de compresión  
 r = radio de giro en el plano de la flexión

$$\phi = \frac{L}{r} \sqrt{\frac{nf_y}{E}} \text{ radianes}$$

L = longitud efectiva de la columna  
 = 75% de la longitud total de una columna que tenga conexiones remachadas en los extremos  
 = 87.5% de la longitud total de una columna que tenga conexiones apertadas en los extremos

E = módulo de elasticidad del acero  
 = 2 040 000 kg/cm<sup>2</sup>

$$B = \sqrt{a^2 - 2a \cos \phi + 1}$$

Quando e<sub>1</sub> y e<sub>2</sub> se apoyan en el mismo lado del eje de la columna, a es positiva; cuando se apoyan en lados opuestos, a es negativa

$$a = \frac{\frac{e_2 c}{r^2} + 0.25}{\frac{e_1 c}{r^2} + 0.25}$$

e<sub>1</sub> = excentricidad de la carga aplicada en el extremo de la columna con mayor momento calculado, en centímetros

e<sub>2</sub> = excentricidad en el extremo opuesto

Para valores de  $\frac{L}{r}$  iguales o menores

$$\left[ E \left( 1 + 0.25 + \frac{e_1 c}{r^2} \right) \right]^{1/2} \quad (B)$$

f<sub>y</sub>

que arco cos a

el f<sub>s</sub> permisible deberá determinar a partir de la fórmula:

$$f_s = \frac{\frac{f_y}{n}}{1 + .25 + \frac{e_1 c}{r^2}} \quad (C)$$

Para a = - 1 con valores de  $\frac{L}{r}$  mayores que los determinados mediante la fórmula B, la f<sub>s</sub> permisible deberá determinarse por medio de la fórmula:

$$f_s = \frac{\pi^2 E}{n \left( \frac{L}{r} \right)^2} \quad (D)$$

Quando los valores de los momentos finales no son calculados sino que se consideran despreciables, se supondrá que "a" = + 1

Se supondrá que "a" = + 1 en el caso de un miembro sujeto a esfuerzos flexionantes inducidos por los componentes de cargas aplicadas externamente actuando perpendicularmente a su eje. Para este caso, la fórmula general se convierte en:

$$f_s = \frac{\frac{f_y}{n} - \frac{Mc}{I}}{1 + \left[ .25 + \frac{(e_1 + d) c}{\text{Sec. } \frac{1}{2} \phi} \right] \frac{c}{r^2}} \quad (E)$$

d = flexión debida a componentes transversales de cargas aplicadas externamente, en pulgadas.

I = momento de inercia de la sección en las proximidades de un eje perpendicular al plano de flexión en cm<sup>4</sup>

M = momento debido a componentes transversales de una carga aplicada externamente, en kg-cm

NOTA El valor de 0.25 en las fórmulas anteriores considera la curvatura y la excentricidad como incógnitas.

TABLA 5.4 2C  
ESFUERZOS PERMISIBLES DE OPERACION<sup>(1)</sup>  
PERNOS DE ACERO DE BAJO CONTENIDO DE CARBONO  
REMACHES COLOCADOS MECANICAMENTE kg/cm<sup>2</sup>

Tipo de Sujetador	Tensión	Aplastamiento	Cortante Conexión tipo al aplastamiento
(A) Pernos de Acero de Bajo Contenido de Carbono Pernos maquinados (ASTM A 307) y Pernos estirados	1265	1898	1055
(B) Remaches Colocados Mecánicamente (cuando los remaches se colocan mediante martillos neumáticos o eléctricos se consideran mecánicamente colocados)			
Remache de Acero Estructural (ASTM A 502 Grado 1)		3832	1265
Remache de Acero Estructural (alta resistencia) (ASTM A 502 Grado 2)		3832	1898

(1) Tratándose de los esfuerzos permisibles a nivel de inventario, véase la Tabla 1.7.41C de las Especificaciones de Proyecto AASHTO

(2) Basado en el área de la raíz de la rosca

TABLA 5.4 2D  
ESFUERZOS PERMISIBLES DE OPERACION  
PERNOS DE ALTA RESISTENCIA EN kg/cm<sup>2</sup>

Condiciones de carga	Tipo de agujero	AASHTO M164I (ASTM A 125) Pernos	AASHTO M253 (ASTM A490) Pernos
Tensión Aplicada (T)	Normal, de mayor tamaño o alargado	3797	4640
Esfuerzo cortante (F <sub>c</sub> ) Conexión del tipo de Fricción <sup>(a)</sup>	Normal	1547	1898
	De mayor Tamaño	1265	1617
	Poco alargado Muy alargado	1265 1125	1617 1406
Esfuerzo Cortante (F <sub>c</sub> ) Conexión del Tipo al aplastamiento <sup>(b)</sup>			
	Roscas en cualquier plano del cortante	1828	2390
	Sin roscas en el plano del	2531	3445
Aplastamiento <sup>(c)</sup> (t <sub>p</sub> )	Normal o alargado	1.75F <sub>y</sub>	o 1.85F <sub>y</sub>

<sup>(a)</sup> Para esfuerzos permisibles a nivel de inventario, véase la tabla 1.7.41C1 de las Especificaciones de Proyecto AASHTO

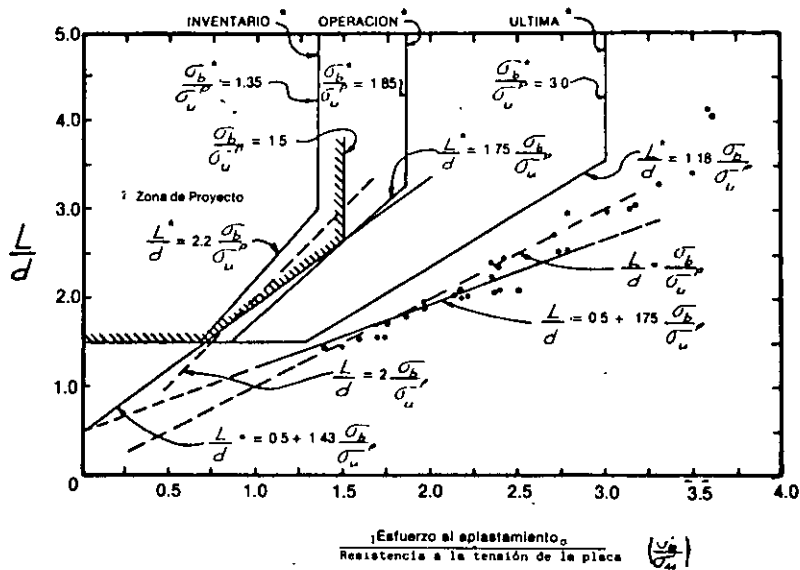
<sup>(b)</sup> Los esfuerzos tabulados, excepto los del tipo al aplastamiento, se aplican al área nominal de los pernos utilizados de cualquier grado de acero

<sup>(c)</sup> Puede aplicarse a las superficies de contacto, libres de escamas del laminado

<sup>(d)</sup> En conexiones del tipo al aplastamiento, cuya longitud entre los elementos de sujeción extremos en cada una de las partes empalmadas, medida paralelamente a la fuerza axial exceda de 50 pulg. (1.27 m), el valor tabulado se reducirá en 20 por ciento

<sup>(e)</sup> L es la distancia en pulg. (m) medida sobre la línea de la fuerza desde el eje de un perno al borde más cercano del perno adyacente o al extremo de la parte conectada hacia la que se dirige la fuerza, es el diámetro de los pernos, F<sub>y</sub> es la resistencia a la tensión mínima específica más baja de las partes conectadas

<sup>(f)</sup> Los pernos de alta resistencia de la AASHTO M164 (ASTM A325) son de tres tipos y se designan como Tipo 1, 2 ó 3



(1) Columnas con placas atiesadoras: para permitir la escasa resistencia de las columnas con placas atiesadoras, la longitud real de la columna se multiplicará por el siguiente factor para obtener el valor de  $L/r$  que deberá sustituirse en la fórmula de las columnas antes mencionada.

Real $L/r$	Espaciamiento centro a centro de las placas antiesadoras			
	Hasta $2d$	$4d$	$6d$	$10d$
40	1.3	2.0	2.8	4.5
80	1.1	1.3	1.7	2.3
120	1.0	1.2	1.3	1.8
160	1.0	1.1	1.2	1.5
200	1.0	1.0	1.1	1.3

$d$  = espesor del elemento perpendicular a los atiesadores

En el caso de las columnas que tienen una placa sólida por un lado y las placas atiesadoras por el otro, los factores de incremento procedentes deberán reducirse un 50 por ciento.

$L/r$  ajustado (placas atiesadoras por ambos lados =  $L/r$  real  $\times$  factor  
 $L/r$  ajustado (placas atiesadoras por un solo lado) =  $L/r$  real  $\times$  (1 +  $\frac{1}{2}$  (factor - 1))'

5.4.3 Hierro forjado. El esfuerzo permisible a tensión y flexión del hierro forjado es:

De Operación .....	1026
De Inventario .....	703

5.4.4 Acero de Refuerzo. A continuación se indican los esfuerzos permisibles, a tensión, del acero de refuerzo. Por lo general se utilizarán sin reducciones cuando se desconozcan las propiedades iniciales del acero:

	Capacidad de Inventario	Capacidad de Operación
Estructural o de grado desconocido, antes de 1954	1265	1758
Lingote grado 40, Intermedio o de grado desconocido (posterior a 1954)	1406	1969
Riel grado 50 o duro	1406	2285
Grado 60	1687	2531

5.4.5 Concreto. A continuación se indican los esfuerzos máximos permisibles a nivel de Operación del concreto en  $kg/cm^2$

(1) El valor de "n" se modificará de manera aproximada de conformidad con la siguiente tabla:

$f'c$ $kg/cm^2$	Compresión por flexión $kg/cm^2$	n
140-169	84	15
176-204	105	12
211-274	134	10
281-345	169	8
325 o más	211	6

(2) Columnas cortas sujetas a compresión, en las que  $L/D$  es igual a 12 o menor ...  $0.3 f'c$

(3) Columnas largas sujetas a compresión, en las que  $L/D$  es mayor que 12 ...  $0.3 F'c$  (1.3-0.3  $L/D$ )

L = longitud de la columna sin apoyo

D = dimensión mínima de la columna

Cuando se desconoce la resistencia a la compresión del concreto, la  $f'_c$  máxima se tomará de 232 kg/cm<sup>2</sup>

(4) La carga axial máxima de seguridad en las columnas es

$$P = f_c A_g + F_s A_s$$

donde:

P = Carga axial permisible sobre la columna

$f_c$  = Esfuerzo permisible del concreto tomado de (2) o de (3)

$A_g$  = Area bruta de la columna

$f_s$  = Esfuerzo permisible del acero =  $f_y (0.4 \times 1.38) = 1265$  kg/cm<sup>2</sup> a menos que se cuente con información acerca de las especificaciones del acero de refuerzo y el  $f_y$  sea mayor que 2320 kg/cm<sup>2</sup>

$f_y$  = Resistencia a la cedencia del acero de refuerzo

$A_s$  = Area del acero de refuerzo longitudinal

(5) Esfuerzo cortante (Tensión diagonal)

En traveses que no estén agrietados por tensión diagonal:

$$\text{(Cortante total)} = \text{(Cortante tomado por el acero)} \\ + \text{(Cortante tomado por el concreto)}$$

o bien  $v = v_s + v_c = v_s + 0.05 f'_c$

El valor máximo de  $0.05 f'_c$  que puede utilizarse es = 11 kg/cm<sup>2</sup>

Cuando el agrietamiento por tensión diagonal es severo,  $v_c$  puede considerarse cero y todo el esfuerzo cortante puede ser tomado por el acero de refuerzo.

5.4.6 Concreto Presforzado. Cuando en los elementos de concreto presforzados el índice de refuerzo, determinado de acuerdo con el Inciso 1.6.10 de las Especificaciones Estándar de la AASHTO, no exceda de 0.30, la capacidad de operación resultará en momentos que no excedan el 75 por ciento de la capacidad del momento último del elemento (Inciso 1.6.9 de las Especificaciones Estándar de la AASHTO). En situaciones de proyecto poco usuales con una amplia dispersión de tendones, la capacidad de operación puede controlarse, cuidando que los esfuerzos no excedan el 0.90 del esfuerzo al punto de cedencia del acero de presfuerzo en la capa de los tendones más cercanos a la fibra extrema de tensión del elemento.

5.4.7 Madera. Para determinar los esfuerzos permisibles en la madera de los puentes existentes, se requerirá el firme criterio del Ingeniero que realice las in-

vestigaciones de campo. Los esfuerzos de operación máximos permitidos no deberán exceder 1.33 veces los esfuerzos permisibles para la madera cuyo grado de esfuerzos se menciona en las Especificaciones Estándar de la AASHTO para Puentes Carreteros. Las reducciones del esfuerzo máximo permisible dependerán del grado y de las condiciones de la madera y se determinarán durante la inspección.

El esfuerzo permisible en libras por pulgada cuadrada en el área de la sección transversal de las columnas sólidas simples se determinará por medio de la siguiente fórmula, pero el esfuerzo de operación permisible no excederá 1.33 veces los valores de la compresión paralela a la veta, proporcionada en la tabla de esfuerzos de diseño de las especificaciones estándar antes mencionadas.

$$P/A = \frac{4.813 E}{(L/r)^2}$$

donde:

P = carga total en libras

A = área de la sección transversal en pulg<sup>2</sup>

E = módulo de elasticidad

L = longitud total sin apoyo, en pulg, entre los puntos de apoyo lateral de las columnas simples.

r = radio más pequeño de giro de la sección

En las columnas de sección transversal cuadrada o rectangular, la fórmula se representa:

$$P/A = \frac{0.40 E}{(L/r)^2}$$

en donde

d = dimensión en cm de la cara en consideración

Esta fórmula se aplica a columnas largas con (L/d) mayor que 11, pero no mayor que 50.

En las columnas cortas, con (L/d) no mayor que 11, debe utilizarse el esfuerzo permisible de proyecto a la compresión, paralela a la veta, 1.33 veces, dependiendo del grado de la madera utilizada.

## 5.5. MÉTODO DEL FACTOR DE CARGA

5.5.1 Generalidades La presente especificación se refiere a la clasificación de puentes por medio del Método del Factor de Carga tomado de las Especifica-



ciones Estándar para Puentes Carreteros de la AASHTO. Puede utilizarse como una alternativa del Método de Esfuerzos permisibles.

Con el Factor de Carga, una estructura se analiza utilizando múltiplos de las cargas.

La clasificación se determina de tal manera que el efecto de los múltiplos de carga no excedan la resistencia. Para asegurar la capacidad de servicio y de durabilidad, debe considerarse el control de las deformaciones permanentes bajo las sobrecargas y las características de la fatiga bajo las cargas de servicio.

Esta Especificación se aplica a los puentes de vigas y trabes simples y continuas con claros hasta 152 m. Cuando se trate de requisitos no especificados en estas páginas, se aplicarán las disposiciones de las Especificaciones estándar para Puentes Carreteros de la AASHTO.

### NOMENCLATURA

A	área transversal del alma del atiesador (cm <sup>2</sup> )
A <sub>t</sub>	área de un patín de la viga o de la traba (cm <sup>2</sup> )
A <sub>F</sub>	área de tensión o cortante de la soldadura, perno o remache (cm <sup>2</sup> )
A' <sub>F</sub>	área para cortante del elemento de sujeción por fricción (cm <sup>2</sup> )
A <sub>s</sub>	área bruta efectiva de la sección transversal de la columna (cm <sup>2</sup> )
b'	ancho de proyecto del patín (cm)
b'EFF	ancho efectivo de proyecto del patín (cm)
b'L, b'T	ancho del alma del atiesador longitudinal y transversal respectivamente (cm).
(b'l)EFF,	ancho efectivo del alma del atiesador longitudinal y
(b't)EFF	transversal respectivamente (cm)
D	efecto de la carga muerta
D, D <sub>w</sub>	peralte sin apoyo del alma (cm)
D <sub>c</sub>	distancia libre del eje neutro al patín de compresión (cm)
D'	fuerza por carga muerta sobre la soldadura, perno o remache (b)
D''	fuerza cortante por carga muerta en el elemento de sujeción de la junta por fricción (kg)
D <sub>1</sub> M <sub>DL1</sub>	momento por carga muerta inicial en la sección compuesta (kg-cm)
D <sub>2</sub> M <sub>DL2</sub>	momento por carga muerta superpuesta en la sección compuesta

d	peralte del elemento (cm)
d <sub>o</sub>	distancia entre atiesadores transversales (cm)
E	módulo de elasticidad 2 040 000 kg/cm <sup>2</sup>
F <sub>perm.</sub>	Esfuerzo permisible de la Tabla 1.7.71A de acuerdo con las Especificaciones para Puentes Carreteros de la AASHTO
F <sub>p</sub>	esfuerzo de pandeo (kg/cm <sup>2</sup> )
F <sub>e</sub>	esfuerzo de pandeo de Euler en el plano de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
F <sub>r</sub>	esfuerzo permisible de fatiga como se estableció en el Inciso 5.5.2.5
F <sub>u</sub>	resistencia última de tensión del acero utilizado (kg/cm <sup>2</sup> )
F <sub>y</sub>	punto de cedencia mínimo especificado o resistencia a la ruptura del acero utilizado (kg/cm <sup>2</sup> )
I	fracción de impacto
I <sub>l</sub> , I <sub>t</sub>	momento de inercia del alma del atiesador longitudinal y transversal, respectivamente (cm <sup>4</sup> )
K	factor de longitud efectiva del elemento a compresión efecto de la carga viva
L <sub>b</sub>	distancia entre puntos de contraventeo del patín de compresión (cm)
L <sub>c</sub>	longitud del elemento de compresión (cm)
L <sub>1</sub>	Clasificación de inventario o sus efectos
L <sub>2</sub>	Clasificación de la capacidad de operación o sus efectos
M, M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub>	momento en una sección transversal (kg-cm)
M <sub>A</sub>	capacidad de una sección por carga viva, más el momento de impacto (kg-cm)
M <sub>u</sub>	capacidad del momento máximo (kg-cm) como se establece en las Especificaciones Estándar para Puentes Carreteros de la AASHTO
M <sub>DL</sub>	momento por carga muerta (kg-cm)
M <sub>L</sub> + I	momento por carga viva más impacto, en la sección compuesta (kg-cm)
P <sub>DL</sub>	carga axial debida a la carga muerta (kg)
P <sub>L</sub> + I	carga axial debida a la carga viva más impacto (kg)
P <sub>u</sub>	capacidad de compresión axial máxima (kg)
RF	factor que multiplicado por la clasificación de vehículos proporciona la clasificación de la estructura
RF <sub>M</sub>	factor de clasificación para momento
RF <sub>V</sub>	factor de clasificación para cortante
RF <sub>S</sub>	factor de clasificación por resistencia a la capacidad de servicio
RV	Carga viva utilizada en el análisis de la estructura
r	Igual configuración que la del vehículo que constituirá finalmente la clasificación de la estructura, aun cuando no necesariamente tendrá el mismo peso
r <sub>y</sub>	radio mínimo de giro (cm)
S	Radio de giro con respecto al eje Y-Y (cm)
	Módulo de sección (cm <sup>3</sup> )

$S_{D1}, S_{DL1}$	Módulo de sección del acero solamente, en función de la carga muerta inicial ( $cm^3$ )
$S_{EFF}$	Módulo de sección efectiva ( $cm^3$ )
$S_{D2}, S_{DL2}$	módulo de sección de larga duración de la sección compuesta en función de la carga muerta superpuesta ( $cm^3$ )
$S_{EFF}$	módulo de sección efectivo ( $cm^3$ )
$S_f$	Resistencia a la fatiga
$S_s$	Resistencia de servicio
$S_u$	Resistencia máxima
$S_L + 1$	módulo de sección de corta duración de la sección compuesta en función de la carga viva más el impacto ( $cm^3$ )
$t$	espesor del patIn ( cm )
$t_L, t_T$	espesor del alma del atiesador longitudinal y transversal respectivamente ( cm )
$t_c$	espesor del alma ( cm )
$V$	fuerza cortante en la sección transversal ( kg )
$V_n$	capacidad de la sección para la carga viva más cortante por impacto ( kg )
$V_{DL}$	fuerza cortante por carga muerta ( kg )
$V_{DL1}, V_{DL2}$	fuerza cortante por carga muerta y por carga muerta superpuesta, respectivamente ( kg )
$V_L + 1$	fuerza cortante por carga viva más impacto ( kg )
$V_c$	capacidad al cortante máximo kg como se indica en las Especificaciones Estándar para Puentes Carreteros de la AASHTO
$Z$	modulo de sección plástico ( $cm^3$ )
$\phi$	Estándar para Puentes Carreteros AASHTO)

El efecto de la carga viva máxima permisible en cualquier estructura, cuando se combina con el efecto producido por otras cargas, no deberá exceder la resistencia de la sección como se indica a continuación. Estas expresiones de la resistencia máxima únicamente se utilizarán cuando, a juicio del Ingeniero, los materiales en consideración sean sanos y su resistencia sea razonablemente similar a la de los materiales nuevos, cuyo grado y calidad podrían permitirles ser utilizados en cualquier construcción de primera.

Quando la calidad de fabricación es inferior a lo normal, los esfuerzos básicos permisibles máximos serán determinados por el Ingeniero, con base en la investigación de campo, y serán sustituidos por los esfuerzos básicos proporcionados en las presente especificaciones. Estos esfuerzos básicos en ningún caso serán mayores que el máximo indicado a continuación.

El área efectiva de los elementos que se usará en los cálculos será el área bruta menos el área dañada por degradación o corrosión. Esta área neta será determinada por el Ingeniero en el campo. Se harán también deducciones por agujeros de pernos, remaches u otros, con base en las Especificaciones de Proyecto de la AASHTO para determinar las áreas netas de los elementos en tensión, además de la pérdida de área producida por otros motivos.

La longitud efectiva del claro para el cálculo de esfuerzos se determinará de acuerdo con las Especificaciones Estándar para Puentes Carreteros AASHTO. Las siguientes expresiones generales determinarán las clasificaciones de la estructura.

Análisis de resistencia para el inventario:

$$\phi S_u = 1.3 [D + (5/3) (RF) (L + I)] \leq \text{Resistencia máxima}$$

=  $[D + (5/3) (RF) (L + I)] \leq$  Resistencia a la capacidad de servicio (únicamente de los elementos de acero)

=  $[D + L(1 + I)] \leq$  Control del agrietamiento del concreto con resistencia a la fatiga

Deben satisfacerse las tres condiciones para clasificar cualquier sección.

