



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

“DICTAMEN TÉCNICO Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
DEL PUENTE COATZACOALCOS I.”

ALTO NIVEL ACADÉMICO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

YÉSIKA LESLY RUIZ GRANADOS

ASESOR:

M. EN I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ



MÉXICO

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi familia por permitirme sentir la clase de amor por el que la gente muere sin dudarlo.

A mi esposo Isidro por su paciencia, amor, amistad, sarcasmo y buena disposición para comer fuera de casa.

A la U.N.A.M. por ser una institución de excelencia académica, siempre desee formar parte de una educación universal, gracias por darme el derecho a un título.

A mi asesor por el apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

A mis compañeros de la F.E.S. Aragón por que sin el trabajo en equipo durante la carrera, no hubiéramos llegado a esta meta.

“Hay dos cosas infinitas: el Universo y la
estupidez humana. Y del
Universo no estoy seguro.”
Albert Einstein.



ÍNDICE



| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | IV |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES. | 1 |
| I.1 Sistema de piso. | 3 |
| I.2 Armadura Principal. | 3 |
| CAPÍTULO II. DICTAMEN ESTRUCTURAL DEL PUENTE COATZACOALCOS I. | 4 |
| II.1 Cargas Estructurales. | 5 |
| II.2 Elementos de Piso. | 6 |
| II.3 Elementos de la Superestructura. | 7 |
| II.4 Tipos de Claros. | 8 |
| II.5 Elementos de la Subestructura. | 9 |
| II.6 Diversos. | 10 |
| II.7 Inventarios. | 10 |
| II.8 Inspección. | 10 |
| II.9 Pisos. | 14 |
| II.10 Superficies de Rodamiento. | 18 |
| II.11 Sistemas de Drenaje. | 22 |
| II.12 Guarniciones, Banquetas y Parapetos. | 23 |
| II.13 Sistemas de Junta de Puente. | 32 |
| II.14 Sistema de Superestructura. | 40 |
| II.15 Sistema de Subestructura. | 45 |
| II.16 Definición de Cargas del Puente Coatzacoalcos I. | 55 |
| II.16.1 Carga Vehicular. | 55 |
| II.16.2 Carga de Ferrocarril. | 55 |
| CAPÍTULO III. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO. | 56 |
| III.1 Programa para la sustitución del sistema de piso y la armadura del tramo levadizo del puente Coatzacoalcos I. | 57 |
| CAPÍTULO IV. PRESUPUESTO. | 58 |
| IV.1 Presupuesto para la sustitución del sistema de piso del tramo levadizo del puente Coatzacoalcos I. | 59 |
| IV.2 Presupuesto para la sustitución de armadura metálica levadiza del puente Coatzacoalcos I. | 60 |
| Conclusiones. | 64 |
| Bibliografía. | 65 |



INTRODUCCIÓN



El 18 de marzo de 1962 se abría una nueva era en las comunicaciones a nivel nacional con la inauguración del puente Coatzacoalcos I al ver pasar el primer barco su umbral: fue el día que se abrió “La llave del Sureste”.



Al tener a Minatitlán como un puerto de constante actividad marítima, se construyó una importante vía de comunicación del centro del país con el sureste y los estados de la península que al mismo tiempo permitiera el paso de barcos de calado mayor por el río Coatzacoalcos.

Por tal motivo cuenta con un tramo levadizo que lo hace único en el país y uno de los primeros en toda América hispanoparlante.

El creciente desarrollo económico y social de la región del sureste del país a mediados del siglo XX, aumentó las necesidades de enlace carretero y ferroviario con la región central del país, por lo que fue necesario cruzar mediante un puente el río Coatzacoalcos y lograr así, la continuidad de la carretera Costera del Golfo

1. OJETIVO GENERAL.

Presentar la revisión estructural del Puente Coatzacoalcos I basado en un Manual de Inspección para Puentes publicado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y proponer un programa de mantenimiento por medio del Dictamen Estructural para restituir los niveles de operación del puente.

2. OBJETIVO PARTICULAR.

Determinar un programa de mantenimiento para la Armadura Metálica y el Sistema de Piso del Puente Coatzacoalcos I, así como presentar un presupuesto de dichos elementos ya que las cargas que se usaron en su diseño inicial son mucho menores a las que se somete actualmente (tanto para carga vehicular como de ferrocarril).



3. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Así en el Capítulo I se da a conocer antecedentes críticos provocados por accidentes del Puente Coatzacoalcos I, mencionando daños en la estructura metálica levadiza y en los elementos diagonales y verticales de las armaduras principales de carga. También se da una definición del estado físico del Sistema de Piso y de la Armadura Principal del puente Coatzacoalcos I.

En el capítulo II. Se presentan definiciones de cargas en los elementos estructurales de un puente en general, elementos de piso y de la superestructura, tipos de claros de un puente en general. Se mencionan los elementos de la subestructura y la metodología para llevar a cabo una inspección en este tipo de estructuras especificando la corrección y la prevención en caso del deterioro de alguno de los elementos. Se proporciona una guía para el mantenimiento de superficies de rodamiento en puentes, sistema de drenaje del piso, guarniciones, banquetas y parapetos, sistema de junta de puente y sistemas de subestructura finalizando con la definición y el estado de carga vehicular y de ferrocarril del Puente Coatzacoalcos I junto con una propuesta de dichos elementos para su corrección.

En resumen se presenta un manual para inspección y conservación de puentes.

En el capítulo III. Brevemente se presenta un programa de mantenimiento para la sustitución del sistema de piso y la armadura del tramo levadizo del puente Coatzacoalcos I.

En el capítulo IV. Se presentan presupuestos para la sustitución del sistema de piso del tramo levadizo y para la sustitución de la armadura metálica levadiza.

4. UTILIDAD DEL TRABAJO.

Demostrar la utilidad y la importancia que tiene la inspección de las obras civiles para después llevar a cabo un programa de mantenimiento para las estructuras. En este caso se presenta un manual para la inspección de puentes en particular, donde cualquier persona puede acceder a la información y llevar a cabo las propuestas de corrección que se presentan.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES



En el año 1971 el puente Coatzacoalcos I fue impactado por un buque, colapsando la parte Este de la estructura, quedando incomunicado el sureste del país. La estructura fue reparada y reconstruida parcialmente.

En el año 2004 mientras el puente era operado por el Organismo Caminos y Puentes Federales de Cuota (CAPUFE), la estructura metálica levadiza de dicho puente sufrió fracturas en los elementos diagonales y verticales de las armaduras principales de carga, originadas por las cargas generadas por el paso del ferrocarril y vehículos pesados, procediendo dicho organismo federal a la reparación emergente de los daños.

En el año 2005 el puente fue concesionado y entregado al Estado de Veracruz para su operación y mantenimiento, con la única finalidad de financiar con la recaudación del peaje, la construcción del túnel sumergido de Coatzacoalcos. Cabe hacer mención que por tratarse de una estructura de 97 años de uso, la cual ha sufrido daños por accidentes previos, el clausulado del título de concesión prevé que las inversiones requeridas en caso de mantenimiento mayor, correrían a cargo de la Federación.

El pasado 13 de diciembre de 2007 se presentó una falla en el sistema estructural de piso del tramo levadizo del puente Coatzacoalcos I. Fallaron 3 de las 5 vigas longitudinales que soportan el sistema de piso contiguo al apoyo Este, presentándose fracturas totales del alma y del patín inferior, quedando soportadas solamente por el patín superior.

De manera inmediata se suspendió el paso en el Puente en ese sentido, estableciendo un operativo para desviar el tránsito por el puente Coatzacoalcos II.

Después de una inspección a todo el sistema de piso, se percató de que 12 de las 40 vigas longitudinales presentaban grietas. Con daños que iban desde fisuras hasta la fractura total del patín inferior y en parte del alma. Todas las grietas se presentaban en la parte central de las vigas, en los puntos de momento máximo positivo.

Se procedió a dar inicio a los trabajos urgentes de reparación del sistema de piso consistentes en:

- Remoción de la parrilla metálica de rodamiento.
- Se soldaron atiesadores de carga en patín superior de vigas dañadas.
- Alineamiento de vigas con grúa de 60 toneladas.
- Aplicación de soldadura en grietas en alma y patín.
- Refuerzo de viga con placas de acero (4 veces el área original).
- Reposición de la parrilla metálica de rodamiento (Tipo Irving).