Análisis de la resistencia de operación:

$$\phi S_u = 1/3 = [D + (RF)(L + I)] \leq \text{Resistencia máxima}$$

=  $[D + RF (L + I)] \leq$  Resistencia a la capacidad de servicio (únicamente de los elementos de acero)

Ambas condiciones deben cumplirse para poder clasificar cualquier sección. La capacidad de operación puede determinarse como la proporción de la carga

considerada que puede sustituirse por (RF) (L + l) en las relaciones anteriores.

5.5.2 Acero. Los elementos de acero deberán evaluarse para determinar su resistencia y su capacidad de servicio.

Los esfuerzos a la cedencia utilizados para la clasificación, dependerán del tipo de acero utilizado en los elementos estructurales. En el caso de metales no considerados en las especificaciones, se podrá recurrir al muestreo del acero para determinar su característica a la ruptura. Cuando no se cuenta con especificaciones sobre el acero, la resistencia a la ruptura debe tomarse de las columnas correspondientes según "Fecha de construcción" de las tablas del Inciso 5.4.2.

5.5.2.1 Capacidad de Operación de las Secciones Gobernantes por la "Resistencia Máxima". Relación Carga-Resistencia

A. Resistencia Máxima

$$\leq 1.3 [D + RF (L + l)]$$

B. Sección a Flexión

La clasificación de las secciones a flexión se determinará de la siguiente manera:

1. Para secciones compactas:

$$L_c = (RF) (\text{Momento de Clasificación})$$

$$= \frac{F_y Z - 1.3 D}{1.3 (1 + l)} \text{ si no es compuesta}$$

o

$$\frac{M_u - 1.3 D}{1.3 (1 + l)} \text{ si es compuesta}$$

2. Para secciones contraventeadas no compactas:

$$L_c = (RF) (\text{Momento de clasificación})$$

$$= \frac{F_y S - 1.3 D}{1.3 (1 + l)} \text{ si no es compuesta}$$

$$S_{L+1} = \left[ \frac{F_y - 1.3(D_1/S_{D1} + D_2/SD_2)}{1.3(1+l)} \right] \text{ si es compuesta}$$

3. Sección sin contraventeo:

$$L_c = (RF) (\text{Momento de clasificación})$$

$$= \frac{F_y S [1 - (3F_y/4 \pi^2 E) (L_c/b)^2] - 1.3D}{1.3(1+l)} \text{ si no es compuesta}$$

o

$$S_{L+1} = \left[ \frac{F_y [1 - (3F_y/4 \pi^2 E) (L_c/b)^2] - 1.3(D_1/S_{D1} + D_2/SD_2)}{1.3(1+l)} \right] \text{ si es compuesta}$$

\* Las cantidades entre paréntesis pueden incrementarse en 20% pero que no exceda de la unidad. Considerando el momento flexionante en el extremo de la longitud contraventeada.  $L_c$  es menor que 0.7 del momento flexionante en el otro extremo de la longitud contraventeada.

El momento de clasificación es el producido por el vehículo de clasificación. D es el momento por carga muerta.

C. Sección por cortante

La clasificación de las secciones para cortante se determinará de la siguiente manera:

1. Para secciones compactas:

$$L_c = (RF) (\text{Cortante de clasificación})$$

$$= \frac{0.58 F_y d_w - 1.3 D}{1.3 (1 + l)}$$

2. Para secciones no compactas sin atiesadores:

$$L_c = (RF) (\text{Cortante de clasificación})$$

$$= \frac{3.5Et_w^3/D_w - 1.3D}{1.3(1 + I)}$$

$$= \frac{0.58F_y D_w t_w - 1.3D}{1.3(1 + I)}$$

la que gobierne

3. Para atiesadores de secciones no compactas

$L_c = (RF)$  (Cortante de clasificación)

$$= \frac{0.58F_y D_w t_w \left[ C + \frac{0.87(1 - C)}{\sqrt{1 + (d_o/D_w)^2}} \right]}{1.3(1 + I)}$$

Cortante de clasificación es producido por el vehículo de clasificación.

D es el cortante por carga muerta.

$$C = 18,000 \frac{t_w}{D_w} \frac{1 + (D_w/d_o)^2}{F_y} - 0.3 \leq 1.0$$

D. Secciones de Columnas

La clasificación de las secciones de columnas se determinarán de la siguiente manera;

1. Para columnas con cargas concéntricas:

$L_c = (RF)$  (Carga axial de clasificación)

$$= \frac{0.85 A_s F_y \left[ 1 - (F_y/4 \pi^2 E) (KL_c/r)^2 \right] \cdot 1.3D}{1.3(1 + I)}$$

cuando

$$KL_c r \leq \sqrt{\pi^2 E / F_y}$$

La carga axial de clasificación es la carga axial producida por el vehículo de clasificación. D es la carga axial por carga muerta.

2. Tratándose de columnas con cargas excéntricas, la clasificación de se determinará como se define en las Especificaciones Estándar para Puentes Carreteros de la AASHTO.

E. Soldaduras, pernos y remaches.

La clasificación de la soldadura, pernos y remaches se determinará utilizando los esfuerzos permisibles de la Tabla 1.7.71A de las Especificaciones Estándar para Puentes Carreteros de la AASHTO. La clasificación se determina de la siguiente manera:

$L_c = (RF)$  (Fuerza de clasificación)

$$= \frac{(F \text{ permisible}) (A_s) \cdot 1.3D}{1.3(1 + I)}$$

La fuerza de clasificación es la producida por el vehículo de clasificación.

5.5.2.2 Clasificación de Operación de las Secciones Gobernantes por la Relación Carga de Servicio/Resistencia

A. Resistencia a la capacidad de servicio

$$\leq [D + RF (L + 1)]$$

La clasificación de las secciones a flexión se determinará de la siguiente manera:

1. Para secciones no-compuestas

$L_c = (RF)$  (Momento de clasificación)

$$= \frac{0.80 F_y S \cdot D}{1 + I}$$

D es el momento por carga muerta

2. Para secciones compuestas:

$L_c = (RF)$  (Momento de clasificación)

$$= \frac{S_L + 1}{1 + I} \left[ 0.95 F_y \cdot \frac{D_1}{S_{D1}} - \frac{D_2}{S_{D2}} \right]$$

C. Elementos de sujeción de juntas de fricción - Pernos A325. La Clasificación de los elementos de sujeción de juntas de fricción (pernos A325) se determina utilizando un esfuerzo permisible de 1476 kg/cm<sup>2</sup> de la siguiente manera:

$L_c = (RF)$  (Fuerza de clasificación)

$$\frac{1476 \text{ kg/cm}^2 (A'F) - D''}{1 + I}$$

5.5.2.3 Interacción Momento/Cortante. Cuando el momento flexionante y el cortante se presentan simultáneamente en un tablero de trabes atiesadas deberá cumplirse con la siguiente relación de interacción:

Cuando  $V < 0.6V_c$ ,

$$M/M_c = 1.375 - 0.625 V/V_c$$

#### 5.5.2.4 Clasificación de Inventario de las Secciones a Flexión

A. Gobernada por la Relación/Carga Resistencia  $1.30 [D + 5/3 (L_c (1 + I))] \leq$  Resistencia máxima y por la Relación Carga/Resistencia  $D + 5/3 [(L_c (1 + I))] \leq$  Resistencia a la Capacidad de Servicio.

La clasificación de Inventario regida por estas relaciones de carga/resistencia pueden considerarse de 0.6 de las Clasificaciones de Operación correspondientes.

B. Regida por la Relación Carga/Resistencia  $D + L_c (1 + I) \leq$  Resistencia a la Fatiga.

$$L_c = (RF) \text{ (Momento de clasificación)} = \frac{F_c S - D}{1 + I}$$

D es el momento por carga muerta.

#### 5.5.2.5 Esfuerzo de Fatiga Permisible.

El inciso 1.7.2 de las Especificaciones Estándar para Puentes Carreteros AASHTO servirá de guía para determinar el esfuerzo de fatiga permisible,  $F_c$ . Igualmente puede influir, en la determinación de la resistencia a la fatiga, las condiciones especiales de operación y estructurales, las políticas seguidas por el propietario o agencia de clasificación y el criterio aplicado por el Ingeniero.

#### 5.5.3 Elementos de Concreto

##### 5.5.3.1 Acero de Refuerzo

A continuación se indican los límites elásticos de ruptura del acero de refuerzo:

#### Acero de Refuerzo

Límite Elástico  
F, kg/cm<sup>2</sup>

Acero cuyas propiedades no son conocidas (anteriores a 1954)	2320
Grado estructural	2531
Grado intermedio o de Lingote y cuyas propiedades no son conocidas después de 1954 (Grado 40)	2812
Grado duro o de Riel (Grado 50)	3515
Grado 60	4218

5.5.3.2 Concreto. Se evaluarán los elementos de concreto para determinar su resistencia y capacidad de servicio como se estipula en el inciso 1.5.37 de la AASHTO. El área del acero de tensión a la ruptura que se utilizará para calcular la capacidad del momento último de los elementos a flexión, no deberá exceder el área disponible en la sección o el 75 por ciento del refuerzo requerido para la condición del equilibrio.

#### 5.5.4 Concreto Presforzado

Se proporcionará en fecha próxima.

#### APENDICE A

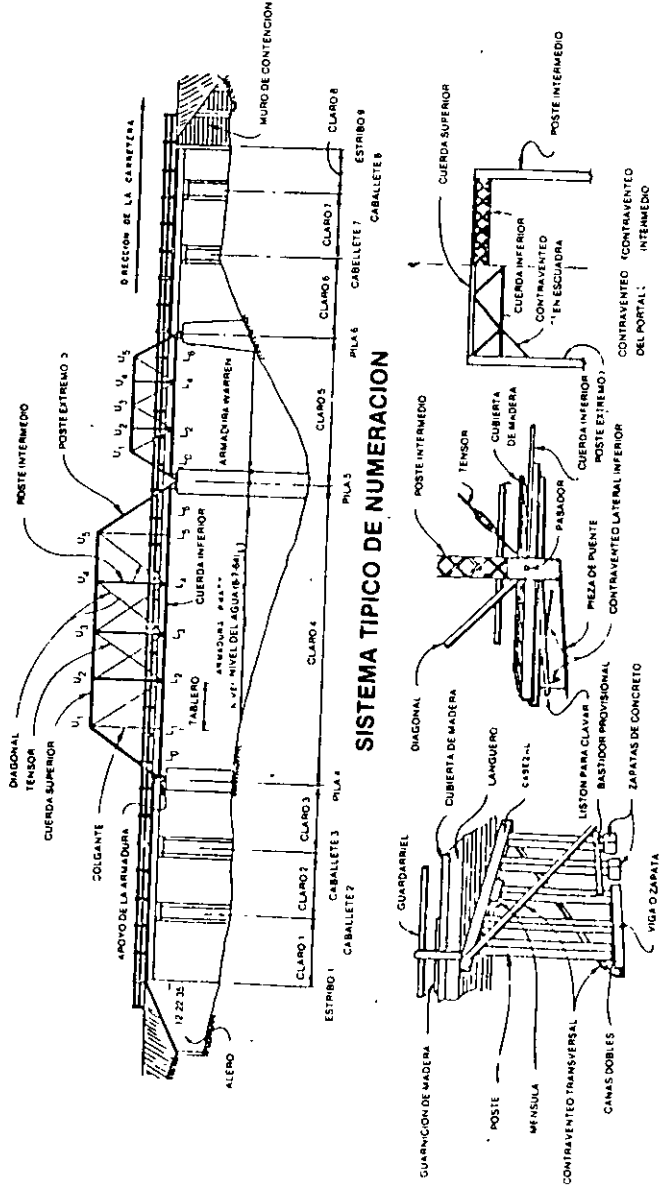
#### GRAFICAS Y TABLAS

##### Lámina 1 Nomenclatura de Puentes

- 2 Momentos por Carga Viva en Largueros o Trabes Longitudinales
- 3 Reacciones por Carga Viva en Piezas de Puente y cabezales transversales
- 4 Reacciones por Carga Viva en Piezas de Puentes y cabezales
- 5, 6 y 7 Fórmulas para Esfuerzo Cortante Máximo
- 8 y 9 Fórmulas para Momentos Máximo
- 10 Inventario de la Estructura y Hoja de Apreciación (Típica)
- 11 Tipos de Carga Legal

# NOMENCLATURA DE PUENTES

## MOMENTO POR CARGA VIVA EN TON.- METRO POR LINEA DE RUEDAS



### CONTRAVENTE TRANSVERSAL TÍPICO

### DETALLES DE LA ARMADURA DEL SISTEMA DE PISO

### CABALLETE TÍPICO DE MADERA

- VC GALIBO VERTICAL
- DD DIST ENTRE EXTREMOS
- CC DIST CENTRO A CENTRO
- GDF PINO DE CALIFORNIA CREOSOTADO
- WS (TRATADO A PRESION)
- WL SUPERFICIE DE RODAMIENTO
- HWM NIVEL DEL AGUA
- NWM NIVEL MAS ALTO DEL AGUA
- RC CONCRETO REFORZADO
- RW PINO DE CALIFORNIA
- UF ABETO SIN TRATAR
- BTF ABETO TRATADO, CEPILLADO (MADERA PRESERVADA)

Sin Impacto				Con Impacto				
Tipo de Carga				Claro metros C-C	Tipo de Carga			
H-15	3	3-S2	3-3		H-15	3	3-S2	3-3
2.074	1.466	1.341	1.383	1.5240	2.696	1.906	1.743	1.798
2.489	1.770	1.604	1.659	1.8288	3.236	2.301	2.085	2.157
2.903	2.074	1.880	1.936	2.1336	3.774	2.696	2.444	2.517
3.318	2.627	2.406	2.212	2.4384	4.313	3.415	3.128	2.876
3.733	3.194	2.917	2.627	2.7432	4.853	4.152	3.792	3.415
4.148	3.761	3.429	3.097	3.0480	5.392	4.889	4.458	4.026
4.562	4.327	3.940	3.567	3.3528	5.931	5.625	5.122	4.637
4.977	4.894	4.425	4.032	3.6576	6.470	6.362	5.788	5.230
5.392	5.447	4.977	4.493	3.9624	7.010	7.081	6.470	5.841
5.807	6.014	5.489	4.950	4.2672	7.549	7.818	7.136	6.435
6.221	6.581	6.000	5.420	4.5720	8.087	8.555	7.800	7.046
6.636	7.148	6.512	5.890	4.8768	8.627	9.292	8.466	7.657
7.051	7.715	7.023	6.346	5.1816	9.166	10.030	9.130	8.250
7.466	8.268	7.549	6.816	5.4864	9.706	10.748	9.814	8.861
7.880	8.835	8.060	7.272	5.7912	10.244	11.486	10.478	9.454
8.295	9.401	8.572	7.742	6.0960	10.784	12.221	11.144	10.065
8.710	9.982	9.111	8.226	6.4008	11.323	12.777	11.844	10.694
9.125	10.577	9.650	8.710	6.7056	11.862	13.750	12.545	11.323
9.540	11.157	10.335	9.194	7.0104	12.402	14.504	13.462	11.952
9.954	11.752	11.060	9.678	7.3152	12.940	15.278	14.378	12.581
10.369	12.346	11.766	10.162	7.6200	13.480	16.050	15.296	13.211
10.784	12.927	12.471	10.646	7.9248	14.019	16.805	16.212	13.840
11.240	13.508	13.190	11.130	8.2296	14.162	17.560	17.147	14.469
11.766	14.102	13.895	11.613	8.5344	15.296	18.333	18.064	15.097
12.277	14.683	14.600	12.097	8.8392	15.960	19.088	18.980	15.726
12.789	15.429	15.305	12.581	9.1440	16.626	20.058	19.897	16.355
13.798	17.088	16.729	13.964	9.7536	17.937	22.214	21.748	18.153
14.849	18.747	18.139	15.415	10.3632	19.304	24.371	23.581	20.040
15.872	20.462	19.563	16.881	10.9728	20.634	26.601	25.432	21.945
16.909	22.190	20.973	18.333	11.5824	21.982	28.847	27.265	23.833
17.932	23.919	22.398	19.799	12.1920	23.312	31.095	29.117	25.739
18.969	25.647	23.808	21.264	12.8016	24.641	33.315	30.927	27.622

MOMENTO POR CARGA VIVA EN TON.- METRO POR LINEA DE RUEDAS

Sin Impacto				Con Impacto				
Tipo de Carga				Claro metros C-C	Tipo de Carga			
H-15	3	3-S2	3-3		H-15	3	3-S2	3-3
20.006	27.375	25.232	22.716	13.4112	25.924	35.473	32.696	29.435
21.029	29.104	26.643	24.196	14.0208	27.178	37.614	34.433	31.271
22.066	30.832	28.067	25.716	14.6304	28.443	39.742	36.178	33.148
23.103	32.560	30.362	27.237	15.240	29.714	41.862	39.036	35.019
24.140	34.288	32.574	29.588	15.8496	30.960	43.974	42.007	37.947
25.163	36.017	35.146	31.938	16.4592	32.191	46.077	44.962	40.858
26.200	37.745	37.524	34.288	17.0688	33.436	48.170	47.888	43.758
27.486	39.473	39.916	36.639	17.6784	35.454	50.257	50.821	46.649
28.924	41.201	42.308	38.990	18.2880	36.742	52.338	53.744	49.529
36.653	49.843	54.253	51.156	21.3360	46.051	62.623	68.163	64.272
45.211	58.484	66.503	64.982	24.3840	56.238	72.748	82.723	80.831
54.599	67.125	78.946	78.808	27.4320	67.299	82.738	97.309	97.139
64.816	75.766	91.390	92.634	30.4800	79.218	92.601	111.697	113.217
87.726	93.049	116.360	120.286	36.5760	105.631	112.040	140.109	144.836
113.954	110.331	141.163	147.398	42.6720	135.457	131.150	167.800	175.854
143.514	127.614	166.050	175.590	48.7680	168.686	149.997	195.175	206.388
176.392	144.896	190.937	203.242	54.8640	205.303	168.644	222.232	236.553
212.575	162.179	215.824	230.894	60.9600	245.269	187.122	249.018	266.404
317.569	205.385	278.041	300.024	76.2000	359.900	232.763	315.104	340.017
443.289	248.591	340.258	369.154	91.4400	495.420	277.825	380.272	412.567

REACCIONES POR CARGA VIVA EN PIEZAS DE PUENTE Y CABEZALES TRANSVERSALES (VIGAS TRANSVERSALES INTERMEDIAS) (UNICAMENTE CLAROS SIMPLES)

CLARO DEL LARGUERO EN METROS C - C	REACCIONES POR CARGA VIVA EN TON. POR LINEA DE RUEDAS, SIN IMPACTO.			
	TIPO DE CARGA			
	TIPO 3	TIPO 3-S2	TIPO 3-3	H-15
3.048	6.17	5.62	5.08	5.44
3.3528	6.30	5.76	5.22	5.44
3.6576	6.44	5.94	5.31	5.44
3.9624	6.53	6.21	5.40	5.44
4.2672	6.62	6.44	5.44	5.44
4.5720	6.71	6.62	5.53	5.53
4.8768	6.94	6.80	5.58	5.62
5.1816	7.17	6.99	5.76	5.67
5.4864	7.44	7.08	6.03	5.76
5.7912	7.62	7.21	6.21	5.81
6.0960	7.80	7.30	6.44	5.85
6.4008	7.98	7.39	6.58	5.90
6.7056	8.16	7.48	6.76	5.94
7.0104	8.30	7.58	6.89	5.99
7.3152	8.39	7.67	7.03	6.03
7.6200	8.53	7.71	7.12	6.08
7.9248	8.62	7.94	7.35	6.12
8.2296	8.75	8.26	7.62	6.12
8.5344	8.85	8.53	7.94	6.12
8.8392	8.94	8.80	8.16	6.17
9.1440	9.03	9.12	8.53	6.17

Carga en un carril  $M = \frac{(L - 0.91)^2 R}{2L}$

Calzada de dos carriles de más de 5.5 metros  $M = (L - 2.74 + \frac{0.69}{L}) R$

Líneas de ruedas / armaduras  
 Carga en 1 carril =  $(0.30 + \frac{W - 2.74}{C})$   
 Carga en 2 Carriles =  $(0.30 + \frac{5.50}{C}) 2$

DONDE:

- M = MOMENTO EN LA VIGA TRANSVERSAL
- R = REACCION (VALOR TABULAR)
- L = CLARO DE LA VIGA TRANSVERSAL
- W = ANCHO DE LA CALZADA
- C = C-C DE ARMADURAS

LAMINA 4

REACCIONES POR CARGA VIVA EN  
PIEZAS DE PUENTE Y CABEZALES TRANSVERSALES  
(VIGAS TRANSVERSALES EXTREMAS)  
(UNICAMENTE CLAROS SIMPLES)

CLARO DEL LARGUERO EN METROS C - C	REACCIONES POR CARGA VIVA EN TON. POR LINEA DE RUEDAS, SIN IMPACTO			
	TIPO DE CARGA			
	TIPO 3	TIPO 3-S2	TIPO 3-3	H-15
3 048	6 17	5 62	5 08	5 44
3 3528	6 30	5 76	5 22	5 44
3 6576	6 44	5 85	5 31	5 44
3 9624	6 53	5 94	5 40	5 44
4 2672	6 62	6 03	5 44	5 44
4 5720	6 67	6 08	5 49	5 53
4 8768	6 76	6 30	5 58	5 62
5 1816	6 80	6 49	5 62	5 67
5 4864	6 85	6 62	5 62	5 76
5 7912	6 89	6 76	5 67	5 81
6 0960	7 12	6 89	5 72	5 85
6 4008	7 30	7 03	5 94	5 90
6 7056	7 53	7 12	6 12	5 94
7 0104	7 67	7 21	6 26	5 99
7 3152	7 85	7 30	6 44	6 03
7 6200	7 98	7 39	6 58	6 08
7 9248	8 12	7 44	6 71	6 08
8 2296	8 21	7 53	6 80	6 12
8 5344	8 35	7 58	6 94	6 12
8 8392	8 44	7 62	7 03	6 17
9 1440	8 53	7 71	7 12	6 17