De acuerdo con el título de concesión, en el mes de noviembre de 2007, el Gobierno del Estado de Veracruz autorizó la contratación de un Dictamen Técnico de la seguridad estructural del puente Coatzacoalcos I, mismo que se encuentra en proceso.



Modificando el programa de actividades, de dicho dictamen, se le dio prioridad a la revisión estructural de la trabe levadiza metálica del puente. Dando como resultado las siguientes conclusiones parciales:

I.1 Sistema de Piso (Anexo A)

Las vigas longitudinales principales del sistema de piso resisten actualmente cargas que generan esfuerzos de flexión superiores a los 750 kg/cm^2 , cuando el esfuerzo máximo permisible por combinación de carga y fatiga tendría que ser menor a los 500 kg/cm^2 según las normas AASHTO, IMCA y AISC. Concluyendo que las fallas del sistema de piso se atribuyen a la fatiga del material, aunada a exceso de carga originado a que los elementos fueron dimensionados para cargas menores correspondientes a generaciones anteriores de camiones (HS20).

I.2 Armadura Principal (Anexo B)

La armadura principal ha sufrido previamente fracturas en elementos diagonales y verticales. Estas fracturas se presentaron en la totalidad de la sección transversal en elementos paralelos al plano donde transita el ferrocarril.

Un primer análisis estructural señala que los esfuerzos actuantes en esta armadura causados por cargas vehiculares y ferroviarias superan los esfuerzos permisibles por combinación de carga y fatiga ya que la estructura fue dimensionada para cargas menores correspondientes a generaciones anteriores de camiones y locomotoras.

Un puente debe tener un factor de seguridad mínimo de 2.5 es decir, debe ser capaz de soportar cargas dos veces y media más pesadas de las que pasarán por esa vía. Sin embargo, la trabe levadiza del puente Coatzacoalcos I fue diseñada hace 100 años para cargas menores que en esa época circulaban.

Por lo que, en caso de darse la coincidencia actual de que el flujo vehicular se componga de el cruce de convoy de camiones en ambos sentidos en el momento que cruza el tren, la estructura del puente podría colapsar. Esto aunado a la reducción de un 30% en la resistencia del acero debido a la fatiga estructural.

CAPÍTULO II
DICTAMEN
ESTRUCTURAL



II.1. CARGAS EN LAS ESTRUCTURAS.

Puente: Construcción destinada a posibilitar el tránsito de vehículos, peatones o cargas salvando un obstáculo.

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.

-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.

-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.

-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.

-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^2 dependiendo de la velocidad del viento, que actúa contra la superficie vertical expuesta del puente.

-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.

-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 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.

II.2 ELEMENTOS DEL PISO.

-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 la capacidad de carga.

-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.

-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.

-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.

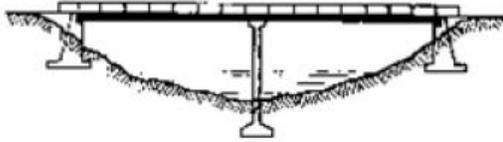
-Parapetos:

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.

II.3 ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA.

- **SUPERESTRUCTURA:** Permite soportar el tránsito.

-Trabes laminadas:

Las trabes laminadas se utilizan para claros cortos. Las trabes 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.

-Trabe Compuesta armada:

Este tipo de miembro estructural se utiliza para longitudes de claro intermedias que no requieran una armadura y sí necesiten un miembro mayor que una trabe laminada. Los elementos básicos de una trabe compuesta son el alma a la cual los patines son remachados o soldados en los extremos superior e inferior.

-Trabes de concreto:

Las trabes 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 forma únicamente compresión (y algo de cortante). Son generalmente de forma rectangular o T, con sus dimensiones de peralte mayores que su ancho.

-Armadura:

La armadura es de 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 trabes laminadas y las trabes 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 e inferior actúan como patines de las trabes y los miembros diagonales como el alma.

II.4 TIPOS DE CLAROS.

En términos de su condición de apoyo, hay tres tipos generales; libremente apoyados, continuos y en cantiliver.

-Libremente Apoyados:

Este es el más común. Consiste en 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).



-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.

-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.

-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 patín superior y cuando el piso es colado sobre la trabe, ésta y el piso trabajan como una unidad para resistir las cargas.

-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.