LAMINA 5

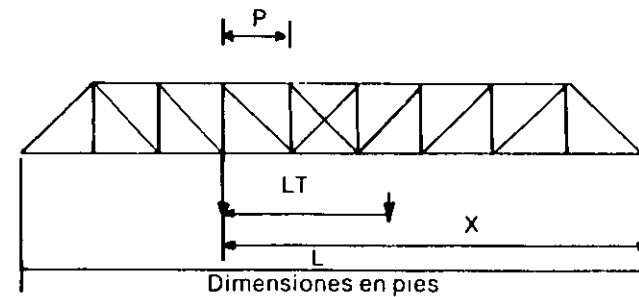
FORMULAS PARA ESFUERZOS CORTANTES MAXIMO  
EN CUALQUIER PUNTO DEL TRABAJO

(Sin impacto)

(Unicamente claros simples)

+ Se aplica cuando todo el camión está en el claro

Tipo de Carga	LT	"X" min.	Fórmula	No. de tableros de la armadura en uso	(1)	(2)
3	5.79m	5.79m	$V = \frac{11.34(X-2.27)}{L}$	Todos	3	Rt
3-52	12.50m	12.50m	$V = \frac{16.33(X-5.67)}{L}$	5 o más	5	Rt
		9.14m	$V = \frac{16.33(X-2.25)}{L} - \frac{3.87}{P}$	3.4	2	Lt
		7.92	$V = \frac{16.33(X-2.25)}{L} - \frac{7.45}{P}$	2	3	Lt
3-3	16.46	16.46m	$V = \frac{18.14(X-7.28)}{L}$	6 o más	6	Rt
		12.24	$V = \frac{18.14(X-6.06)}{L} - \frac{1.97}{P}$	4.5	5	Rt
		10.67m	$V = \frac{18.14(X-3.38)}{L} - \frac{9.70}{P}$	3	3	Lt
		10.36m	$V = \frac{18.14(X-1.19)}{L} - \frac{17.72}{P}$	2	4	Rt



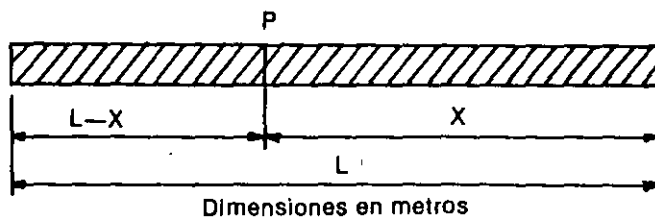


- L = Longitud de la armadura  
 LT = Longitud del camión  
 P = Longitud del tablero  
 X = Distancia del tablero al extremo de la armadura  
 V = Esfuerzo cortante en el punto del tablero en toneladas por línea de ruedas  
 (1) Eje No. O Punto del tablero  
 (2) Dirección del camión  
 Rt = Derecha  
 Lf = Izquierda

LAMINA 6

FORMULAS PARA ESFUERZO CORTANTE MAXIMO  
 EN CUALQUIER PUNTO DEL TABLERO  
 (Sin Impacto)  
 (Unicamente claros simples)

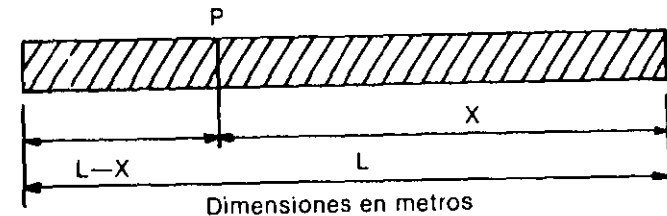
Tipo de Carga	$\frac{L-X}{L}$	Fórmula para cortante máximo (1)	Longitud del camión	Mínimo	
				L-X	X(2)
3	0-0.500	$V = \frac{11.34(X-2.27)}{L}$	5.79 m	0	5.79 m
3-S2	0-0.500	$V = \frac{16.33(X-5.67)}{L}$	12.50 m	0	12.50 m
3-3	0-0.500	$V = \frac{18.14(X-7.28)}{L}$	16.46 m	0	16.46 m



- V = Esfuerzo cortante en el punto "P", que es la distancia (L-X) del extremo del claro, en toneladas por línea de ruedas  
 (1) Esta fórmula puede aplicarse únicamente cuando "X" exceda la longitud total del camión  
 (2) Para claros donde "X" sea menor que el mínimo, los esfuerzos deben determinarse con base en las estadísticas

FORMULAS PARA ESFUERZO CORTANTE MAXIMO  
 EN CUALQUIER PUNTO DEL TABLERO  
 (Sin Impacto)  
 (Unicamente claros simples)

Tipo de Carga	$\frac{L-X}{L}$	Longitud de traves en uso	Fórmula para Cortante en "P"	Mínimo	
				L-X	X
HS-20	0-0.500	< 12.80m	$V = \frac{16.33(X-1.42)}{L} \cdot 1.81$	427m	4.27m
		$\geq 12.80m$	$V = \frac{16.33(X-2.84)}{L}$	0	8.53m
H-S-15	0-0.500	< 12.80m	$V = \frac{12.25(X-1.42)}{L} \cdot 1.36$	427m	4.27m
		$\geq 12.80m$	$V = \frac{(12.25(X-2.84))}{L}$	0	8.53m
H-20	0-0.500	Toda	$V = \frac{9.07(X-0.85)}{L}$	0	4.27m
H-15	0-0.500	Toda	$V = \frac{6.80(X-0.85)}{L}$	0	4.27m



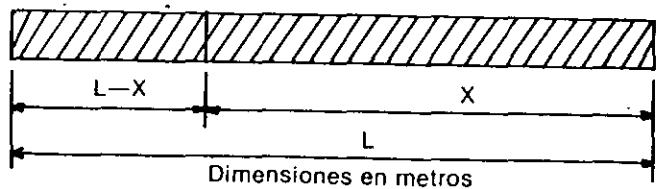
- V = Cortante a la izquierda de "P" en toneladas por línea de ruedas

LAMINA 8

FORMULAS PARA MOMENTO MAXIMO  
EN CUALQUIER PUNTO DEL CLARO  
(Sin impacto)  
(Unicamente claros simples)

Tipo de Carga	$\frac{L-X}{L}$	Fórmula para momento en "P"	Mínimo		(1)	(2)
			L-X	X		
3	0-0.340	$11.34(X-2.27) \frac{(L-X)}{L}$	0	5.79	3	Rt
	0.340-0.500	$11.34(X-1.05) \frac{(L-X)}{L} - 4.70$	1.22	4.57	2	Rt
3-S2	0-0.211	$16.33(X-5.67) \frac{(L-X)}{L}$	0	12.50	5	Rt
	0.211 - 0.354	$16.33(X-3.47) \frac{(L-X)}{L} - 7.60$	3.35	9.14	2	Lt
	0.354 - 0.500	$16.33(X-2.25) \frac{(L-X)}{L} - 14.65$	4.57	7.92	3	Lt
3-3	0-0.175	$18.14(X-7.28) \frac{(L-X)}{L}$	0	16.46	6	Rt
	0.175-0.3125	$18.14(X-6.07) \frac{(L-X)}{L} - 3.87$	1.22	15.24	5	Rt
	0.3125-0.396	$18.14(X-3.38) \frac{(L-X)}{L} - 19.08$	5.79	10.67	3	Lt
	0.396-0.500	$18.14(X-1.19) \frac{(L-X)}{L} - 34.84$	6.10	10.36	4	Rt

Rt = Derecha (1) Eje No. P  
Lt = Izquierda (2) Dirección del camión

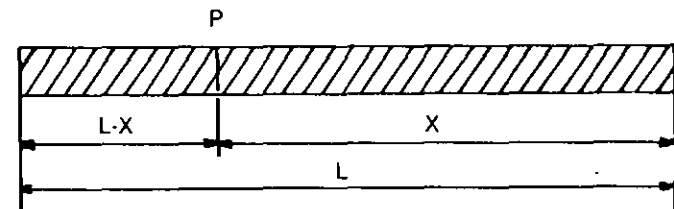


Dimensiones en metros

LAMINA 9

FORMULAS PARA MOMENTO MAXIMO  
EN CUALQUIER PUNTO DEL TABLERO  
(Sin impacto)  
(Unicamente claros simples)

Tipo de Carga	$\frac{L-X}{L}$	Fórmula para momento en "P"	Mínimo	
			L-X	X
HS-20	0-0.333	$\frac{16.33-X)(X-2.84)}{L}$	0	8.53
	0.333-0.5000	$\frac{16.33-X)(X-1.42)}{L} - 7.74$	4.27	4.27
HS-15	0-0.333	$\frac{12.25-X)(X-2.84)}{L}$	0	8.53
	0.333-0.500	$\frac{12.25-X)(X-1.42)}{L} - 5.81$	4.27	4.27
H-20	0-0.500	$\frac{9.07-X)(X-0.85)}{L}$	0	4.27
H-15	0-0.500	$\frac{6.80-X)(X-0.85)}{L}$	0	4.27



Dimensiones en metros

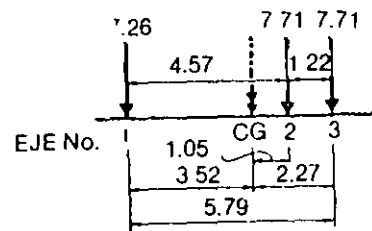
Momentos en toneladas-metros por línea de ruedas  
Estas fórmulas se aplican cuando todas las cargas actúan en el claro

Momento en Ton.- m por línea de ruedas a una distancia (L-X) del extremo del claro  
Las fórmulas se aplican cuando todo el camión se encuentra en el claro

## FORMA DE EVALUACION E INVENTARIO DE LA ESTRUCTURA

IDENTIFICACION	CLASIFICACION	Transferencia de fecha Inspección de conservación Análisis del estado Evaluación Estimación de costos Revisión general
1 Estado	24 Sistema de asistencia federal	Por Fecha
2 Distrito de la carretera	25 Administración	
3 Municipio	26 Operado por	
4 Ciudad/Poblado		
5 Camino inventariado sobre el bajo el		
6 Puntos intersectados		
<b>DATOS DE LA ESTRUCTURA</b>		
7 Tipo de instalación apoyada por la estructura	27 Año de construcción	42 Servicio tipo
8 Estructura No. de Ide	28 No de carriles	43 Tipo de estructura principal
9 Ubicación	29 ADT	44 Accesos
10 Espaciado vertical cam/m	30 Año	45 No de cetros principales
11 Poste de kilometraje	31 Carga de proyecto	46 Accesos
12 Sección de Carretera No.	32 Ancho (aprox) de calzado	47 Espacio libre horizontal total
13 Descripción de la defensa del puente	33 Barrera separadora central	48 Longitud máx. claro
14 Defensa del poste de kilometraje	34 Abierta / Cerrado	49 Longitud de estructura
15 Longitud de la sección de defensa	35 Esvantamiento	50 Banqueta der / izqda
16 Latitud	36 Estructura ensanchada	51 Ancho de calzado (guarnición o guarnición)
17 Longitud	37	52 Ancho del piso (extremos exteriores)
18 Vulnerabilidad física	38 Control de navegación	53 Espacio libre vertical sobre el piso
19 Longitud de desviación / libreamiento	39 Vertical	54 Espacio libre vertical bajo el piso
20 Puente de paso en carr / de paso en carr libre	40 Horizontal	55 Lateral derecha
21 Vigilancia	41	56 Izquierda
22 Proprietario	42	57 Superficie de rodamiento
23 no F.A.P.		
<b>ESTADO</b>		
Material	Análisis del estado	Calificación
58 Piso		(0-10)
59 Superestructura		
60 Subestructura		
61 Carretera y protecciones verticales		
62 Alineamiento y punto de continuación	65 Alineamiento de la calzada de acceso	
63 Duración de vida estimada	66	
64 Calificación del nivel de servicio	64 Calificación inventario	
<b>EVALUACION</b>		
	Defectos	Calificación
67 Condición estructural		(0-10)
68 Geometría del piso		
69 Espacios libres inferiores (vertical y lateral)		
70 Capacidad de carga de seguridad		
71 Condición de la corriente de agua		
72 Alineamiento de la calzada de acceso		
<b>MEJORAS PROPUESTAS</b>		
73 Año en que se requerirán	Describanse (Inciso 75)	
74 Tipo de servicio		
75 Tipo de trabajo		
76 Longitud de mejoramiento		
77 Carga de proyecto		
78 Ancho de calzado		
79 Número de carriles	82 Mejoras de la calzada prop. Año	
80 ADT	83 Tipo	
<b>COSTO DE LAS MEJORAS</b>		
		Bs \$ _____ 000
Observaciones		

TIPO 3, PESO UNITARIO = 22.68 TON.

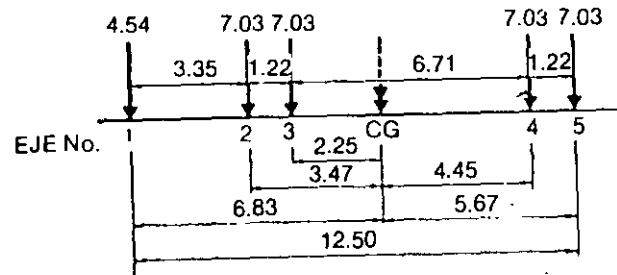


LAS CONCENTRACIONES INDICADAS SON CARGADAS POR EJE EN TONS.

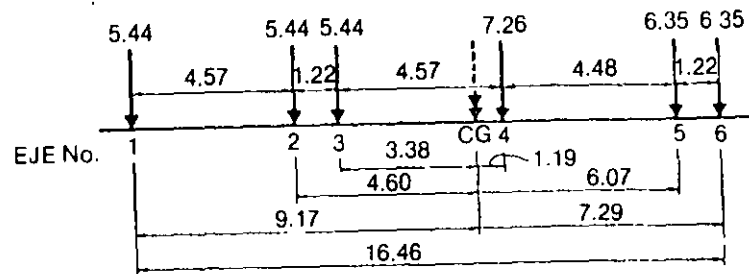
CG = CENTRO DE GRAVEDAD

ACOTACIONES EN METROS

TIPO 352, PESO UNITARIO = 32.66 TON.



TIPO 3-3, PESO UNITARIO = 36.28 TON.



**Optimización de las  
actividades de  
Conservación**

**Pintura de puentes**

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN .....	99
DECISIONES Y RECOMENDACIONES .....	101
ENFOQUE DEL ESTUDIO .....	102
DISCUSION .....	103
CONSIDERACIONES ECONOMICAS.....	117

## RESUMEN

Este reporte resume los resultados de un estudio de ingeniería sobre la importancia de las operaciones concernientes con la pintura de puentes, realizado por los Estados de Nueva Jersey, Nueva York y Wisconsin. En la medida de lo posible y dentro del marco de tiempo del estudio, se analizaron todos los aspectos de las actividades realizadas en la pintura de puentes (material, equipo y mano de obra).

Las recomendaciones específicas contenidas en este reporte se refieren tanto a las políticas actuales como a la implementación de métodos y políticas nuevas o modificadas, encaminadas a mejorar el producto y a reducir los costos siempre que sea posible.

La implementación exitosa de estas recomendaciones en los tres estados involucrados en el estudio, permitiría obtener economías anuales totales estimadas en más de \$350,000.00 (con base en los precios de 1977).

Las decisiones y recomendaciones detalladas en el reporte son un consenso de las opiniones de los tres estados participantes en relación con los procedimientos de pintura utilizados. Estos resultados no deben considerarse totalmente representativos ni tampoco como el único posible para lograr mejoras.

Este informe se elaboró para ser utilizado por profesionistas o técnicos familiarizados con la materia. Se asumió la comprensión básica de los problemas y procedimientos involucrados en la administración de un programa para pintura de puentes, con objeto de enfocar apropiadamente los resultados del estudio.

## DECISIONES Y RECOMENDACIONES

1. Establecer un programa flexible de pintura que incluya un ciclo de repintado general y un programa de inspección para determinar el tiempo preciso en que debe repintarse cada estructura.
  - a) Establecer un ciclo de pintura basado en experiencias previas, que estipule el repintado de la mayoría de los puentes antes de que sea necesaria una preparación y limpieza más extensas.
  - b) Implementar un programa de inspección que identifique el programa óptimo de pintura para cada estructura.
  - c) Utilizar los datos obtenidos durante la inspección, para programar las estructuras que presentan corrosión muy localizada para pintarlas parcialmente antes de que requieran de pintura general de acuerdo con el ciclo establecido.
2. Para establecer un programa efectivo, se requiere combinar trabajos de pintura tanto por contrato como por personal del Estado.
3. Pueden utilizarse cuadrillas de pintores de puentes de actividades relacionadas con este trabajo, fuera de temporada.
4. Permitir y especificar el empleo de rodillos y sistemas de rociado en determinadas condiciones.
5. Incluir en las especificaciones un requisito con respecto al espesor de la pintura, que debe ser en milésimas de pulgada (película seca), al contratar la pintura del puente.
6. Para la mayoría de las estructuras, debe incluirse en el contrato que las estimaciones de cantidades de obra, se hagan en pies cuadrados en lugar de unidades de peso.
7. Cambios en el diseño de estructuras que minimicen la necesidad de repintados frecuentes.
8. Establecer un programa de capacitación práctico y extenso para los inspectores asignados a contratos de pintura de puentes.

## ENFOQUE DEL ESTUDIO

Este proyecto se inició en noviembre de 1977 por acuerdo entre sí de los Estados de Nueva Jersey, Nueva York y Wisconsin. Cada estado formó equipos de tres personas, provenientes del personal de las oficinas regionales y centrales, lo que permitió la participación de los diversos niveles de operación.

Los conceptos, sobre la importancia de la ingeniería, en relación con la mente creativa, el análisis funcional, la solución organizada de los problemas y la reducción final del costo fueron las pautas de este proyecto y se comprobó que eran efectivas para alcanzar la meta fijada.

La junta inicial que tuvo lugar en Albany, Nueva York, dio a los miembros de los equipos la oportunidad de conocerse y tratar diversos aspectos de las políticas sobre conservación de puentes en sus respectivos Estados, al igual que de su capacidad y actitud. La Administración de Carreteras Federales presentó una introducción y dio un curso corto sobre la importancia de la ingeniería en las carreteras. Se seleccionaron una cuantas actividades específicas como posibles áreas de estudio para este proyecto.

Una segunda junta se celebró en Trenton, Nueva Jersey. En esta junta se trató lo relativo a las actividades y se evaluó la información disponible. Finalmente se eligió la pintura de puentes como tópico del estudio.

La tercera y más extensa junta se celebró en Madison, Wisconsin. Los Estados proporcionaron información con respecto a sus prácticas, costos y evaluaciones particulares. Surgieron diversas ideas y recomendaciones y la FHWA, al igual que un representante de la industria privada, también proporcionaron datos sobre el particular.

Una última junta tuvo lugar en Williamsburg, Virginia. Se presentaron y discutieron los reportes finales de cada estado poniendo de relieve las decisiones y recomendaciones consideradas de mayor importancia para cada estado. Posteriormente se condensaron y resumieron dichos reportes en el presente reporte final del proyecto.

## DISCUSION

Las decisiones y recomendaciones previamente enlistadas se mencionarán nuevamente en esta parte, seguidas de una breve exposición de los detalles que condujeron a las conclusiones.

1. *Establecer un programa flexible de pintura que incluya un ciclo de repintado general y un programa de inspección para determinar el tiempo preciso en que debe repintarse cada estructura.*

a) Establecer un ciclo de pintura basado en experiencias previas, que estipule el repintado de la mayoría de los puentes antes de que sea necesario efectuar una preparación y limpieza más extensas.

En cada estado, la mayoría de los puentes son pintados con el mismo sistema. De acuerdo con una cuidadosa revisión de los registros anteriores respectivos, cada Estado puede establecer el tiempo que debe transcurrir antes de que el sistema que eligió muestre un estado de deterioro grave. Por ejemplo, uno de los Estados encuentra que con su sistema, la pintura tiene una duración de 8 años por lo que si el puente es repintado al finalizar este periodo, únicamente requiere de una limpieza mínima, un resanado y dos capas de pintura. En raras ocasiones se requiere de una limpieza con chorro de arena con sus correspondientes problemas y alto costo.

La alternativa es esperar hasta que el recubrimiento se encuentre considerablemente deteriorado y exista una importante oxidación para proceder a repintarlo. En este caso es indispensable hacer por lo menos una limpieza con chorro de arena realizada por una casa comercial y aplicar dos o tres capas de pintura. En el ciclo promedio de repintado de acuerdo con éste método, para evitar que el puente sufra pérdidas graves en sus secciones y daños estructurales, es aproximadamente de 16 a 20 años. La Tabla 1 muestra un modelo del cálculo del costo comparando ciclos de pintura de 8 a 20 años. Esta Tabla se basa en datos de dos Estados únicamente. Por consiguiente, las economías logradas pintando en ciclos de 8 años pueden no ser realistas en todos los Estados.

Cuando se requiere, la limpieza con chorro de arena, representa un costo importante en la operación de limpieza-pintura. Si se necesita una limpieza completa del acero con chorro de arena los costos de esta pueden ser hasta del 60 por ciento de los costos totales de la operación limpieza-pintura. Además pueden esperarse grandes incrementos futuros en el costo de la limpieza con



chorro de arena (recuperación de la arena), para satisfacer las normas ambientales establecidas recientemente.

Si se pinta con ciclos de 8 años o menores, no se manifiesta pérdida en las secciones, o si ocurre ésta, es mínima y, consecuentemente, retarda la necesidad de una mayor rehabilitación de la estructura.

b) Implementar un programa de Inspección que identifique el programa de pintura óptimo para cada estructura.

El observar un ciclo rígido de pintura probablemente daría como resultado que algunos puentes fueran repintados antes de ser necesario y otros en una etapa de deterioro en la cual se requiriera de una limpieza más que mínima.

Tabla 1. Comparación del costo de ciclos de pintura de 8 y 20 años (Por contrato)

	Ciclo de 8 años	Ciclo de 20 años
Preparación	Herramienta de mayo y/o limpieza con solventes	Limpieza completa con chorro de arena de todas las áreas oxidadas para descubrir el metal y sopleado comercial No. 6 para limpiar las áreas restantes
Recubrimientos	Resanado, mano de imprimación, última mano	Una o dos capas de imprimación y dos manos de pintura
Costo promedio	\$ 20/Ton	\$ 100/Ton
Vida útil	8 años	20 años

Costos comparativos por tonelada para un período de 20 años

Ciclo de 8 años  
 $20\frac{1}{2} \times 20 = \$50$

Ciclo de 20 años  
 $1 \times \$100 = \$100$

Economía obtenida pintando en ciclos de 8 años-\$50/Ton

1 Ton = 907 Kg

No obstante, si debe implementarse un programa claro de inspección, el concepto básico de un ciclo de pintura establecido podría hacerse lo suficientemente flexible para adaptarse a diferentes grados de deterioro en los sistemas de recubrimiento. En la práctica, esto probablemente resultaría en un ciclo de pintura de duración variable, digamos de 6 a 10 años, en lugar del ciclo rígido de 8 años. El ciclo básico modificado en relación a los gastos del programa de inspección, podría dar como resultado que cada puente fuera repintado antes de ser necesaria una limpieza mayor.

El programa de inspección permitiría que los factores ambientales controlaran los programas de conservación de la pintura y optimizaría el empleo de la mano de obra y de los materiales, suministrando al mismo tiempo la máxima protección. Esto probablemente significaría que las estructuras sujetas a medios ambientes industriales y marítimos se pintaran con mayor frecuencia y las que se encuentran en medios ambientes rurales o poco severos, con menor frecuencia.

c) Utilizar los datos obtenidos durante la Inspección, para programar las estructuras que presentan corrosión muy localizada para pintarlas parcialmente antes de que requieran de pintura general de acuerdo con el ciclo establecido.

Las causas principales de falla prematura de la pintura son los productos químicos y abrasivos utilizados para controlar la nieve y el hielo. El deterioro principia en los extremos de las vigas y en las puntas de la cubierta, por donde penetran el agua salada y la arena (figuras 1 y 2).



Figura 1. Falla típica de la pintura en la junta de la cubierta de un puente. Las sales y abrasivos que penetran a través de la junta originaron que fallara la pintura en el diafragma y los extremos de las vigas. La pintura en el acero restante todavía se encuentra en buenas condiciones.



Figura 2. Ejemplo de corrosión severa. Esta estructura no fue pintada regularmente conforme al programa, lo que originó una pérdida grave en sus secciones.

En las estructuras de pasos superiores de las carreteras, a menudo ocurren fallas prematuras en la pintura en la parte que sobresale de los patines tanto superior como inferior. (Figura 3).

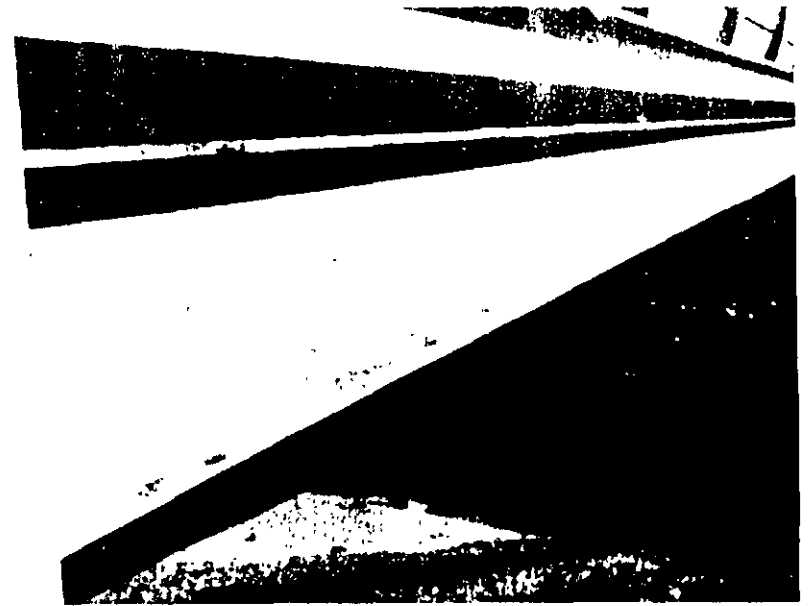


Figura 3. Falla típica de la pintura en la viga, en la parte del ala que sobresale del patín inferior. El agua salada arrojada por los vehículos que pasan se deposita en el patín de la viga, originando que falle la pintura.

Muchas veces en los puentes de armaduras de paso a través, los 4 ó 5 pies (1.2 a 1.5 m) inferiores, de las armaduras de acero, están sujetos a una corrosión más intensa, (figura 4) que la parte superior. Esta falla de la pintura se debe también al agua salada y arena que los vehículos salpican sobre el acero al pasar.



Figura 4. Efectos de la sal en las partes bajas de las armaduras de acero.

La pintura selectiva de las áreas que presentan mayor corrosión (Figura 5) aplicada en ciclos de 4 a 5 años reduciría la proporción de limpieza y preparación e incrementaría la duración del ciclo para pintar toda la estructura.



Figura 5. Pintura selectiva de la zona baja de las armaduras.

Por ejemplo, si se incrementara el presente ciclo de 8 a 12 años, podrían esperarse economías con factores de ahorro del 1.5 al 33 por ciento. Sin embargo, una preparación y una limpieza más extensas probablemente anularían estas economías. Por otro lado, si a la mitad del ciclo se hiciera una limpieza y se colocará una capa protectora en las áreas más oxidadas (i.e. extremos de vigas, apoyos, conexiones, partes del ala de patines que sobresalen) con un costo estimado del 25 por ciento del costo total de pintura de toda la estructura, los requerimientos de limpieza no serían notablemente diferentes en ese momento de lo que serían al finalizar el ciclo y se obtendrían economías totales hasta del 17 por ciento.

Tabla 2. Estimación del ahorro que se obtiene pintando áreas localizadas y prolongando el ciclo de pintura de toda la estructura.

Datos de 1977

Costo-\$20/Ton

Ciclo de 8 años

Costo total de un período de 48 años —(6 ciclos)— \$120.00

Factor del Ciclo 1.5

Ciclo Nuevo—12 años

Pintura parcial a la mitad del ciclo -6 años

Costo estimado de la pintura parcial -\$5/Ton con base en el tonelaje total

Total de pinturas completas de 48 años - 4 Costo -  $4 \times \$20 = \$ 80.00$

Total de pinturas parciales -4 costo -  $4 \times \$5 = \$ 20.00$

Costo Total \$100.00

Economías por factor de ciclo de 1.5 = 17 por ciento.

1 ton = 907 kg.

Si se especifica la localización precisa de los sitios que requieren de pintura en un puente determinado, los trabajos correspondientes pueden ser realizados oportunamente por personal estatal. También pueden ejecutarse por contrato, ya sea por medio de una descripción clara que debe considerarse en las especificaciones del contrato o presentando un croquis sencillo de las áreas que deben limpiarse y pintarse.

2. Para establecer un programa efectivo, se requiere combinar trabajos de pintura tanto por contrato, como por personal del Estado.

La alternativa de pintar los puentes con personal a contrato o con personal del Estado proporciona la flexibilidad necesaria para establecer un programa

efectivo de pintura de puentes. La mayoría del personal estatal tiene la capacidad y el equipo necesarios para ejecutar todos los trabajos, salvo los que presentan cierta dificultad. La pintura con contrato debe considerarse en el caso de grandes estructuras o de aquéllas que requieren de personal o equipo especializado, así como en el caso de proyectos cuya ejecución toma mucho tiempo.

La pintura por contrato presenta algunas ventajas. A los trabajadores del contratista no se les paga el tiempo que ocupan en su traslado al sitio de la obra, como es el caso del personal estatal. Por consiguiente, dedican más tiempo de sus horas laborales a realizar los trabajos de pintura. Un contratista puede aumentar rápidamente su personal para cumplir con un proyecto importante y con la misma rapidez recortarlo durante el invierno.

Empleando contratistas, el Estado no requiere conservar el equipo ni crear un rol inflacionario en el verano que es difícil reducir en el invierno.

En cambio, pueden utilizarse cuadrillas de personal estatal para pintar los puentes o efectuar trabajos de resanado, que no serían atractivos para los contratistas. El personal estatal, por su propia naturaleza, puede satisfacer de inmediato cualquier requerimiento de pintura sin tener que pasar por el proceso de las convocatorias.

Para establecer un contrato de pintura de puentes deben tomarse en consideración varios aspectos. El valor mínimo del contrato debe ser lo suficientemente elevado para que resulte atractivo para el contratista. Si están involucrados puentes más pequeños, algunas de estas estructuras pueden considerarse como un grupo. Cuando se consideren varios puentes, deben agruparse de tal manera que el tiempo recorrido entre ellos sea el mínimo. Esto reducirá el tiempo de movilización del contratista y permitirá que el costo de la inspección sea el más económico para el Estado.

Los problemas planteados por la colocación anticipada de andamios, control del tránsito y de la contaminación ambiental, que pueden incrementar el costo, deben considerarse y los posibles medios para reducir estos costos deben ser parte integrante del contrato.

La pintura realizada por personal estatal cuesta generalmente del 10 al 20 por ciento menos por tonelada que la ejecutada por contrato. Por consiguiente, pueden obtenerse economías en el costo incrementando el número de personas por cuadrilla de pintores o considerando una cuadrilla adicional. No obstante, debe recordarse que si la cuadrilla está clasificada para pintura de puentes (como es el caso de algunos Estados) puede ser necesario encontrar actividades efectivas para los trabajadores que la forman durante los meses de invierno.

### *3. Pueden utilizarse cuadrillas de pintores de puentes en actividades relacionadas con este trabajo, fuera de temporada.*

Algunos pintores de puentes estatales pintan edificios de apartamentos, cocheras y otras instalaciones interiores durante los meses de invierno por lo menos durante 2 de los 4 meses, pero podrían ocuparse en forma más efectiva realizando funciones de limpieza y mantenimiento en los puentes. Utilizando aire comprimido y hasta agua a alta presión en los días menos rigurosos, puede removerse gran parte de las acumulaciones de arena, acarreos, sedimentos, desechos de palomas, etc., en las mecedoras, zócalos, apoyos, patines, superficies de concreto, juntas y drenes. Esto no sólo remueve los elementos corrosivos y erosivos para ayudar a que el acero estructural y el concreto tengan mayor duración, sino que reducirá el tiempo necesario para realizar la limpieza cuando se efectúe el proceso real de pintura.

Los pintores y supervisores podrían emplearse para inspeccionar las estructuras con el fin de preparar los programas de trabajo para la siguiente época de pintura.

Este personal experimentado, puede también involucrarse en el adiestramiento de los inspectores del Estado empleados en los contratos de pintura de puentes. Otras funciones que podría desempeñar dicho personal durante emergencias son las labores de remoción de nieve y reparación.

Una segunda alternativa consiste en disponer de cuadrillas que realicen trabajos generales, relacionados con todas las funciones concernientes a la conservación de puentes. En estas condiciones, los trabajadores que integran las cuadrillas pueden emplearse tanto en la reparación de puentes como en los proyectos de pintura de los mismos. Estas medidas tienen muchas ventajas. Los trabajadores pueden movilizarse para que desarrollen los trabajos prioritarios, lo que permite que estén familiarizados y versados en todas las prácticas y trabajos relacionados con la reparación de puentes. Asimismo, el equipo puede movilizarse y utilizarse de mejor manera. Parece ser que el estado de ánimo de una persona es mejor cuando ha sido clasificado de acuerdo a su pericia en el desarrollo de los trabajos. Un hecho importante puede ser que los pintores sean utilizados productivamente durante el invierno.

Al igual que las cuadrillas especializadas en pintura, esas cuadrillas se pueden utilizar para limpiar las áreas de los apoyos y el acero restante, según se requiera. Una cuadrilla de pintura de puentes puede colocar un andamiaje alrededor de una pila en cualquier tiempo durante el invierno y con herramientas manuales limpiar perfectamente los extremos de largueros, diafragmas, apoyos, placas de asiento y hasta pedestales de concreto y cabezales de pilas. No obstante, en cualquier momento pueden movilizarse para desarrollar otros trabajos de reparación, de parapetos, que pueden efectuarse durante el tiempo frío.

**4. Permitir y especificar el empleo de rodillos y sistemas de rociado en determinadas condiciones.**

Los tres métodos disponibles para pintar puentes son: brocha, rociador y rodillo. El que más se utiliza es el de brocha, puesto que el equipo necesario es sencillo y relativamente poco costoso. Las brochas para pintar puentes por lo general son redondas y de forma oval y se fabrican con pelo de cochino, de acuerdo con las especificaciones correspondientes. La aplicación es más lenta y, por consiguiente, más costosa que con rociador o rodillos, pero es más fácil de controlar.

La aplicación de pintura con rodillo manual actualmente es un método reconocido para pintores profesionales de puentes. Estos rodillos se fabrican con lana de borrego, fieltro u otro material absorbente y permiten aplicar la pintura en capas delgadas mucho más uniformes. También eliminan las marcas de la brocha, los escurrimientos de pintura y resanes. La aplicación de pintura con rodillo es más rápida y cansa menos que con brocha. Los rodillos no pueden utilizarse en áreas pequeñas estrechas, por lo que son inadecuados para puentes de armaduras y, de hecho, deben complementarse por lo general con brocha para detallar los perfiles de acero de todos los puentes.

La pintura con rociador es el método más rápido pero requiere de una compresora, pistola atomizadora y otro equipo. Asimismo, requiere de gran experiencia y destreza. La viscosidad de la pintura, la presión del aire fluido y del pulverizador, la selección de la boquillas de éste y la forma en que se sostiene, se mueve y dispara la pistola para aplicar capas delgadas uniformes, son los aspectos básicos para obtener un acabado satisfactorio. El personal estatal experimentado en las técnicas de aplicación de pintura con pulverizador prefiere utilizar este método en lugar de cualquier otro método manual, ya que consideran que avanzan más rápidamente y es especialmente adecuado para trabajar en lugares estrechos, tales como los que se encuentran en los puentes de armaduras. Su mayor desventaja puede ser la sobrepulverización, que no sólo desperdicia pintura sino que puede dar como resultado y frecuentemente ocurre, que las partículas de pintura caigan en los carros y otras propiedades privadas.

En la Tabla 3 se enlistan los índices de producción, utilizando brocha, rodillo o rociador.

Tabla 3. Índices de producción correspondientes a sistemas de pintura.

Método	Área (pies 2)
Brocha	1,000
Rodillo	2,000 a 4,000
Pulverizador convencional	4,000 a 8,000
Pulverizador sin aire	8,000 a 12,000

Superficies cubiertas aproximadas, obtenibles cuando son planas y extensas, en un día de trabajo de una persona - 1 pies<sup>2</sup> = .09 m<sup>2</sup>

Para incrementar la producción de la mano de obra pagada con fondos del Estado y reducir los precios establecidos en los contratos para la conservación de la pintura de los puentes, en determinadas condiciones debe permitirse la aplicación de capas de pintura utilizando rodillos. En superficies planas desprovistas de defectos o irregularidades importantes como el acero estructural y en las capas de pintura aplicadas previamente, debe permitirse y especificarse el empleo de rodillos. Se estima que podrían obtenerse economías globales de aproximadamente un 17%.

Aun cuando puede realizarse la pulverización convencional a base de aire con una rapidez seis veces mayor que utilizando la brocha, pueden esperarse pérdidas de material en una proporción del 25 al 50%. En beneficio de la utilidad pública y de la seguridad del medio ambiente, no se recomienda la pulverización convencional a base de aire para la conservación de la pintura de puentes.

La pulverización sin aire es aún más productiva y las pérdidas de material son menores. No obstante, en áreas pobladas densamente y en carreteras muy transitadas, todavía debe considerarse la sobrepulverización. En empleo de pulverizadores sin aire debe restringirse, aun cuando en ciertos casos este método puede presentar ventajas.

Todos los contratos que permiten utilizar los métodos de aplicación con brocha, rodillos y pulverizadores, deberían incluir en sus especificaciones el requisito que estipula el espesor en milésimas de pulgada.

**5. Incluir en las especificaciones un requisito con respecto al espesor de la pintura, que debe ser en milésimas de pulgada (película seca), al contratar la pintura del puente.**

En la actualidad numerosos contratos de conservación de la pintura se basan en la especificación sobre el método aplicado más que en el resultado final.

Se considera en teoría, que si el contratista utiliza el método especificado se obtendrá el resultado final requerido (i.e., espesor).

Se estima que puede establecerse una especificación sobre el rango del espesor estadísticamente, que garantice la obtención del espesor en milésimas de pulgada deseado para proteger adecuadamente el acero. Si se emplean mediciones del espesor, deben tomarse en una área de un metro cuadrado para obtener un espesor promedio. Esto proporcionaría una cierta libertad al contratista en sus métodos de aplicación, con ciertas limitaciones y una consecuente reducción de los costos.

6. Para la mayoría de las estructuras debe incluirse en el contrato que las estimaciones de cantidades, de obra, se hagan en metros cuadrados en lugar de unidades de peso.

La precisión para estimar los costos del trabajo de pintura depende del método empleado. Se han utilizado varios métodos — metro lineal, en diversos tipos de estructuras, tonelaje y metro cuadrado para superficies de cubiertas y metro cuadrado para superficies de acero.

Se ha utilizado el tonelaje para dar al contratista cierta idea de la magnitud del contrato. Sin embargo, el área del acero estructural puede variar de 60 a 400 pies cuadrados (5.4 a 36 m<sup>2</sup>) de área superficial por tonelada, dependiendo del tipo de puente y de los miembros de acero. El utilizar el tonelaje como base de una estimación, podría desorientar al contratista con respecto a la cantidad de pintura que se va a aplicar. Tomando unidades de superficie como base para la estimación del trabajo, el contratista podría determinar más convenientemente la mano de obra y el material requeridos. Asimismo, el inspector dispondría de un método que le permitiría obtener con mayor facilidad una indicación de la cantidad de pintura que se necesita para un espesor deseado. La medición incluiría únicamente los elementos principales y los secundarios del contraventeo. Sería necesario establecer un factor de porcentaje para las placas de unión y otros elementos de acero.

Sin embargo, es comprensible el hecho de que sería impracticable utilizar como base el metro cuadrado para trabajos en armaduras. En este caso sería mejor tomar como base el tonelaje para ordenar la pintura y controlar su aplicación.

Además, puede ser necesario considerar los parapetos en una categoría distinta para efectuar una estimación más precisa, debido a la diversidad de tipos. El metro lineal de parapeto, incluyendo las secciones que se encuentran fuera del puente en los muros de contención y aleros, permitiría establecer estimaciones más precisas.

En lo que respecta a los requisitos del material, se estima que un galón de pintura cubre 1,600 pies<sup>2</sup> (144 m<sup>2</sup>) considerando que la película fresca tiene un espesor de un milésimo de pulgada. El espesor de la película seca es igual de la película fresca multiplicado por el porcentaje de sólidos en volumen que contiene la pintura que se va a aplicar.

7. Cambios en el diseño de estructuras que minimicen la necesidad de repintados frecuentes.

Los cambios en el diseño de estructuras nuevas podrían eliminar o reducir la necesidad del repintado de mantenimiento. Es generalmente reconocido que la corrosión más considerable en el acero de un puente ocurre en las juntas de los

estribos y pilas en donde el agua origina sales y filtraciones abrasivas y cuya evaporación se efectúa en forma lenta. El problema se hace grave cuando los abrasivos utilizados en las operaciones de mantenimiento en tiempo de invierno, se depositan en los extremos de las trabes. Las sales retenidas en estos residuos abrasivos empiezan a reaccionar rápidamente con el acero en cuanto la capa protectora ha sido aplicada.

Los tres Estados participantes recomiendan aplicar en las construcciones nuevas, recubrimientos epóxicos en los cabezales de las pilas y estribos de concreto que soportan las trabes. Es lógico que el acero en esta área también debe tener una protección adicional, ya que conserva los mismos recubrimientos de taller y de campo que las trabes. Los materiales que presentan alta resistencia a la corrosión tales como el vinilo, recubrimientos ricos en zinc, o resinas catalizadoras deben aplicarse a estas áreas altamente corrosivas ya sea en el taller o en el campo. Esta medida proporcionará una protección más duradera que el material de mantenimiento aplicado después del deterioro inicial. El área del acero de un puente que presenta corrosión es un porcentaje bajo respecto del tonelaje total, por lo tanto, resulta apropiado proteger estas pequeñas áreas con recubrimientos especiales durables durante la construcción.

Otros cambios del diseño incluyen el uso del acero tipo A588, dispositivos de drenaje bajo las juntas de dilatación del tipo-dedo y todo tipo de elementos continuos para reducir el número de juntas. Desde el momento en que cada estructura presente sus características y problemas propios, deberá iniciarse una investigación para cada caso en particular, considerando los conceptos ya descritos.

8. Establecer un programa de capacitación práctico-extenso, para los inspectores asignados a contratos de pintura de puentes.

Considerando los altos costos de pintura y limpieza de puentes, es deseable establecer procedimientos de inspección aceptables así como también desarrollar el conocimiento de los inspectores. Este artículo en particular se refiere no solamente al mantenimiento de la pintura sino también a la pintura de construcciones nuevas.

La idea de que la pintura es secundaria, es un concepto circunstancial de construcción que está bien arraigado en las mentes de algunos ingenieros e inspectores. Debe recalarse que la inspección del pintado estructural con personal calificado, mental y físicamente no siempre se le da la importancia que debe tener. Comúnmente, el primer gasto de mantenimiento general de las estructuras de acero (y frecuentemente el concepto más costoso) es su pintura. Se sabe que los inspectores calificados y capaces no son asignados únicamente para efectuar los contratos sobre mantenimiento de pintura, sino para la pintura inicial de la estructura. La preparación inicial de la superficie y las primeras

tres capas de pintura son las protecciones más importantes que el acero siempre recibe.

A fin de contar con inspectores calificados en el trabajo, debe establecerse un programa de entrenamiento durante la época fuera de estación no solamente para proporcionar los conocimientos requeridos para realizar una buena inspección, sino con el propósito de infundir la importancia de la operación en la mente del personal. Si estos dos objetivos se pueden llevar a cabo, no cabe duda que la aplicación de la pintura mejorará, resultando un sistema de recubrimiento uniforme más duradero.

Un programa elaborado por ingenieros de mantenimiento y cuadrillas de supervisores puede proporcionar excelentes ingresos si se consideran aspectos teóricos y prácticos referentes a la pintura del acero estructural. Para efectuar una inspección adecuada el inspector debe conocer y entender los conceptos sobre el trabajo a realizar. El inspector debe estar presente en las operaciones del trabajo para observar los detalles de la operación. El inspector deberá ser capaz de leer, entender y familiarizarse con las especificaciones a fin de comunicar apropiadamente las instrucciones y hacer cumplir dichas especificaciones.

Un inspector competente debe ser capaz de conservar todos los datos y registros completos. Debe familiarizarse con el tipo de pintura utilizada, las técnicas de limpieza con chorro de arena del contratista y con las características del puente a pintar así como también con las áreas críticas que requieren atención especial.

Un inspector de pintura debe entender el "tipo de chorro" y del "rociador" siempre y cuando éste sea permitido. Varios aspectos acerca de la preparación superficial del acero deben ser entendidos además de considerar las condiciones atmosféricas que afectan la superficie de acero y la aplicación de la pintura. El costo del programa podría ser mínimo comparado con el dinero gastado en el pintado. La inversión es atinada y recomendada ampliamente.

## CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Las pinturas del tipo alquid (plásticas), son generalmente utilizadas en los puentes del Estado. Estas pinturas se aplican satisfactoriamente en áreas protegidas, tales como vigas interiores de acero que soportan las cubiertas de concreto del puente. No es raro encontrar puentes, que no han sido pintados en 15 años, donde la pintura en áreas protegidas se conserva todavía en buenas condiciones. Esto puede comprender del 50 al 70% del total del área pintada. Sin embargo, el deterioro de la pintura puede ocurrir en un lapso de 2 ó 3 años en el acero pintado, que esté sujeto a la acción de materiales corrosivos o abrasivos. Las sales y abrasivos, utilizados para el control de hielo y la nieve durante el invierno, causan gran daño a las superficies pintadas cuando están en contacto. Los contaminantes industriales y la brisa del mar en las zonas costeras también causan un deterioro rápido en las pinturas de los puentes.

Normalmente se ha encontrado que solamente del 5% al 10% del total de pintura ha fallado después de 4 ó 5 años, el resto aún permanece en buenas condiciones. Aun después de 8 años es posible que tan sólo el 30% de la pintura haya fallado. El 70% restante de las superficies pintadas aún permanecen en condiciones satisfactorias.

La pintura total de un puente, ya sea que la requiera o no, debe hacerse una vez que la cuadrilla de pintores se encuentre en el lugar de trabajo pues en caso contrario parecería un derroche de dinero. La elección de pintar solamente las áreas deterioradas ofrece la alternativa de pintar la estructura completamente. Esto implicaría pintar el puente con una frecuencia de 4 ó 5 años en lugar de pintar el puente totalmente en intervalos de 15 a 20 años.

La preparación del acero antes de pintarlo, se convierte en una gran labor cuando han pasado de 15 a 20 años antes de que el puente sea repintado.

El lavado a chorro de área requerido es un método de limpieza tan bueno como el raspado y emparejado, además del uso de solventes para limpiar moho, lodo, etc., de los miembros de acero. Pintar con más frecuencia el acero, cuando la pintura comienza a deteriorarse presenta muchas ventajas.

La pintura deteriorada se remueve y se aplica pintura nueva antes de que se presente una corrosión severa en el acero estructural. La preparación del acero para pintarlo de nuevo, puede presentar menos esfuerzo y la cantidad de arena requerida para la limpieza se reduce enormemente. Los miembros de acero estructural del puente son protegidos contra la corrosión, lo que origina que la vida estructural del puente se alargue por muchos años en comparación a otros puentes en donde la pintura del acero se ha descuidado por muchos años o nunca se han preocupado por su mantenimiento.

En la Tabla 4 se indican seis métodos para pintura de puentes. Se parte de que la duración de la pintura de un puente es de 16 años, sin considerar el trabajo realizado durante años intermedios (Método I) o bien que el repintado de un puente se haga cada 16 años, rehabilitándolo cada 4 años para retocar las áreas donde se ha deteriorado la pintura (Método IV y V).

Utilizando las tasas de rendimiento y los costos unitarios descritos en la Tabla 5, es posible determinar los costos para cada uno de los métodos mencionados en la Tabla 4. El precio de pintura del acero estructural fue determinado en uqo de los Estados en \$57.56 por toneladas (\$63.46 por t) en el año de 1976-77. Aplicando los métodos IV o V, se redujo a \$40.26 y \$39.48 por tonelada (\$44.39 y \$43.53 por t) respectivamente.

Este cambio puede traducirse en ahorros anuales de \$100,000.00 aproximadamente. Por lo menos 10,000 horas-hombre se podrían ahorrar y de 400 a 600 tons (441 a 662 tons) de arena en la limpieza con chorro de arena. La reducción de horas-hombre consiste principalmente en la cantidad requerida en la limpieza con chorro de arena. Cada Estado determinará sus tasas de rendimiento y precios unitarios basados en experiencias pasadas. De este modo, pueden calcularse los costos para cada uno de los métodos descritos en la Tabla 4 y determinar el método óptimo de pintura.

El método VI se recomienda para utilizarse en los puentes nuevos, construidos en áreas donde los contaminantes ambientales, las sales, etc., causan una rápida corrosión en los miembros de acero, por lo que es conveniente aplicar una capa de pintura altamente resistente a la corrosión de zinc inorgánico, que pudiera aplicarse en los miembros del acero estructural desde su fabricación. Esta pintura puede ser aplicada al acero en lugar de la capa convencional de imprimación. Una capa superficial de pintura consistente en una emulsión acrílica soluble en agua puede aplicarse sobre la pintura de zinc inorgánica después del montaje del acero en el sitio. Las aplicaciones de pintura ricas en zinc inorgánico utilizadas para puentes no son recomendables para un uso frecuente. Esto se debe principalmente al gran esfuerzo que se requiere para preparar el acero antes de que se apliquen las pinturas ricas en zinc.

La única diferencia que existe entre los métodos IV y V es el tipo de pinturas utilizadas. El método V, utiliza una emulsión acrílica soluble en agua en lugar de

las pinturas del tipo alquid (plásticas). Las pinturas a base de agua son más caras que las pinturas de tipo alquid. En este caso, el acero no debe limpiarse completamente antes de aplicar la pintura como en el caso de las pinturas de tipo alquid. Esto representa un ahorro en el gasto de la limpieza con chorro de arena requerida. Las pinturas a base de agua tiene otras ventajas, no contienen solventes, el equipo utilizado puede limpiarse con agua en vez de solventes. Donde se utilicen pinturas a base de agua (Método V) se elimina la contaminación causada por los solventes y el plomo. El hecho de que las pinturas que recubren al puente sean inspeccionadas y sustituidas cada 4 años asegura que el acero del puente no presente corrosiones y por consiguiente alargue la vida útil del mismo.

La Tabla 5 muestra las tasas de productividad y los costos unitarios para la pintura y limpieza con chorro de arena de los elementos de acero estructural del puente. Estos datos están basados en un análisis de datos registrados por la cuadrilla de pintores en el año fiscal 1976-1977. Estos datos representan únicamente a un Estado.



TABLA 4. COMPARACIÓN DE LOS METODOS DE PINTURA DE PUENTES

Método	Ciclo	Sistema utilizado	Métodos de limpieza y aplicación de la pintura
Cada 16 años pintura general del puente		Pintura alquid con cromato silico de plomo, imprimador naranja oscuro, recubrimiento termado de color gris, y un recubrimiento de salvia verde.	Limpieza manual y mecánica con cepillos de alambre, solventes para el raspado, y limpieza con chorro de arena. Pintura con brochas, rodillos y atomizadores
Cada 8 años pintura general del puente.		el mismo	el mismo
Cada 8 años pintura general del puente. Cada 4 años se requiere de pintura en las áreas superficiales corroídas		el mismo	el mismo
Cada 16 años pintura general del puente. Cada 4 años se requiere pintura de las áreas superficiales y corroídas		el mismo	el mismo
Cada 16 años pintura general del puente. Cada 4 años se requiere pintura de las áreas superficiales y corroídas		Emulsión acrílica soluble en agua. (plomo libre) 3 capas	Limpieza manual y mecánica con cepillos de alambre, raspado y con chorro de arena a alta presión. Limpieza con chorro de arena, mínima pintura con brochas, rodillos y atomizadores.
Cada 16 años pintura general del puente, recubrimiento y retoque de la primera capa de pintura si lo necesita. Cada 8 años pintura general, sólo superficialmente		Aplicación en el taller del imprimador altamente a la corrosión, de la pintura de zinc inorgánica y recubrimiento superficial con emulsión acrílica soluble en agua.	Limpieza manual y mecánica con cepillo de alambre, raspado, y con chorro de arena a alta presión. Riguroso lavado con chorro de arena en algunas áreas localizadas. Pintura con atomizadores, brochas y rodillos.

TABLA 5. RENDIMIENTO DE PRODUCCION Y PRECIOS UNITARIOS POR PINTURA Y LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENÁ

	Hombres	Unidad de Medida	Horas-Hombre Por Unidad	Precio Unitario
Pintura - acero estructural (tipo alquid)	5	galón de pintura	3.33	\$ 45.60
Pintura - acero estructural (soluble en agua)	5	galón de pintura	3.33	\$ 49.60
Pintura - acero estructural (pintura rica en zinc)	5	galón de pintura	3.33	\$ 62.80
Limpieza con chorro de arena	4	100 lbs por sacco de arena	1.45	\$ 21.00
<hr/>				
1 galón = 3.8 litros				
1 libra = 0.45 Kg.				

## OBSERVACIONES ADICIONALES

Además de las experiencias con el uso de pinturas seleccionadas, pinturas del tipo alquid y diversos métodos, también se han empleado para proteger las áreas altamente corrosivas otros tipos de pintura. Entre los métodos utilizados se incluyen el recubrimiento de los extremos de las traveses de acero con una espesa capa de grasa (fig. 6) y la aplicación de membranas impermeabilizantes.

Las emulsiones acrílicas solubles en agua han sido utilizadas en infinidad de puentes dando los mismos resultados que la aplicación de pinturas tanto orgánicas como inorgánicas ricas en zinc sobre áreas altamente susceptibles a la corrosión.

Figura 6 Utilización de la grasa como capa de protección sobre las traveses de acero.



En algunos casos, después de la preparación y pintura usual de las áreas altamente corrosivas se aplica una capa final de grasa de todo el acero de una distancia de 2 pies de las juntas. Se espera que esta capa derrame el agua y proteja la pintura. La grasa tiende a recoger el polvo y lodo, por lo tanto, es antiestético tratar las traveses exteriores de esta manera.

Se ha hecho el intento de colocar una membrana al tablero del puente en las áreas que presentan alta corrosión, con el objeto de proteger al acero del goteo de agua. Primeramente se aplica una capa de imprimador al acero y después las capas de membrana se cortan al tamaño y se enrollan. Este método no es satisfactorio para áreas pequeñas y estrechas. El uso de membranas en el tablero superior del puente para este propósito es completamente inapropiado, sin embargo esto se confirmará con el transcurso del tiempo. El material ha sido colocado en el invierno y presenta todavía una adherencia aceptable. Una membrana aplicada con atomizadores, probablemente causaría el mismo efecto, y sería más fácil de aplicar.

Las pinturas orgánicas e inorgánicas ricas en zinc han sido aplicadas en los extremos de las traveses y diafragmas donde la corrosión fue excesiva. Algunas de estas pruebas tuvieron bastante éxito. En otros casos los lugares enmohecidos comenzaron a mostrar los efectos que causan sobre la pintura al transcurso del tiempo. La limpieza inapropiada del acero fue la causa de deterioro prematuro, no es recomendable el uso de pinturas inorgánicas de zinc después del montaje del puente, a menos que alguien desee perder tiempo y dinero en la limpieza del acero adecuadamente antes de que la pintura sea aplicada.

## NOTA

Este reporte es el séptimo de una serie especial sobre mantenimiento de carreteras que se están elaborando en cooperación con algunas dependencias de carreteras del Estado y que son editados bajo el patrocinio de la División de Implementación y Oficina de Desarrollo de la Administración Federal de Carreteras. El resto de los reportes de esta serie serán editados en los próximos 12 meses. Los reportes adicionales que comprende la serie pero que aún no han sido editados, son:

Carriles de Tránsito  
Reparación de Juntas en el pavimento  
Conservación en las zonas de descanso

Copias de este reporte están disponibles sin cargo alguno para todas las dependencias de Carreteras del Gobierno, librerías, instituciones educativas, asociaciones profesionales y comerciales relacionadas con carreteras y aquellas organizaciones no relacionadas con carreteras, solicitándolas a:

IMPLEMENTATION DIVISION, OFFICE OF DEVELOPMENT  
FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION  
U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION  
WASHINGTON, D.C. 20590  
TTN: HDW-22

Los contenidos de esta publicación pueden ser citados o reproducidos sin restricción. Se agradecerá la mención de la Fuente.

Reporte No. FHWA-TS-79-202  
Importancia del Estudio de Ingeniería  
sobre Pintura de Puentes

Por

Departamento de Transporte de New Jersey  
Nicholas J. Cifelli  
George F. Kellier  
Dan E. Noxon

Departamento de Transporte del Estado de  
New York  
Robert Babbit  
Robert Hartley  
Theodore Koch

Departamento de Transporte de Wisconsin  
Donald R. Beaty  
Donald F. Flottmeyer  
George J. Meyer

Administración de Carreteras Federales  
John M. Hooks  
Charles W. Niessner

Federal Highway Administration Offices  
of Research and Development  
Washington, D.C. 20590  
Enero 1979

**MANUAL PARA INSPECCION Y CONSERVACION  
DE PUENTES TOMO II.** Se terminó de imprimir en  
el mes de marzo de 1988 en los talleres de No-  
vagraf, S.A. de C.V., Penitenciaría 11, C.P. 15270,  
México, D.F. Su tiraje fue de 1,500 ejemplares, la  
edición estuvo a cargo de la Dirección General de  
Comunicación Social de la SCT.

LIBRO 8

NORMAS PARA LOS TRABAJOS DE CONSERVACION O MANTENIMIENTO

PARTE 8.01

CARRETERAS Y AEROPISTAS

TITULO 8.01.02

NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACION DE CARRETERAS

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

LIBRO 8

NORMAS PARA LOS TRABAJOS DE CONSERVACION O MANTENIMIENTO

PARTE 3.01

CARRETERAS Y AEROPISTAS

TITULO 3.01.02

NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACION DE CARRETERAS.

Capítulo 001.- PAVIMENTOS

001.A) GENERALIDADES

Los pavimentos con el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas o deterioros que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y expedito al usuario. Estas fallas y deterioros son producidos por la repetición continua de cargas, debidas a condiciones propias de la estructura del pavimento y de la acción de los agentes climáticos.

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

En el presente Capítulo se dan las normas y procedimientos a que deberán sujetarse, en términos generales, las labores que son más usuales para conservar en buenas condiciones la superficie de rodamiento, cuando está constituida por un pavimento flexible, de acuerdo con el siguiente orden:

- 1-01 Relleno de grietas
- 1-02 Renivelación
- 1-03 Bacheo
- 1-04 Riego de Sello
- 1.05 Rastros y/o recargues en caminos revestidos o en terracerías.

001.B) RELLENO DE GRIETAS

001.B.01 GENERALIDADES.- Las grietas son una manifestación muy frecuente de falla y su causa puede tener su origen en cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los materiales subyacentes.

No es posible, en el caso de las grietas, dar un valor numérico que indique cuán susceptibles de corrección mediante labores de conservación y cuándo debe procederse a efectuar una reconstrucción. Sin embargo, como norma, puede establecerse -

que siempre que se presenten agrietamientos en un pavimento, deberá procederse de inmediato a su relleno o corrección, de la manera que se describe a continuación, para evitar que la falla progrese y puedan presentarse deterioros mayores en el pavimento, independientemente de realizar los estudios necesarios para localizar y suprimir la causa de la falla.

001.B.02

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

- a) Grietas aisladas cuya profundidad no sobrepase el espesor de la capa de base. El procedimiento para su reparación será:
- 1) Cuando el ancho de la grieta sea de tres (3) milímetros o menor, se rellenará con un producto asfáltico cuya fluidez a la temperatura de aplicación especificada garantice la penetración. De preferencia deberán usarse asfaltos rebajados de fraguado rápido.
  - 2) Cuando el ancho de la grieta sea mayor de tres (3) milímetros, se rellenará, ya sea con una mezcla de producto asfáltico y arena cuya fluidez garantice una adecuada penetración, o bien con capas alternas de arena y producto asfáltico, cuidando que la última capa sea siempre de este último material.
  - 3) Al terminar el relleno de la grieta, deberá extenderse el producto o mezcla asfáltica sobrante que hubiere quedado sobre el nivel de la carpeta.
  - 4) En ningún caso deberá ampliarse una grieta para obtener mejor penetración del material de relleno.

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

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

- c) Grietas abundantes en carpeta firme.

Por su número, no pueden rellenarse individualmente, debiendo repararse la carpeta con un tratamiento general de toda la superficie de rodamiento, de acuerdo con los siguientes lineamientos:

- 1) Si las grietas son de un ancho hasta de tres (3) milímetros y la base se encuentra en buen estado, podrá efectuarse un tratamiento superficial, como riego de sello o mortero asfáltico.
  - 2) En caso de que las grietas tengan un ancho promedio superior a tres (3) milímetros y la base se encuentre en buen estado, deberá programarse la reconstrucción más adecuada, que en general podrá ser una carpeta nueva o una sobrecarpeta.
- d) Agrietado abundante, con porciones de carpeta suelta, sobre base en buen estado, sin deformaciones permanentes:
- 1) Cuando se presenta en zonas aisladas, deberá removerse la carpeta en dichas zonas y proceder a la reparación de acuerdo con lo indicado en las cláusulas de bacheo o renivelación.
  - 2) Cuando el área de la zona dañada sea superior al cincuenta por ciento (50%) del área total de la superficie de rodamiento, deberá removerse el total de la carpeta asfáltica y proceder a construir una nueva.
- e) Grietas paralelas acompañadas de deformaciones.

Como generalmente este tipo de grietas es producido por fallas en las capas inferiores adyacentes a la carpeta, deberán efectuarse en cada caso los estudios necesarios para determinar la causa de la falla y suprimirla, aplicando el tratamiento adecuado antes de reponer la carpeta. Tomando en cuenta que la falla no es solamente de carpeta, en general no son aplicables tratamientos superficiales o sobrecarpetas; y para aquellos trabajos tales como construcción o modificación del sub-drenaje, sub-base, base u otros, deberán seguirse los procedimientos dados por estas normas, en las cláusulas respectivas.

001.C) RENIVELACION

001.C.01 DEFINICION.- Conjunto de labores requeridas para reponer la porción de la superficie de rodamiento que ha sufrido alguna deformación y/o desplazamiento en su nivel original.

001.C.02 NORMAS.- Se estudiará con el auxilio del laboratorio la causa de la falla, a fin de efectuar la corrección adecuada y que garantice que la deformación no vuelva a presentarse en un lapso previsible. Siempre que existan asentamientos y se programe alguna reconstrucción sobre la superficie de rodamiento, se deberán efectuar previamente los trabajos de renivelación necesarios, para lograr uniformidad en los espesores y en la superficie de rodamiento de las nuevas carpetas.



001.C.03

PROCEDIMIENTO.- La manera de efectuar las renivelaciones será la que a continuación se indica:

- a) En caso de deformaciones pequeñas, del orden de uno (1), a tres (3) centímetros, éstas podrán corregirse empleando el sistema de riegos, como se indica en la cláusula 001.E de este Capítulo.
- b) Cuando las deformaciones sean superiores a los tres (3) - centímetros, se usará para su corrección mezcla asfáltica, de acuerdo con los siguientes lineamientos:
  - 1) La zona por renivelar deberá limpiarse de materia extraña tal como tierra, hierbas, desechos de animales u otros.
  - 2) Deberá definirse y marcarse el área por renivelar, siguiendo aproximadamente el perímetro que abarque en su totalidad la zona fallada.
  - 3) Una vez definida el área por renivelar, se abrirá una caja perimetral de aproximadamente cinco (5) centímetros de ancho y espesor, con objeto de evitar espesores pequeños en las orillas de la renivelación, así como que la mezcla se corra.
  - 4) Excepción hecha de cuando esté constituida por una base impregnada o una carpeta de un riego, deberá pulirse la superficie de rodamiento en la zona por renivelar, dando un espaciamiento aproximado entre cada golpe de zapapico de treinta (30) centímetros, barriendo a continuación el material excedente.
  - 5) Se dará un riego de ligá, con el tipo de producto asfáltico y temperatura que marquen las Especificaciones, de acuerdo con lo siguiente:
    - a) El asfalto deberá cubrir uniformemente y en su totalidad el área por reparar.
    - b) La dosificación debe ser tal que logre la perfecta adhesión de la mezcla asfáltica, sin producir exceso de asfalto en la superficie.
    - c) Se dará el tiempo necesario de fraguado a fin de evitar solvente atrapado y deslizamiento.
  - 6) La mezcla asfáltica deberá cumplir con las Especificaciones de materiales para carpeta o bases asfálticas, pero variando el tamaño máximo del material pétreo, de acuerdo con el espesor de la capa por construir, en forma tal que nunca exceda del cuarenta por ciento (40%) de ella. Cuando la profundidad del asentamiento exceda de siete (7) centímetros, deberá rellenarse en dos (2) o más capas; la capa superficial podrá tener hasta seis (6) centímetros de espesor suelto y las inferiores un máximo de diez (10) centímetros de espesor suelto.

- 7) Las capas deberán compactarse con rodillo o aplanadora, desde las orillas hacia el centro. El pisón de mano sólo deberá usarse en compactación de renivelaciones poco profundas y cuya superficie no exceda de cuatro (4) metros cuadrados. En ningún caso deberá dejarse la zona renivelada a la acción del tránsito, sin antes proporcionarle la debida compactación.
- 8) Deberá sellarse la zona renivelada en un lapso no mayor de un (1) mes, siguiendo los lineamientos dados en el Capítulo respectivo de estas Normas.

001.D) BACHEO

001.D.01 DEFINICION.- Conjunto de labores requeridas para reponer una porción de la superficie de rodamiento que ha sido destruida y removida por el tránsito. Estas porciones se dividen por su tamaño en calaveras y baches, según sea su dimensión mayor, respectivamente, inferior o superior a quince (15) centímetros.

001.D.02 NORMAS

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

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

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

001.D.03 PROCEDIMIENTOS.

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

- 1) La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña, tal como tierra, hierbas, desechos de animales u otros, y removerse el material suelto de la superficie de rodamiento.
- 2) La zona por reparar deberá estar seca. Si las condiciones climáticas locales y la falta de equipo adecuado no lo permiten y existe la urgencia de efectuar el trabajo, deberán usarse los productos asfálticos y/o los aditivos que recomiende el laboratorio.
- 3) Deberá darse en la zona por reparar un riego de liga con el tipo de producto asfáltico y temperatura adecuada de acuerdo con el Capítulo respectivo de las Especificaciones Generales de Construcción.
- 4) La calavera deberá rellenarse con mezcla asfáltica elaborada de acuerdo con las Especificaciones, pero con material pétreo de un tamaño no mayor del cuarenta por ciento (40%) de la profundidad de la oquedad. Deberá ponerse la mezcla en un volumen superior aproximadamente en un veinte por ciento (20%) al de la oquedad, con objeto de que al compactarse quede al nivel de la superficie de rodamiento.
- 5) Deberá compactarse con pisón o rodillo ligero, pero nunca dejarse sin la debida compactación a la acción del tránsito.

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

- 1) La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña, tal como tierra, hierbas, desechos de animales u otros.
- 2) Deberá definirse y marcarse el área por reparar, cuidando que tenga forma rectangular y que dos de sus lados sean perpendiculares al eje del camino.
- 3) De acuerdo con el área delimitada, se efectuará la excavación, llegando hasta la profundidad necesaria para remover todo el material alterado, ya sea por exceso de agua o de arcilla.
- 4) 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 respectiva deberá a su vez ser rectangular y de lados paralelos y perpendiculares al eje del camino.
- 5) Se completará la excavación hasta la profundidad prefijada, cuidando de obtener paredes verticales y de remover todo el material suelto.

- 6) En el caso de baches profundos, la excavación deberá ser más amplia en la capa de carpeta, para que al re-construirla cubra la unión o junta entre capas inferiores.
- 7) En el caso de baches profundos, para obtener condiciones de trabajo apropiadas que garanticen la debida colocación y compactación del material con el que se rellene la oquedad, deberán considerarse los siguientes lineamientos:
  - a) Si la profundidad es de cuarenta (40) centímetros o mayor, el ancho mínimo deberá ser de sesenta (60) centímetros.
  - b) El lado menor deberá ser cuando menos el doble del ancho del pisón o una y media (1½) veces el ancho del rodillo ligero.
- 8) El bacheo se efectuará con mezcla asfáltica, que cumpla con las Especificaciones de materiales para carpeta y/o bases asfálticas. Cuando la oquedad tenga una profundidad mayor de siete (7) centímetros, deberá rellenarse en varias capas. La capa superficial deberá tener de cuatro (4) a seis (6) centímetros de espesor suelto y en ella podrá usarse material pétreo hasta de diecinueve (19) milímetros (3/4"). Las capas inferiores deberán tener un espesor suelto no mayor de diez (10) centímetros y en ellas se podrá usar material pétreo con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros (1½").
- 9) La capa superficial deberá dejarse ligeramente excedida en volumen, aproximadamente en un veinte por ciento (20%), para que al compactarse quede al mismo nivel de la superficie de rodamiento existente.
- 10) En caso de baches profundos, y cuando se considere económico el procedimiento, podrán construirse las capas inferiores con materiales de los usados en la construcción de sub-bases o bases, cuidando de que se cumplan los siguientes requisitos:
  - a) Para el relleno correspondiente a las capas de terracería o sub-base, podrá usarse material de sub-base o base.
  - b) Para el relleno correspondiente a la capa de base, deberá utilizarse exclusivamente material que cumpla con las Especificaciones relativas a esta capa.
  - c) En ambos casos, los materiales deberán compactarse de acuerdo con las Especificaciones.

- 11) Independientemente del espesor y tipo de la carpeta existente, incluyendo el caso de baches aislados e bases impregnadas, la capa superficial del bache consistirá en mezcla asfáltica con un espesor no menor de cuatro (4) centímetros compactos.
- 12) Antes de iniciar el relleno con mezcla asfáltica, deberá darse en las paredes y piso un riego de liga con el tipo de producto asfáltico y a la temperatura que indiquen las Especificaciones.
- 13) Las capas deberán compactarse con pisón de mano o rodillo ligero, pero nunca dejarse a la acción del tránsito sin la debida compactación.
- 14) Deberá sellarse la zona bacheada en un lapso no mayor de quince (15) días, siguiendo los lineamientos dados en el Capítulo respectivo de estas Normas.

001.E) RIEGO DE SELLO

- 001.E.01 DEFINICION.- Aplicación de un material asfáltico que se cubre con una capa de material pétreo, para impermeabilizar el pavimento, protegerlo del desgaste y proporcionar una superficie derrapante.
- 001.E.02 NORMAS.- Atendiendo a la magnitud de los trabajos y organización establecida para efectuarlos, se considera el riego de sello como labor de conservación cuando la superficie tratada no exceda de mil (1 000) metros lineales continuos.
- 001.E.03 PROCEDIMIENTO.- En la ejecución de los riegos de sello deberá seguirse el procedimiento indicado en la cláusula 5-02 del Capítulo V de estas Normas. Sin embargo, si por causa de fuerza mayor no se puede utilizar el equipo adecuado, podrán aceptarse las siguientes variantes:
- a) En superficies que no excedan de sesenta (60) metros cuadrados, cubriendo baches, renivelaciones o tramos agrietados, el producto asfáltico y el material pétreo podrán aplicarse a mano.
  - b) En superficies no mayores de seis mil (6 000) metros cuadrados continuos, sólo podrá extenderse a mano el material pétreo, debiendo usarse petrolizadora para el riego del producto asfáltico.
  - c) Aun en trabajos de volúmenes pequeños, deberá usarse material pétreo que cumpla con las Especificaciones, tanto por lo que se refiere a la calidad del material, como a granulometría, cuidando expresamente que no tenga polvo.

001.F) RASTREO Y/O RECARGUES EN CAMINOS REVESTIDOS O EN TERRACERIAS.

001.F.01 DEFINICION.- Se llama rastreo al reacondo del material de la capa superficial de un camino con superficie de rodamiento revestida o de terracerías, que da a la sección transversal sus condiciones originales, pudiendo ser necesario en algunos casos efectuar recargues del material correspondiente.

001.F.02 NORMAS.- Los rastreos y/o recargues deberán efectuarse como mínimo cada seis (6) meses, de preferencia antes de iniciarse la época de lluvias y al término de la misma, para lograr lo siguiente:

- a) Que la sección transversal conserve el bombeo o sobre-elevación adecuados, y permita un buen escurrimiento del agua superficial.
- b) Que la superficie de rodamiento tenga un mínimo de ondulaciones y/o depresiones.
- c) Garantizar la transitabilidad del camino aun durante la época de lluvias.

001.F.03 PROCEDIMIENTO.- Los rastreos y/o recargues deberán sujetarse a los siguientes lineamientos generales:

- a) Recargues.- Antes de iniciar un rastreo, si se han producido baches, asentamientos, deformaciones y/o en caso de que la capa superficial ya se encuentre muy delgada, deberá efectuarse un recargue de material seleccionado, cuidando de que se cumplan los siguientes requisitos:
  - 1) El material deberá llenar los requisitos fijados en las Especificaciones para materiales empleados como superficie temporal de rodamiento de caminos y aeropuertos.
  - 2) El tamaño máximo de material pétreo en la capa superficial podrá ser hasta de setenta y seis (76) milímetros (3") y no deberá tener más de cinco por ciento (5%) de partículas mayores de ese tamaño.
  - 3) El volumen del material por emplearse será el necesario para obtener un espesor mínimo compacto del recargue de diez (10) centímetros.
- b) Rastreos.- Una vez efectuado el recargue del material se procederá al rastreo de acuerdo con lo siguiente:
  - 1) El material deberá estar húmedo; si no tiene la humedad adecuada deberá añadirsele el agua necesaria.

- 2) Deberá escarificarse la capa superficial antes de tender la nueva capa, para evitar encarpetamientos.
- 3) Al término del tendido, deberá de preferencia compactarse la nueva capa, sin embargo, si no se cuenta con el equipo adecuado, podrán efectuarse rastreos y/o recargues y dejar la capa sin compactar a la acción del tránsito.
- 4) Si no se requiere recargue, el rastreo consistirá en hacer rebajes en las partes salientes para llenar con ese material las depresiones. Si se considera conveniente, se dará un riego de agua y se dejará que ésta penetre en el material flojo, compactándolo posteriormente.

002.A)

INSPECCION Y PROGRAMACION

002.A.01

GENERALIDADES.- En cualquier labor de conservación relacionada con el drenaje, la base para lograr un funcionamiento eficiente del mismo, será disponer de un sistema de inspección establecido que permita una adecuada programación de los trabajos. Estas inspecciones y la programación correspondiente deberán sujetarse a los siguientes lineamientos generales:

- a) Deberán efectuarse como mínimo dos inspecciones al año de todo el sistema, de manera que una de ellas se lleve a cabo con la anticipación suficiente para programar las labores de limpieza y/o reparaciones urgentes y terminarlas antes de la temporada de lluvias. Al término de dicha temporada deberá efectuarse otra inspección general, con objeto de apreciar los desperfectos que las obras puedan haber sufrido y programar su reparación durante la temporada de secas.
- b) Independientemente de las anteriores, deberán efectuarse inspecciones durante las lluvias fuertes o tormentas y después de ellas, ya que ésta será la única manera efectiva de juzgar si las obras y su funcionamiento son adecuados.
- c) Durante la temporada de lluvias, deberá dársele atención preferente a las labores de limpieza, efectuándolas con la periodicidad necesaria para cumplir con las normas que se dan en las siguientes cláusulas de este Capítulo.
- d) Es necesario poner de relieve que en el caso de obras de drenaje, las labores de conservación no deberán limitarse a mantener en buenas condiciones las existentes, sino que debe estudiarse constantemente su funcionamiento para lograr corregir, mediante las obras adicionales, los defectos u omisiones de proyecto y/o construcción, que la experiencia en la conservación del camino indique como necesarias.

002.B)

LIMPIEZA DE CUNETAS Y CONTRACUNETAS.

002.B.01

DEFINICION.- Remoción de materiales ajenos, tales como tierra, piedras, hierbas, troncos u otros que reduzcan las secciones de las cunetas y contracunetas impidiendo el escurrimiento libre del agua.

Las cunetas son las zanjas de sección determinada construidas en uno o ambos lados de la corona en los cortes, destinadas a recoger y encauzar hacia afuera del corte el agua que escurre como efecto del bombeo de la superficie de la corona, así como la que escurre por los taludes de los cortes.



Capítulo 002.- Obras de Drenaje

Las contracunetas son canales de sección y ubicación determinada que se construyen en las laderas del lado aguas arriba de una obra vial, y que tienen por objeto impedir que el agua que escurre llegue a la obra.

002.B.02            NORMAS.- En ningún caso deberá permitirse que una cuneta o contracuneta tenga azolve u otro obstáculo que ocupe más de un tercio (1/3) de su profundidad.

002.B.03            PROCEDIMIENTOS.- La limpieza de cunetas y contracunetas se sujetará a los siguientes lineamientos:

a) Cunetas

- 1) Se removerá perfectamente toda la materia extraña, tal como tierra, piedras, hierbas, troncos u otra que hubiera en la sección de la cuneta.
- 2) El material removido deberá cargarse y depositarse dentro del derecho de vía, donde no pueda ser arrastrado por las aguas hacia la corona del camino, cunetas o alcantarillas. Si tiene la calidad adecuada, podrá usarse en recargues de taludes de terraplén, con la debida colocación para que no afecte la estabilidad del mismo. Queda prohibido usarlo en recargues de acortamiento o depositarlo en los taludes del corte o arriba de los mismos.
- 3) Si la cuneta está zampeada, al hacer su limpieza deberá cuidarse de no deteriorar el zampeado, y éste deberá revisarse cuidadosamente, a efecto de corregir cualquier desperfecto que permita filtración del agua.
- 4) Si la cuneta no está zampeada, deberán extremarse los cuidados al efectuar su limpieza, para lograr al término de la misma una sección transversal y pendiente longitudinal que garantice el libre escurrimiento del agua.

b) Contracunetas

- 1) Deberá removerse el azolve y depositarse formando un bordo de sección sensiblemente uniforme, paralelo a la contracuneta y del lado de aguas abajo de la ladera.
- 2) Deberá vigilarse que no haya obstáculos grandes, como piedras, troncos u otros que impidan el libre escurrimiento del agua. En caso de haberlos deberán removerse a la mayor brevedad posible.

- 3) Debido a las fuertes pendientes, es frecuente que el escurrimiento del agua provoque erosiones. En estos casos deberán hacerse escalones zampeados y, si esto no fuera suficiente, zampear o recubrir con concreto hidráulico o mezcla asfáltica todas las zonas afectadas.
- 4) Cualquier socavación, oquedad o grieta en el piso o paredes de una contracuneta que permita filtración del agua, es en extremo peligrosa y puede afectar la estabilidad del talud del corte. En caso de haberlas, deberán corregirse de inmediato con el procedimiento que se considere más adecuado, el cual puede consistir en rellenarlas con concreto hidráulico, --mezcla asfáltica o mampostería y recubrir o zampear la zona adyacente.
- 5) Cuando un corte no tenga contracunetas y se proyecte construir las, será en extremo importante efectuar --sondeos y estudios previos, ya que en muchos casos, si el terreno tiene grietas, fisuras o una estratificación inadecuada, el hacer la contracuneta originará filtraciones de agua que pueden provocar la inestabilidad del talud. En tales casos, de acuerdo con los resultados de los estudios y sondeos, deberá definirse la solución más conveniente.

002.C)

LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS

002.C.01

DEFINICION.- Remoción de materiales ajenos, tales como tierra, piedras, hierbas, troncos u otros que obstruyeron la entrada, salida o el interior de la alcantarilla, impidiendo el libre escurrimiento del agua.

Se llama alcantarilla a una estructura de claro menor de seis (6) metros, con colchón o sin él, o mayor de seis (6) metros con colchón, que tiene por objeto permitir el paso del agua en forma tal, que el tránsito en una obra vial pueda ser permanente en todo tiempo bajo condiciones normales o anormales previstas.

Existen además algunos otros tipos de obras especiales, --como son acueductos y sifones, cuyos trabajos de conservación son similares a los de las alcantarillas, por lo que se incluirán dentro de este inciso. Al mencionar las alcantarillas se hará referencia en forma genérica a todos ellos.

002.C.02

NORMAS.- La limpieza de alcantarillas deberá efectuarse por lo menos dos veces al año, una antes de la temporada de lluvias y otra durante ésta, de acuerdo con los resultados de las inspecciones, y tiene por objeto lograr que en ningún caso lleguen a tener azolve u otro obstáculo que obstruya más del veinte por ciento (20%) del área de la --sección transversal o que en altura sobrepase la tercera --parte del claro vertical de la alcantarilla.

002.C.03

PROCEDIMIENTO.- La limpieza de alcantarillas se hará de acuerdo con los lineamientos generales siguientes:

- a) Deberá removerse toda la materia extraña, como tierra, hierbas, piedras u otra, que hubiere en la alcantarilla, no sólo en sus extremos, sino a todo lo largo de la misma.
- b) El material extraído deberá depositarse dentro del derecho de vía, donde no pueda ser arrastrado nuevamente hacia la misma obra, la corona del camino, cunetas o contracunetas. De preferencia no deberá ser depositado en la salida de la alcantarilla, salvo en caso que la pendiente asegure su arrastre por el agua, cuidando siempre de colocarlo y extenderlo en forma tal que no pueda ser obstáculo al libre escurrimiento de la misma.
- c) No deberá permitirse el crecimiento de hierbas o arbustos en la entrada y salida de las alcantarillas. En caso de haberlos deberán ser arrancados de raíz.
- d) Cuando una alcantarilla se azolve con frecuencia, deberá estudiarse y corregirse la causa, ya que pudiera ser necesario efectuar modificaciones a la existente o construir una nueva, siguiendo en tal caso los lineamientos dados en la cláusula 6-01 de estas Normas.

002.D)

LIMPIEZA DE CANALES DE ENTRADA Y SALIDA

002.D.01

DEFINICION.- Remoción de azolve u otro material que obstruya la sección de los cauces naturales y/o artificiales que conducen el agua hacia la obra de drenaje, así como de los que facilitan el libre escurrimiento de aquélla a su salida.

Se llaman canales a las rectificaciones de cruces mediante excavaciones, que se efectúan para encauzar el agua hacia la obra de drenaje, o bien para permitir el libre escurrimiento de la misma, una vez que ha pasado por dicha obra.

002.D.02

NORMAS.- Supuesto que los canales no son en general revestidos, será muy difícil conocer la sección transversal de construcción y, por lo mismo no puede darse un valor numérico que norme su conservación. Sin embargo, la vigilancia oportuna de su funcionamiento hará prever las modificaciones o ampliaciones en sección o cambios de trazo que puedan hacerse necesarios para que éste sea eficiente. Conviene hacer notar que la labor que se realice en limpieza de canales de entrada evitará la que pudiera hacerse en la propia alcantarilla, con la gran ventaja en el primer caso, de no tener limitación de espacio y trabajar a cielo abierto.

002.D.03

PROCEDIMIENTO.- La limpieza de canales de entrada y salida se sujetará a los siguientes lineamientos generales:

- a) Deberá removerse toda la materia extraña que hubiere en el canal, como tierra, piedras, hierbas u otra.
- b) El material removido deberá depositarse de preferencia dentro del derecho de vía, donde no pueda ser arrastrado nuevamente por las aguas hacia la corona del camino, cunetas, contracunetas o alcantarillas.
- c) Deberá cuidarse que, al término de la limpieza, la sección transversal y la pendiente longitudinal del canal sean tales, que garanticen el libre escurrimiento del agua.
- d) Con frecuencia será conveniente construir desarenadores en los canales de entrada, especialmente en los de acueductos o sifones. Estos deberán atenderse adecuadamente para mantenerlos limpios y lograr que trabajen eficientemente.
- e) Supuesto que con frecuencia los canales de entrada y salida se prolongan más allá del derecho de vía, deberá trabajarse de común acuerdo con los propietarios de los terrenos adyacentes, a fin de lograr que esos canales se mantengan limpios, así como evitar construcciones o modificaciones en ellos que puedan provocar desperfectos en el camino. En caso de que así convenga, podrá el personal de la Secretaría efectuar estos trabajos siempre y cuando el propietario de los terrenos dé las facilidades necesarias.
- f) En caso de que los propietarios de los terrenos adyacentes al derecho de vía necesiten construir bordos de protección o encauzar aguas que crucen el camino, deberán cumplirse siempre las disposiciones legales vigentes, incluidas en el Capítulo 003 de estas Normas. En ellas se menciona que el importe de los daños que ocasionen al camino las aguas que provengan de un predio será cubierto por los dueños de dichos predios. Sin embargo, el personal encargado del camino deberá 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 repitan.

002.E)

REPARACION DE OBRAS DE DRENAJE

002.E.01

GENERALIDADES.- Son constantes las modificaciones que pueden y deben hacerse a las cunetas, contracunetas, canales y alcantarillas para obtener un funcionamiento más eficiente del sistema. Para lograr lo anterior, dada la índole de los trabajos, deberá contarse con personal experimentado para ejecutarlos correctamente. Esto a la

larga, resulta económico, ya que un pequeño despecto corregido oportunamente por personal adiestrado y con experiencia evita grandes gastos y daños mayores.

002.E.02

PROCEDIMIENTO.- Las reparaciones de obras de drenaje deberán sujetarse a los siguientes lineamientos generales:

- a) Cunetas.- Cualquier oquedad en el zampeado o destrucción parcial del mismo deberá reponerse cuidando que la piedra, mortero y procedimiento de ejecución, se ajusten a lo asentado en el Capítulo XXI de la Parte Tercera de las Especificaciones Generales de Construcción.
- b) Contracunetas.- Cualquier oquedad en una contracuneta deberá rellenarse con mampostería o concreto hidráulico o mezcla asfáltica que cumplan las Especificaciones correspondientes. Los zampeados que se construyan para proteger el relleno de esas oquedades o aristas de escalones, deberán asimismo ajustarse a las Especificaciones Generales de Construcción.
- c) Canales.- Es frecuente que el agua provoque erosiones en las paredes y pisos de los canales, lo que, además de alterar su trazo, pendiente y sección, puede provocar que el material erosionado se acumule o deposite en la alcantarilla. Cuando, mediante modificaciones a la sección, no pueda evitarse la erosión, deberá estudiarse la conveniencia de zampear las zonas afectadas y construir desarenadores, cuidando de que al efectuar los trabajos se cumpla con las Especificaciones correspondientes.
- d) Alcantarillas
  - 1) Muros de cabeza y aleros. Deberá vigilarse con especial cuidado la zona de cimentación y corregir cualquier signo de erosión que pueda llegar a provocar socavación. La erosión puede corregirse mediante recubrimiento o zampeado de la zona afectada. En caso de socavaciones, será indispensable rellenarlas previamente con mampostería o concreto y recubrir o zampear posteriormente la zona expuesta a la erosión.

Es también frecuente que el agua erosione las juntas de las mamposterías, especialmente en el caso de aguas salinas.

En estos casos, al reconstruirlas deberá usarse un mortero con alto contenido de cemento y, en caso necesario, usar cemento tipo II, o bien cemento tipo I con puzolanas, o cemento puzolánico.

En caso de destrucción parcial o total de aleros y muros de cabeza, ya sea por la acción del agua o de

cualquier otro elemento, deberán reconstruirse, cuidando de que, tanto en materiales como en procedimientos de construcción, se cumpla con las Especificaciones correspondientes. Está prohibido reparar con mampostería, muros o aleros de concreto hidráulico.

- 2) Tubos de lámina corrugada.- Las juntas de las diferentes secciones deberán calafatearse periódicamente con mastique asfáltico, para evitar filtraciones. Esto será particularmente importante en alcantarillas que conduzcan aguas de riego o que trabajen en forma permanente. Si se encuentran secciones deformadas, presentando abolladuras o corrosiones de metal, y que por su magnitud lo ameriten, deberá programarse y efectuar a la mayor brevedad posible la sustitución de tales secciones, siguiendo los lineamientos dados en la cláusula 002.A del Capítulo 002 de estas Normas.
- 3) Tubos de concreto.- Las juntas entre secciones deberán calafatearse periódicamente con mastique asfáltico, para evitar filtraciones. Para impedir corrosión del fierro de refuerzo y/o filtraciones, habrá que corregir las grietas o quebraduras que puedan presentarse. Las de hasta cinco (5) milímetros de ancho se corregirán rellenándolas con mastique asfáltico; si son de un ancho mayor, deberán corregirse con mortero de cemento, cuidando de obtener una superficie lisa y uniforme.

Si la magnitud de la falla lo amerita, deberá programarse y efectuarse a la mayor brevedad posible la sustitución de los tramos afectados, siguiendo los lineamientos dados en la cláusula 002.A del Capítulo 002 de estas Normas.

- 4) Alcantarillas de losa o bóveda.- En estos tipos de obras la plantilla está generalmente constituida por un recubrimiento de concreto o un zampeado, que deberá inspeccionarse cuidadosamente para corregir cualquier grieta u oquedad que en él se encuentre. Con frecuencia será necesario colocar en el piso de la alcantarilla una nueva capa, ya sea de zampeado o de concreto, y en este caso deberá darse la pendiente adecuada y cumplir en todo con las Especificaciones respectivas.

Será necesario corregir a la brevedad posible cualquier desperfecto o destrucción parcial o total de las guarniciones de la losa, puesto que sirven de contención al colchón, proporcionándole estabilidad y evitando que haya obstrucciones por caída de material en la entrada o salida de la alcantarilla.

En caso de que haya drenes en los muros de la bóveda o alcantarilla, o en la losa de esta última, de ben revisarse y limpiarse periódicamente para lograr u buen funcionamiento.

- 5) Puentes.- Los puentes deberán ser atendidos uido samente, efectuando limpiezas periódicas de los re- drenes de su calzada. Asimismo, cualquier desperfecto en banquetas o parapetos ocasionados por colisión de vehículos deberán ser corregidos a la mayor brevedad posible, cuidando de que tanto en materiales como en procedimientos se cumpla con las Especificaciones co rrespondientes.

Por el alto costo y los problemas específicos que se presentan en la reparación de la superestructura y/o sub-estructura de puentes, deberán efectuarse inspec ciones periódicas, de acuerdo con los lineamientos - dados en el inciso respectivo de estas Normas, y ajus tándose a éstas, efectuar en cada caso los trabajos - necesarios.

003-A) GENERALIDADES

003.A.01 DEFINICION.- Derecho de vía es la faja de terreno cuyo ancho corresponde determinar a la Secretaría y la cual se requiere para la construcción, conservación reconstrucción, ampliación protección, y, en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares. Es, por lo tanto, un bien de dominio público sujeto al régimen legal correspondiente.

ZONAS LATERALES DEL DERECHO DE VIA.

Son las porciones del mismo, no ocupadas por la estructura del camino.

003.A.02 ANCHOS.- En general el ancho es de veinte (20) metros a cada lado del eje de las carreteras, aunque, por condiciones especiales se fijan anchos mayores o menores, según convenga.

003.A.03 BASES LEGALES.- Las principales bases legales que norman el derecho de vía de las carreteras y consecuentemente, las zonas laterales del mismo, son las siguientes:

- a) El derecho de vía es propiedad de la Nación, inalienable, imprescriptible y no debe ser usado para fines distintos de su naturaleza.
- b) El uso del derecho de vía será exclusivamente el derivado de la operación del camino. Está por ello prohibido, que los colindantes a la carretera u otras personas o entidades lo ocupen para cualquier otro fin. Asimismo se prohíbe ejecutar dentro del derecho de vía cualquier tipo de construcción ajena al camino.
- c) Sin la autorización expresa de la Secretaría, está prohibido extraer material del derecho de vía a entidades o personas ajenas a dicha dependencia federal.
- d) Para hacer cualquier clase de construcciones adyacentes al derecho de vía o para deslindar propiedades limítrofes al mismo, se requiere el permiso de la Secretaría. Concedido el permiso, en caso de que éste proceda, la Secretaría determinará el alineamiento oficial correspondiente.
- e) Los perjuicios que se causen al camino, directa o indirectamente por los trabajos que se ejecutan en los predios colindantes, serán pagados por los dueños de dichos predios, salvo caso fortuito o de fuerza mayor.



f) Cuando se necesiten hacer en los caminos nacionales obras que exijan su ocupación o rotura, previamente deberá solicitarse por escrito permiso a la Secretaría, la cual podrá otorgarlo por tiempo determinado. El interesado afectará la carretera solamente hasta tener la autorización escrita de la Secretaría, contestando la solicitud anterior. El interesado deberá cubrir, además del importe de la obra en cuestión, el correspondiente a la reposición del camino a su estado original.

g) Se prohíbe conducir aguas por el derecho de vía y paralelas al eje de la carretera, así como ocupar con ellas sus cunetas o zanjas de desagüe.

Las aguas de cualquier clase, procedentes de terrenos vecinos a los caminos, sólo podrán hacerse pasar por éstos de conformidad con el reglamento respectivo y por cuenta de los dueños de las aguas.

h) Todo el que ejecute obras ajenas a los caminos, pero que de alguna manera puedan afectarlos, está obligado a mantener dichas obras siempre en buen estado de conservación. En caso de no cumplir esta obligación, la Secretaría hará por cuenta de los interesados los trabajos que sean necesarios, para evitar que las obras sigan causando perjuicios al camino.

i) Se prohíbe el establecimiento de vías férreas o tranvías a lo largo de los caminos y en su derecho de vía; sin embargo, podrán subsistir los que ya existan amparados por concesión anterior.

003.B)

DESMONTE

003.B.01

DEFINICION.- Despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de materia vegetal en el cuerpo de la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría. Comprende la ejecución de alguna, algunas o todas las operaciones siguientes:

- a) Tala, que consiste en cortar los árboles y arbustos.
- b) Roza, que consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.
- c) Desenraice, que consiste en sacar los troncos o tocones con todo y raíces y cortando éstas.
- d) Limpia y quema, que consiste en retirar el producto del desmonte al lugar que indique la Secretaría, estibarlos y quemar lo no utilizable.

003.B.02

OBJETO.- Deberá efectuarse periódicamente el desmonte de las zonas laterales del derecho de vía, principalmente las opera

Capítulo 003.- Zonas Laterales del Derecho de Vía

ciones de tala y roza, ya que la existencia de árboles y hierbas, excepto en los casos que después se detallan, se considera inconveniente por las siguientes razones:

- a) Resta visibilidad al usuario del camino.
- b) Tapa parcial o totalmente el señalamiento, reduciendo su eficiencia o anulándolo.
- c) Propicia el incremento de la humedad del suelo, lo cual - suele ser perjudicial.
- d) Causa pésima impresión en el usuario, quien lo interpreta como signo de descuido en la conservación del camino.
- e) Propicia las invasiones al derecho de vía por los propietarios de predios colindantes.

003.B.03

NORMAS.- Deberán efectuarse las labores de desmonte con la - periodicidad necesaria para lograr lo siguiente:

- a) Roza
  - 1) En ningún caso deberá permitirse la existencia de hierba en los acotamientos.
  - 2) La hierba no deberá sobrepasar de treinta (30) centímetros de altura en una faja de cinco (5) metros colindantes a la corona del camino.
  - 3) La hierba no deberá sobrepasar de un (1) metro de altura en el resto del derecho de vía.
  - 4) Cuando el proyecto incluya pasto, plantas de ornato o seto vivo en camellones, glorietas o isletas, éstas deberán conservarse adecuadamente, sin que tengan para estos casos validez las normas anteriores.
- b) Tala.- Deberán quitarse de las zonas laterales del derecho de vía los árboles y arbustos en las siguientes condiciones:
  - 1) Que estén ubicados a una distancia menor de cinco (5) metros del extremo del talud, tanto en casos de corte como de terraplén.
  - 2) Que la proyección vertical de sus ramas quede sobre la corona del camino.
  - 3) Que disminuyan la visibilidad del usuario, sobre todo en el caso de árboles situados en la parte interior de curvas horizontales.

Capítulo 003.- Zonas Laterales del Derecho de Vía

- 4) Que presenten el peligro, dentro de una posibilidad lógica razonable, de caer sobre la corona del camino
- 5) Si se efectúan nuevas plantaciones de árboles o arbustos en las zonas laterales del derecho de vía, éstas deberán ser hechas de preferencia en los extremos exteriores, buscando que formen una barrera natural que marque el límite del derecho de vía.

003.B.04

PROCEDIMIENTOS

a) Roza

- 1) Si se encuentra hierba en los acotamientos, deberá arrancarse de raíz.
- 2) El corte de la maleza, hierba, zacate, así como árboles o arbustos que inician su crecimiento, deberá efectuarse tan al ras como la conformación del terreno lo permita.
- 3) Para poder cumplir con la norma correspondiente, se recomienda alternar deshierbes de todo el ancho de las zonas laterales, con deshierbes de los cinco (5) metros aledaños a la corona.
- 4) El producto del deshierbe deberá removerse y depositarse dentro de las zonas laterales del derecho de vía, en donde no pueda ser acarreado por las aguas a las obras de drenaje. De ser posible, deberá quemarse, tomando las precauciones necesarias para que el fuego no pueda propagarse.
- 5) Queda expresamente prohibido el quemar directamente la hierba o la maleza para evitar su corte, por los peligros que presenta de que se propague el fuego.
- 6) Cuando se requiera sembrar zacates u otras especies vegetales para ayudar a estabilizar un talud, deberá buscarse de preferencia, una variedad que no crezca más de cincuenta (50) centímetros.

b) Tala.

- 1) Previamente a cualquier trabajo de tala de árboles y arbustos en un desmonte, deberá recabarse la autorización correspondiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- 2) Todo el material aprovechable deberá ser estibado en los sitios adecuados dentro del derecho de vía. Dicho material quedará en beneficio del propietario afectado o bien si éste no existe, pasará a poder de la Dependencia del Ejecutivo que le corresponda, según las disposiciones legales en vigor.

- 3) Deberán tomarse las precauciones necesarias para que no caigan ramas o troncos sobre la corona del camino. En caso de que exista la posibilidad de que esto suceda, deberá regularse la circulación con bandereros, para evitar accidentes.

003.C) OBRAS MARGINALES

003.C.01 DEFINICION.- Son aquellas obras situadas en las zonas laterales del derecho de vía, que contribuyen a una mejor utilización del camino por los usuarios.

Las obras marginales más frecuentes son:

- a) Accesos.- Los accesos pueden corresponder a obras de tipo particular como gasolineras, restaurantes, hoteles u otros, o bien, a obras de uso general como los accesos a poblados o entronques con otros caminos.
- b) Paraderos.- Son estructuras diseñadas para permitir a las personas que esperan un autobús, guardarse del sol o la lluvia mientras llega el vehículo correspondiente.
- c) Miradores.- Son zonas de estacionamiento, anexas a los caminos ubicados en lugares desde los cuales se pueden admirar bellezas naturales.

003.C.02 NORMAS.- Cualquier obra marginal que exista, o que se proyecte construir, deberá cumplir con las siguientes condiciones básicas:

- a) No interferir con la correcta operación y conservación del camino.
- b) Tener un aspecto decoroso, que no desmerezca la apariencia general de la carretera.

003.C.03 PROCEDIMIENTOS

- a) Accesos.- En cada caso particular, la porción del acceso situado dentro del derecho de vía podrá estar o no, al cuidado de quienes conservan el camino. Esto deberá quedar definido cuando, al tramitar la autorización, se expidan los permisos correspondientes.

Si el acceso, en la zona del derecho de vía, está al cuidado de quienes conservan el camino, se deberá prestarle la misma atención que a éste y conservarlo de acuerdo con las normas correspondientes dadas en este Manual.

Si el acceso está al cuidado de otras personas o entidades, se deberá exigirles que le presten la atención debida, para que no interfiera la correcta operación y conservación del camino y que se cumpla, en todo momento, con las normas de este Manual.

b) Paraderos.- Los paraderos deberán ser conservados, cuidando los siguientes aspectos:

- 1) Deberán repintarse periódicamente, para que presenten un aspecto decoroso.
- 2) Deberán limpiarse tanto el paradero como la zona de estacionamiento, recogiendo la basura y desperdicios que hayan tirado los usuarios. Esta limpieza se deberá efectuar por lo menos una vez a la semana.
- 3) Deberá cuidarse expresamente el drenaje en la zona de estacionamiento.

Los paraderos deberán cumplir los requisitos que a continuación se señalan:

- 1) Deberán ubicarse suficientemente alejados del eje del camino, para permitir que el autobús se estacione fuera de la corona del mismo.
- 2) Deberá construirse un acceso a la zona de estacionamiento del paradero, encauzando el tránsito mediante isle o camellón que separe esa zona de la corona del camino.
- 3) Deberán colocarse en lugares con buena visibilidad. Como mínimo deberá existir una tangente de cien (100) metros antes y después del paradero.
- 4) Deberá colocarse el señalamiento adecuado.

Los paraderos que no cumplan con los requisitos anteriores, deberán modificarse para lograrlo.

c) Miradores.- La conservación de los miradores, se sujetará a los siguientes lineamientos generales:

- 1) Deberá prestarse la atención adecuada a la superficie de rodamiento, para que cumpla las normas correspondientes.
- 2) Las isletas o camellones y las guarniciones o muros, deberán pintarse de blanco y repintarse periódicamente para que presenten un aspecto decoroso.
- 3) Deberá efectuarse una limpieza de la basura y desperdicios, por lo menos una vez a la semana.

- 4) El deshierbe de la zona aledaña al estacionamiento, deberá efectuarse con la periodicidad necesaria para que la hierba no sobrepase de treinta (30) centímetros de alto en los cinco (5) metros contiguos.
- 5) Deberá prestarse atención especial al drenaje del estacionamiento.

Los miradores deberán satisfacer los requisitos que a continuación se señalan:

- 1) Deberá existir una separación, delimitada con isletas o camellón, entre la corona del camino y la zona de estacionamiento del mirador.
- 2) Deberá colocarse el señalamiento adecuado.
- 3) Deberán contar con muros o guarniciones que delimiten el extremo exterior de la zona de estacionamiento.
- 4) De preferencia, deberá empedrarse su superficie de rodaje. Si esto no es posible, deberá ser de carpeta de un riego. En ningún caso podrán abrirse miradores con superficie de rodaje de terracerías.

Los miradores que no cumplan con los requisitos anteriores, deberán modificarse para lograrlo.

003.D)

RASTREOS

003.D.01

DEFINICION.- Reacomodo del material superficial de las zonas laterales del derecho de vía.

003.D.02

OBJETO.- Se efectúan para lograr los siguientes fines:

- a) Rellenar pequeños deslaves y evitar que éstos se agranden o aumenten en número.
- b) Extender pequeños volúmenes de material depositado, producto de limpieza de obras o de deshierbes.
- c) Deshierbar y/o facilitar ese trabajo en lo sucesivo, principalmente porque un terreno uniforme permite cortar la hierba más al ras o usar deshierbadora mecánica.
- d) Obtener una superficie sensiblemente plana y uniforme, que tiene las siguientes ventajas:
  - Propicia un mejor drenaje superficial, evitando que se produzcan deslaves al disminuir la velocidad de escurrimiento del agua.
  - Mejora el aspecto general del camino.

003.D.03

PROCEDIMIENTO.- Los rastreos se efectuarán de acuerdo con los siguientes lineamientos generales:

- a) Se harán con motoconformadora o tractor ligero.
- b) Deberá evitarse depositar el material arrastrado en las contracunetas o canales.
- c) Deberá evitarse alterar el cauce y la sección de contracunetas o canales.
- d) Deberá buscarse mejorar el drenaje del camino. Será muy importante lograr que al término del rastreo se obtengan superficies con la pendiente y dirección adecuadas, que eviten los escurrimientos hacia el camino.

Capítulo 004.-

OBRAS DIVERSAS

004.A)

ACOTAMIENTOS

004.A.01

DEFINICION.- Fajas comprendidas entre la orilla de la carpeta o de la superficie de rodamiento y la orilla de la corona de un camino.

004.A.02

OBJETO.- Los acotamientos, además de proporcionar protección lateral a la superficie de rodamiento, sirven para estacionamiento de emergencia y por lo mismo como zona de desaceleración.

004.A.03

NORMAS.- Las labores de conservación en relación a los acotamientos, dependerán del tipo de superficie de rodamiento existente, de acuerdo con lo que sigue:

- a) En caminos con superficie de rodamiento revestida o de terracería los acotamientos deberán tratarse igual que el resto de la corona del camino, siguiendo los lineamientos dados en la cláusula F del Capítulo 001 de estas Normas.
- b) En caminos con carpeta, deberán considerarse los siguientes lineamientos:
  - 1) La carpeta y el acotamiento podrán estar en la misma superficie o bien en superficies paralelas con desnivel máximo de cinco (5) centímetros, siendo siempre, en ese caso, la superficie de la carpeta la de nivel superior.
  - 2) Los acotamientos deberán ser construidos atendiendo a las Especificaciones para base y protegidos con riego de impregnación. Deberá construirse en carpeta de un riego o, en caso de que el volumen de tránsito lo justifique, de mezcla asfáltica. En ambos casos, deberá buscarse en los acotamientos, una textura más rugosa que la de la superficie de rodamiento.
  - 3) Al efectuar reconstrucciones, especialmente sobrecarpetas o bases asfálticas, deberá ampliarse la reparación a todo el ancho de corona o efectuar los trabajos adicionales necesarios, para evitar, si es posible, el desnivel entre el acotamiento y la superficie de rodamiento, o lograr que no exceda de los cinco (5) centímetros mencionados en el sub-párrafo 1.
  - 4) Las normas y procedimientos de reparación para relleno de grietas, renivelaciones, bacheo y sello, dadas para la superficie de rodamiento en las cláusulas 001-B a 001-E del Capítulo I de estas Normas, serán íntegramente aplicables a los acotamientos.



004.B)

TALUDES

004.B.01

DEFINICION.- Superficies laterales de un corte o de un terraplén.

004.B.02

GENERALIDADES.- Las labores de conservación en relación con los taludes, son de gran importancia, ya que pueden considerarse como preventivas para evitar derrumbes o deslaves y, por consiguiente, todos los inconvenientes y peligros que ellos presentan.

004.B.03

PROCEDIMIENTOS

- a) Cortes. En cortes en roca, deberán removerse de los taludes todas las piedras o materiales sueltos que presenten peligro de caer a la corona del camino. Si el tamaño de las piedras es tal que al removerlas puedan ocasionar desperfectos en la corona del camino, habrá que protegerla, colocando sobre ella una capa de arena. En cortes en tierra, deberá mantenerse el talud con una vegetación tal que permita el libre escurrimiento del agua y a la vez evite la erosión del material y que éste sea acarreado a las cunetas.

La falta de estabilidad en taludes de cortes, en general, está íntimamente ligada con la presencia de agua, por lo que deberá darse primordial importancia al mantenimiento de contracunetas de acuerdo con lo indicado en la cláusula 002-B. Asimismo, deberá procurarse que los taludes tengan la pendiente que garantice su estabilidad, llevando a cabo, al efecto, los trabajos necesarios bajo los lineamientos a que se refiere la cláusula B-004 del Capítulo 003 de estas Normas (Reconstrucción).

- b) Terraplenes.- El afinamiento de los taludes del terraplén deberá considerarse una labor de rutina, con objeto de obtener una superficie uniforme que ayude a la estabilidad de los mismos, evitando asentamientos, erosiones o deslaves.

Deben evitarse en el pie del talud corrientes de agua que afecten su estabilidad. Deberá ser objeto de especial cuidado y atención la estabilidad del terraplén en la línea de cerros, asegurándola con recargues de material o, en caso necesario, con muros de mampostería.

Los taludes de los terraplenes deberán protegerse para evitar erosión, socavación o deslave del material por el agua que escurre de la corona del camino. Esta protección puede obtenerse mediante la siembra de pastos o pecies vegetales adecuados, según el material y clima de la región.

En caso que se justifique, por tratarse de materiales erosionables o ser muy grande el volumen de agua, deberán construirse guarniciones en el acotamiento que encaucen el agua hacia lavaderos por los que escurra sin producir erosión.

004.C) REMOCION DE DERRUMBES

004.C.01 DEFINICION.- Se llama derrumbe a un desprendimiento de material de las laderas naturales o del talud de un corte hacia la corona del camino.

004.C.02 GENERALIDADES.- Un derrumbe puede o no ocasionar una situación de emergencia. En ambos casos el procedimiento para su remoción será el mismo, pero si se crea situación de emergencia porque el derrumbe impida o dificulte considerablemente la circulación o bien ofrezca algún peligro para el usuario, deberán colocarse por el primer personal de la Secretaría - que tenga conocimiento de ello las señales preventivas y restrictivas que correspondan, en tanto que el ingeniero encargado del tramo deberá atender a los siguientes lineamientos:

- a) El corregir una situación de emergencia, siempre tendrá preferencia sobre las labores regulares de conservación.
- b) Deberá trasladarse de inmediato al lugar del derrumbe.
- c) Deberá inspeccionar la magnitud de los daños y proceder de inmediato a concentrar el personal y equipo necesarios para la remoción. Al mismo tiempo, deberá ordenar la colocación de las señales necesarias de acuerdo con lo indicado en el "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito", y en tanto éstas quedan listas, deberá poner bandereros para regular la circulación y evitar colisiones.
- d) A la primera oportunidad y usando el medio de comunicación más expedito, deberá dar aviso a su inmediato superior, sobre camino, tramo, kilometraje, magnitud aproximada del derrumbe; si el tránsito ha sido o no interrumpido y, en caso afirmativo, cuándo se espera que pueda reanudarse. Al mismo tiempo, en caso de que no cuente con el equipo necesario para efectuar los trabajos, deberá solicitarlo.

004.C.03 NORMAS.- Las labores de remoción de derrumbes deberán ante todo tender a lograr con la mayor brevedad posible, la reanudación de la circulación. Por lo mismo, deberá atacarse primero la zona de la corona en que haya menos material, a fin de despejar, por lo menos, el ancho suficiente para permitir la circulación de un carril.

Si por la magnitud del derrumbe o el peligro que se prevé pueda presentarse durante su remoción, no es posible reanudar la circulación en un lapso razonable, deberá adaptarse una desviación, cuya construcción tendrá prioridad respecto a los trabajos de remoción, siguiendo los lineamientos dados en la cláusula 004-D de este Capítulo.

004.C.04

PROCEDIMIENTO.- Una vez que se ha reanudado el tránsito, o en caso de que éste no se haya interrumpido, deberán continuarse las labores de remoción, considerando los siguientes lineamientos:

- a) Deberá usarse la maquinaria adecuada, tal como cargador frontal y camiones, evitando en lo posible las molestias al tránsito y tomando las precauciones necesarias para evitar un accidente.
- b) Cuando el derrumbe ocurra en un frente de roca y haya algunas piedras que por su tamaño requieran monearse para poder ser removidas, deberá tomarse las precauciones del caso y suspender la circulación con anticipación a la explosión y durante la misma, cuidando que no haya vehículos o personas por lo menos en los ciento cincuenta (150) metros aledaños a la zona.
- c) El material producto de un derrumbe podrá usarse en cargues de terraplén si tiene la calidad adecuada, cuidando de colocarlo debidamente extendido para que no pueda afectar la estabilidad del talud. En caso de que se deposite en las zonas laterales del derecho de vía, deberá hacerse donde no pueda ser acarreado por las aguas a algún canal, cuneta o alcantarilla.
- d) Al terminar la remoción, deberá procederse de inmediato a la reparación de los daños que el derrumbe haya ocasionado en la superficie de rodamiento, acotamiento, zampados, señalamiento u otros. Asimismo, deberá limpiarse debidamente la superficie de rodamiento.

004.D)

RELLENO DE DESLAVES

004.D.01

DEFINICION.- Se llama deslave a la erosión y socavación del material del talud de un terraplén, producida por el escurrimiento del agua superficial. El deslave puede, o no, afectar la corona del camino.

004.D.02

NORMAS.- Cuando un deslave afecte a la corona del camino o sea inminente que tal cosa suceda, deberá considerarse como situación de emergencia y por lo mismo se procederá a su arreglo considerándolo preferente a las labores regulares de conservación. En estos casos deberán colocarse inmediatamente las señales requeridas de acuerdo con el "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito". Si el deslave

afecta media corona o más y deja un ancho de circulación de seis (6) metros o menos, deberá regularse la circulación - con bandereros.

Al ocurrir un deslave, a más de su relleno en la forma que adelante se indica, deberán estudiarse las causas que lo - originaron, a efecto de proyectar y construir con la mayor brevedad posible las obras auxiliares, tales como guarniciones y lavaderos, ampliación o modificación de alcantarillas, muros de retención u otras que garanticen su corrección en forma permanente.

004.D.03

PROCEDIMIENTO.- El relleno de deslaves deberá efectuarse - de acuerdo con los siguientes lineamientos generales:

- a) Deberá ampliarse la socavación existente hasta obtener paredes sensiblemente verticales y firmes.
- b) Deberá usarse en el relleno material con calidad semejante al que originalmente existía, o mejor, principalmente en las capas de sub-rasante, sub-base y base, cuidando que cumpla las Especificaciones correspondientes.
- c) En términos generales, el relleno se efectuará en capas horizontales de espesor no mayor de treinta (30) centímetros sueltos, dándole la misma compactación que tengan - las capas adyacentes. Por las dificultades inherentes, esta compactación podrá efectuarse con rodillo ligero o pisón de mano.
- d) Como excepción a lo anterior, cuando la altura del terraplén y/o las condiciones locales lo hagan necesario, podrá efectuarse a volteo el relleno de la zona correspondiente al cuerpo del terraplén, usando siempre, en tal - caso, fragmentos de roca y materiales granulares, cuidando que más del cincuenta por ciento (50%) en volumen sea de tamaños mayores de doscientos cincuenta y cuatro -- (254) milímetros.
- e) La pendiente del talud formado por el relleno deberá ser la adecuada para evitar nuevos deslaves. En general, si el deslave es producido por agua que escurra de la corona, el nuevo talud deberá ser más tendido que el que originalmente existía. Para lograrlo, se iniciará el relleno ampliándolo desde la línea de ceros.
- f) Deberán evitarse en el relleno de deslaves los materiales arenosos o fácilmente erosionables. Cuando por carencia de materiales sea necesario su uso, deberá protegerse adecuadamente el terraplén con la construcción de guarniciones y lavaderos.

- g) Una vez completado el relleno de la capa de base, ésta deberá impregnarse con el producto asfáltico adecuado según las Especificaciones. Posteriormente, deberá reponerse la carpeta.
- h) Cuando se ha terminado el relleno del deslave, será muy conveniente plantar en el talud del terraplén pasto u otras especies vegetales, que a más de garantizar un buen escurrimiento del agua, ayuden a su estabilidad.

004.E)

DESVIACIONES

004.E.01

DEFINICION.- Caminos auxiliares de carácter provisional, -  
construidos como lo fija el proyecto y/o lo ordene la Se -  
cretaría con objeto de facilitar el tránsito por fuera de -  
una obra vial durante el tiempo que dure la construcción o  
reparación de la misma, o de alguna estructura que impida -  
la circulación normal.

004.E.02

NORMAS.- En la construcción de desviaciones deberán consi -  
derarse los siguientes lineamientos generales:

- a) Si la desviación es motivada por obstáculos imprevistos, tales como derrumbes, deslaves u otros, su construcción tendrá prioridad sobre los trabajos de reparación del da ño en sí, con objeto de lograr a la mayor brevedad pos -  
ble la reanudación de la circulación.
- b) Si la desviación es motivada por reparaciones previamente planeadas, tales como reparacion de pavimento, construc -  
ción de alcantarillas, u otras, deberá cuidarse que esté perfectamente terminada antes de ponerla en servicio.
- c) Las desviaciones se deben construir tomando en cuenta, en todos los aspectos de su proyecto, la importancia del ca -  
mino que sustituyen y el tiempo probable que prestarán ser -  
vicio.
- d) La desviación deberá tener como mínimo un ancho de corona de seis (6) metros para permitir la circulación en ambos -  
sentidos. Si esto no es posible, se construirá doble des -  
viación, de un mínimo de tres (3) metros de ancho de coro -  
na.
- e) En casos extremos, en que no sea posible cumplir la norma anterior, deberán mantenerse durante todo el tiempo que la desviación preste servicio bandereros que regulen la circu -  
lación.
- f) La superficie de rodamiento de la desviación deberá ser -  
uniforme y conservarse así mediante rastreos periódicos. Si  
el volumen de tránsito y la duración de la misma lo jus -  
fica, deberá revestirse o bien pavimentarse.

- g) Deberán colocarse las señales adecuadas, según el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito", no sólo en los extremos de la desviación, sino a lo largo de la misma.

004.E.03

#### PROCEDIMIENTOS

- a) En todas las etapas de construcción de las desviaciones, no sólo en procedimientos sino en calidad de materiales, deberán cumplirse íntegramente las Especificaciones Generales de construcción.
- b) La desviación deberá conservarse, cumpliendo las normas dadas en este Manual, para que dentro de los límites económicos sea cómoda, segura y preste servicio eficiente.

A.- Resumen de los lineamientos establecidos en el "MANUAL DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO EN CALLES Y CARRETERAS".

EL SEÑALAMIENTO de las carreteras, es de gran importancia debido a que ayuda a las personas que manejan, a que reciban oportunamente los mensajes que requieren para orientarse acerca de las condiciones y características del camino en el que se encuentran, así como de la ruta que deben seguir para llegar a su destino.

La existencia de un señalamiento adecuado colabora a que se conduzcan los vehículos con cierto grado de tranquilidad y en cambio un mal señalamiento suele contribuir a que se produzcan accidentes o desorientación en las personas que manejan.

Desde hace muchos años han habido Congresos, Convenciones, Reuniones, etc. del personal que tiene a su cargo la construcción, conservación y operación de las carreteras, para uniformar a nivel mundial, en lo posible, el tipo de señalamiento de las carreteras (forma, tamaño, color, mensaje, etc.) tratando de que siempre que se pueda se empleen símbolos en lugar de palabras con objeto de que aun los extranjeros puedan conducir vehículos con la mayor seguridad en cualquier país.

En México, a través del tiempo, la S.C.T. ha aprobado diversos reglamentos y normas al respecto. Actualmente está vigente el "MANUAL DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO EN CALLES Y CARRETERAS", al que debe sujetarse estrictamente todo encargado de señalamiento de carreteras del país.

Al respecto los Residentes de Conservación, al recibir un tramo de camino deben:

- Verificar si el señalamiento está completo
- A la brevedad completarlo y/o corregirlo, en su caso.
- Elaborar un programa de conservación del señalamiento existente para que se corrijan a la brevedad los defectos que se produzcan, como reposición de señales dañadas, repintado de las marcas en el pavimento, etc. vigilando que se encuentren en condiciones óptimas de visibilidad.

En el citado manual, las señales están catalogadas en los grupos mencionados a continuación.

Cada una de ellas tiene aprobadas características especiales, que las diferencian entre sí:

- 01 Señales preventivas. Trata del empleo y las características de los dispositivos para prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza (Anexo 11)
- 02 Señales restrictivas. Contiene las recomendaciones sobre el empleo y características de los dispositivos para indicar al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan al tránsito. (Anexo 12)
- 03 Señales informativas. Describe las características de las señales que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar y establece la clasificación para su uso.

Se clasifican en:

SII De identificación (Anexo 13)

SID De destino (Anexo 14)

SIR De recomendación e Información General (Anexo 15)

SIST De servicios y turísticas (Anexo 16)

- 04 Marcas. Trata lo referente a rayas y letras que se pintan en el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro de o adyacentes a las vías de circulación, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento, con el fin de regular o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos. Su función básica es la de canalizar los flujos de tránsito para evitar las maniobras erráticas de los conductores y eliminar en lo posible los conflictos por fricción central, marginal, por cruzamientos, disminuyendo así los riesgos de accidentes.

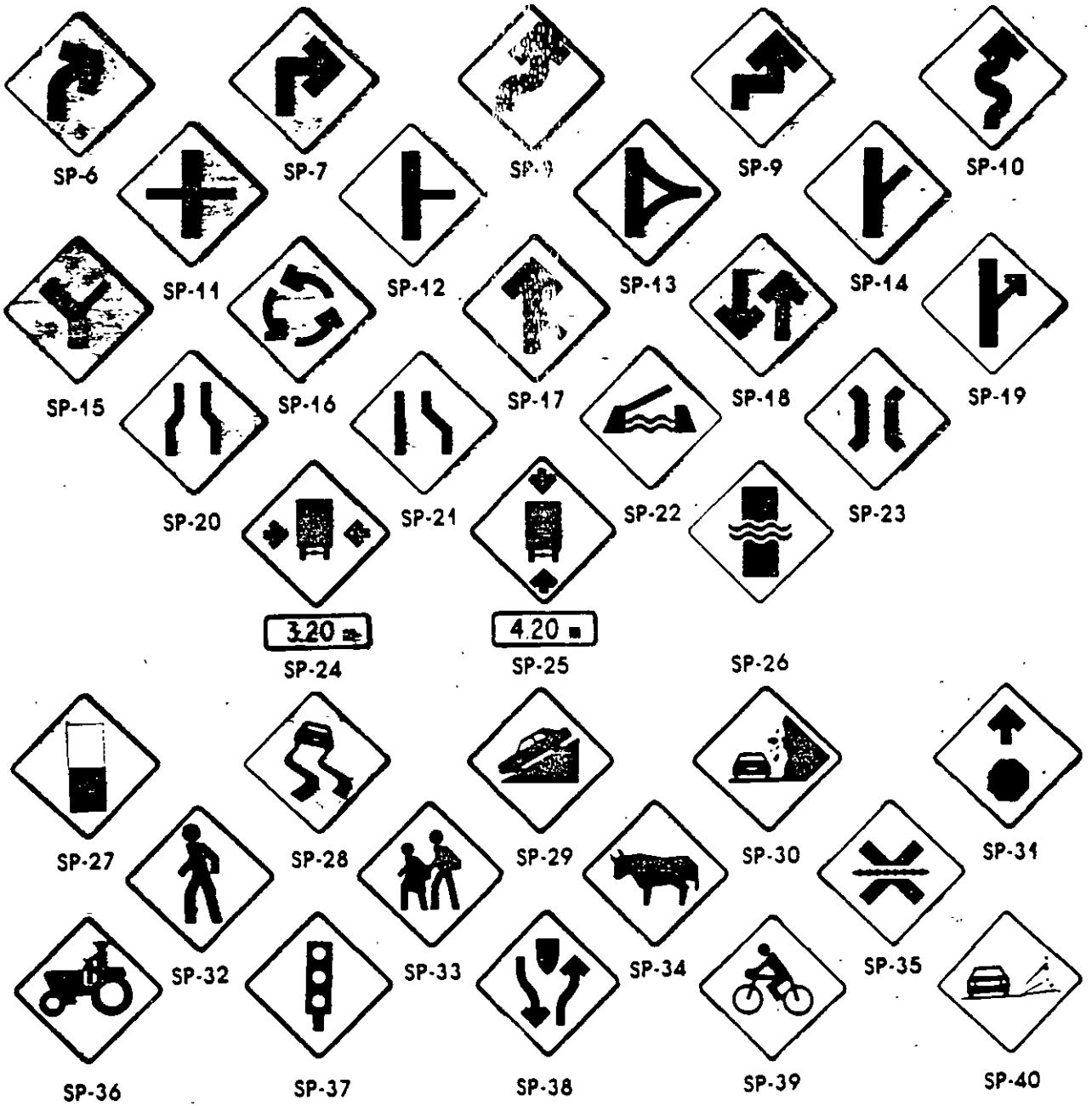
Se clasifican en:

a) Marcas en el pavimento

- Raya central sencilla continua o discontinua
- Raya adicional continua para prohibir el rebase
- Raya central doble continua
- Rayas separadoras de carriles
- Rayas en las orillas de la calzada
- Rayas canalizadoras



# SEÑALES PREVENTIVAS



# SEÑALES RESTRICTIVAS



SR-6



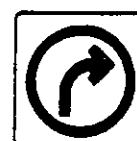
SR-7



SR-8



SR-9



SR-10



SR-11



SR-11A



SR-12



SR-13



SR-14



SR-15



SR-16



SR-17



SR-18



SR-19



SR-20



SR-21



SR-22



SR-23



SR-24



SR-25



SR-26



SR-27



SR-28



SR-29



SR-30



SR-31



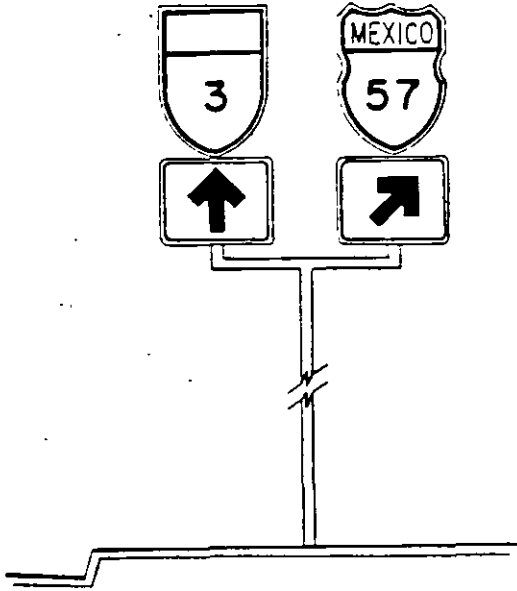
SR-32



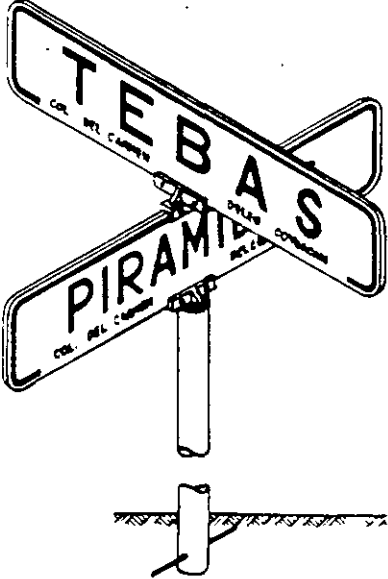
SR-33

4.20 m

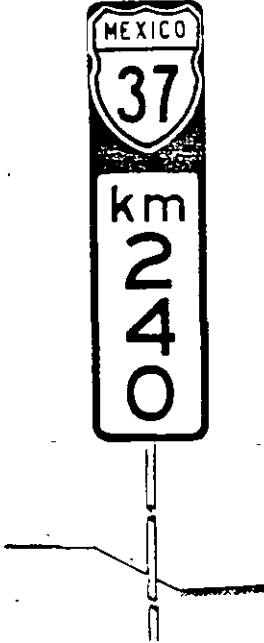
# SEÑALES INFORMATIVAS DE IDENTIFICACION



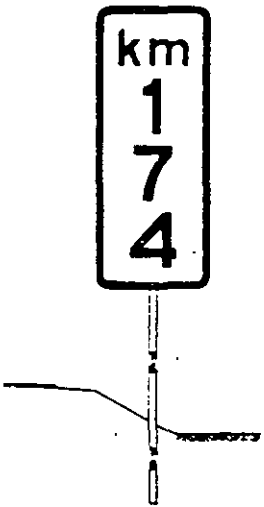
SII



SII-6



SII-14



SII-15

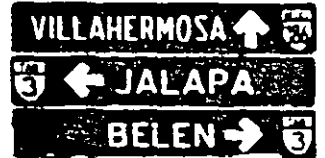
# SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINO



SID-8



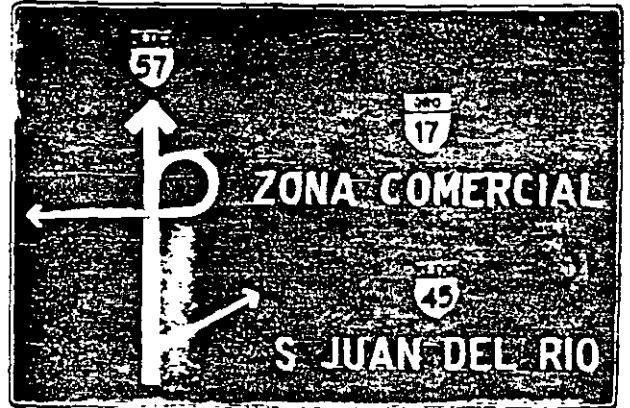
SID-9



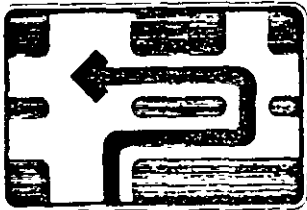
SID-10



SID-11



SID-12



SID-12



SID-13



SID-14



SID-15

# SEÑALES INFORMATIVAS DE RECOMENDACION E INFORMACION GENERAL

CARRIL IZQUIERDO  
SOLO PARA REBASAR

SIR

TRANSPORTE DE CARGA  
TRAMO CON RESTRICCIONES

PRINCIPIA

SIR

CUERNAVACA  
350 000 hab

SIG-7

PRESA JOSE MA MORELOS

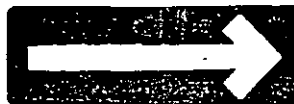
SIG-8

TERMINA SINALOA  
PRINCIPIA SONORA

SIG-9

CASETA DE COBRO  
A 500 m.

SIG-10



SIG-11

# SEÑALES INFORMATIVAS DE SERVICIOS Y TURÍSTICAS



SIS-1



SIS-2



SIS-3



SIS-4



SIS-5



SIS-6



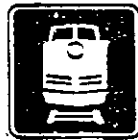
SIS-7



SIS-8



SIS-9



SIS-10



SIS-11



SIS-12



SIS-13



SIS-14



SIS-15



SIS-16



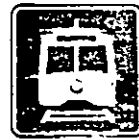
SIS-17



SIS-18



SIS-19



SIS-20



SIS-21



SIS-22



SIS-23



SIS-24



SIS-25



SIS-26



SIS-27



SIT-1



SIT-2



SIT-3



SIT-4



SIT-5



SIT-6



SIT-7



SIT-8



SIT-9



SIT-10

Capítulo 005.- Señalamiento

- Rayas de parada
- Rayas para cruce de peatones
- Rayas, símbolos y letras para cruce de ferrocarril
- Rayas para estacionamiento
- Leyendas y símbolos para regular el uso de carriles
- Rayas con espaciamiento logarítmico

b) Marcas en guarniciones para prohibición de estacionamiento.

c) Marcas en obstáculos adyacentes a la superficie de rodamiento.

- Para indicar guarniciones
- Para indicar parapetos
- Para indicar aleros
- Para indicar pilas y estribos
- Para indicar postes
- Para indicar cabezales
- Para indicar defensas
- Para indicar muros de contención
- Para indicar árboles

05 Obras y dispositivos diversos. Contiene lo relacionado con las obras que se construyen y/o dispositivos que se colocan dentro de una arteria vial o sus inmediaciones para protección, encauzamiento y prevención a los conductores de vehículos y a los peatones.

06 Dispositivos para protección en obras. Incluye las recomendaciones sobre las señales y otros medios que se emplean con carácter transitorio para proteger a los conductores, peatones y trabajadores, y guiar el tránsito a través de calles y carreteras en proceso de construcción o de conservación (Anexo 17).

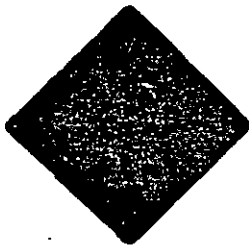
Las especificaciones de estas señales incluyendo las relativas a su ubicación se encuentran detalladas en el Manual de referencia.

B.- Inventario del señalamiento.

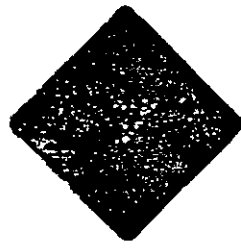
En la siguiente página consta una forma de las que se emplean para efectuar el inventario del señalamiento (Anexo 18).

En la citada forma se deben hacer constar tanto las señales existentes y el estado en que se encuentran, como las señales faltantes. Dicho inventario deberá llevarse a cabo con toda meticulosidad dos veces al año con objeto de detectar el señalamiento defectuoso y el faltante, y proceder a la brevedad a su corrección.

# DISPOSITIVOS PARA PROTECCION EN OBRAS



DPP



DPP



DPI-7



DPI-7



DPI-7



DPI-8



DPI-8



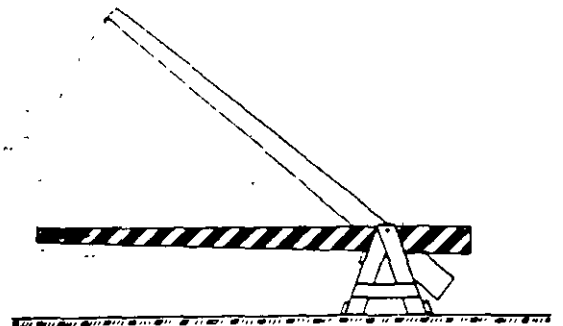
DPI-8



DPI-9



DPC-1



DPC-1





C.- Señalamiento en Cruceos a Nivel de Caminos con Vías Férreas

Existe una alta incidencia de accidentes en cruceos a nivel de caminos con vías férreas, los que suelen ser de dramáticas consecuencias. Esto originó el establecimiento de normas rígidas para planearlos, las que están contenidas en los siguientes documentos:

- El Manual de Proyecto Geométrico que indica como deben proyectarse dichos cruceos y los elementos de seguridad que deben observarse.
- El Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, que establece las señales preventivas y restrictivas que deben instalarse.
- El Instructivo para la autorización de Cruceos a Nivel con Vías Férreas y Reglamento Interior de la Dirección General de Ferrocarriles, que establece las Normas fijadas para el efecto por dicha dependencia.