II.5 ELEMENTOS DE LA SUBESTRUCTURA.

-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.

-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.

- 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 los pilotes o en cimientos por ampliación e base de diseño abierto o cerrado.

-Pilas: Las pilas de Puente transmiten la carga de la superestructura al material de cimentación y proporcionan apoyos intermedios entre los estribos.

-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 típico son:



1. Pilotes de Acero H.
2. Madera.
3. Pilotes de Concreto (Colados en sitio o precolados).
4. Tubo relleno de concreto o Pilotes con cuerpo de Pared Delgada.

II.6 DIVERSOS.

- 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.

-Drenes:

Estos están situados a lo largo de la línea de guarnición y proporcionan el drenaje del piso.

-Bajadas de Desagüe:

Cuando no es conveniente permitir que el agua de los drenes caiga libremente, ésta se elimina con el uso de tubos.

II.7 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.

II.8 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 interrumpido. 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.

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 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.



El procedimiento de inspección, si se utiliza para establecer las prioridades de reparación, será cuidadoso de subrayar que 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.

| OBRA DE ARTE | | PARTIDO DE | | ZONA | |
|--|-----------|-----------------------------------|---------------------|------------------------|--------|
| CAMINO | | CRUCE / VÍA DE AGUA | | | |
| UBICACIÓN | | DESDE | FECHA DE INSPEC. | INSPECCIONADO POR | |
| Km | | | | | |
| TIPO ESTRUCTURAL | Nº TRAMOS | LUZ TOTAL [m] | LUCES PARCIALES [m] | | |
| SUPERESTRUCTURA | | | | | |
| ESTADO <small>B BUENO R REGULAR M MALO</small> | | | | | |
| CALZADA | | VIGAS | | APOYOS | |
| Ancho ___ m | | | | | |
| TABLERO | ESTADO | CAPA DE DESGASTE | ESTADO | LONGITUDINALES | ESTADO |
| | | | | CANTIDAD: ___ | |
| | | | | CADA TRAMO | |
| | | | | TRANSVERSALES | ESTADO |
| | | | | SEPARACION #VIGAS: | |
| | | | | L/___ | |
| HORMIGON | | HORMIGON | | Hº ARMADO | |
| LOSETAS - VIGUETAS | | ASFALTO | | Hº PRETENSADO | |
| HIERRO | | GRANTULLO | | HIERRO PN | |
| MADERA | | TIERRA | | MADERA | |
| OTRO: | | OTRO: | | OTRO: | |
| JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | | BARANDAS VEHICULARES Y PEATONALES | | GUARDA RUEDA | |
| ESTADO | | ESTADO | | ESTADO | |
| LONGITUDINALES | | VEHIC. Hº ARMADO | | Ancho: ___ m | |
| TRANSV EN TRAMOS | | VEHIC. METALICA | | Hº ARMADO | |
| TRANSV EN ACCESOS | | PEATONAL Hº Aº | | HIERRO | |
| OTRO: | | PEATONAL METAL | | MADERA | |
| | | | | OTRO: | |
| | | | | VEREDAS | |
| | | | | Ancho: ___ m | |
| | | | | Hº ARMADO | |
| | | | | HIERRO | |
| | | | | MADERA | |
| | | | | OTRO: | |
| | | | | DESAGÜES | |
| | | | | φ ___ cm | |
| | | | | Sep ___ m | |
| | | | | P.V.C. | |
| | | | | Hº GALVANIZADO | |
| | | | | SALENTE INFERIOR SI | |
| | | | | NO | |
| INFRAESTRUCTURA | | | | | |
| ESTADO <small>B BUENO R REGULAR M MALO</small> | | | | | |
| ESTRIBOS | | PILARES | | MUECOS DE VUELTA O ALA | |
| ESTADO | | ESTADO | | ESTADO | |
| MAMPOSTERIA | | MAMPOSTERIA | | MAMPOSTERIA | |
| Hº ARMADO | | Hº ARMADO | | Hº ARMADO | |
| HIERRO | | HIERRO | | HIERRO | |
| MADERA | | MADERA | | MADERA | |
| OTRO: | | OTRO: | | OTRO: | |
| | | | | PROTECCIÓN TALUDES | |
| | | | | PIEDRA | |
| | | | | LOSETAS PREFAB. | |
| | | | | Hº Aº " IN SITU " | |
| | | | | NINGUNO | |
| | | | | OTRO: | |
| | | | | LOSAS DE APROXIMACIÓN | |
| | | | | LARGO ___ m | |
| | | | | ANCHO ___ m | |
| INFORMACIÓN DE DETALLE | | | | | |
| SI NO NI ¿DÓNDE? NI: NO INSPECCIONADO | | | | | |
| ASENTAMIENTOS Y/O DEFORMACIONES EXCESIVAS | | | | | |
| GRIETAS Y/O FISURAS | | | | | |
| ARMADURA A LA VISTA | | | | | |
| TIPO DE FUNDACION DIRECTA (BASES-ZAPATAS) | | | | | |
| TIPO DE FUNDACION INDIRECTA (PILOTES-POZOS) | | | | | |
| SOCAVACIÓN EN FUNDACIONES | | | | | |
| EROSIÓN EN TERRAPLENES DE ACCESO | | | | | |
| REQUIERE LIMPIEZA DE CAUCE | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | |



NECESITA ACCIONES URGENTES?

SI NO

(EN CASO AFIRMATIVO, DEBERÁ NOTIFICARSE DE INMEDIATO A LA JEFATURA ZONAL Y COMUNICAR AL DPTO. OBRAS DE ARTE)

- CLAUSURA
- LIMITACIÓN DE CARGA
- APUNTALAMIENTO / REFUERZO
- SEÑALIZACIÓN
- OTRAS

TIPO DE TAREAS NECESARIAS PARA LLEVAR AL PUENTE A SU ESTADO ÓPTIMO:

- REEMPLAZO INMEDIATO
- REEMPLAZO A MEDIANO PLAZO
- ACTUALIZACIÓN
- REHABILITACIÓN (RECONSTRUCCIÓN PARCIAL O REFUERZOS)
- MANTENIMIENTO RUTINARIO
- INSPECCIÓN RUTINARIA
- NO PUEDE DETERMINARLO

TAREAS DE ACTUALIZACIÓN:

- INCREMENTO DE LA SECCIÓN HIDRÁULICA
- ENSANCHE DE CALZADA
- CONSTRUCCIÓN O ENSANCHE DE VEREDAS
- OTRAS

TAREAS DE REHABILITACIÓN (RECONSTRUCCIÓN PARCIAL O REFUERZOS) EN:

- SUPERESTRUCTURA
- ESTRIBOS
- PILARES
- DEFENSA CONTRA SOCACAVACIÓN
- OTRAS

TAREAS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO:

TAREA:

CANTIDAD O PORCENTAJE:

| | | | | |
|---|--------------------------|----------------|--------------------------|---|
| PINTURA DE BARANDA PEATONAL | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| PINTURA DE BARANDA VEHICULAR | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| COLOCACIÓN / REPARACIÓN / REEMPLAZO DE BARANDA PEATONAL | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| COLOCACIÓN / REPARACIÓN / REEMPLAZO DE BARANDA VEHICULAR | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| DESOBSTRUCCIÓN DE DESAGÜES | <input type="checkbox"/> | N° | <input type="checkbox"/> | % |
| COLOCACIÓN / PROLONGACIÓN DE DESAGÜES | <input type="checkbox"/> | N° | <input type="checkbox"/> | % |
| COLOCACIÓN / REEMPLAZO DE PERFIL EN JUNTAS | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| COLOCACIÓN / REEMPLAZO DE NEOPRENO EN JUNTAS | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| CONSTRUCCIÓN / REPARACIÓN DE JUNTAS DE ASFALTO MODIFICADO | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| LIMPIEZA DE CALZADA, CUNETAS Y/O VEREDAS | <input type="checkbox"/> | m ² | <input type="checkbox"/> | % |
| SELLADO DE FISURAS EN CARPETA ASFÁLTICA | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| FRESADO Y RECONSTRUCCIÓN DE CARPETA DE RODAMIENTO | <input type="checkbox"/> | m ² | <input type="checkbox"/> | % |
| SELLADO DE FISURAS EN HORMIGÓN | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| RECALCE DE LOSA DE ACCESO CON ARENA-CEMENTO | <input type="checkbox"/> | m ² | <input type="checkbox"/> | % |
| CONSTRUCCIÓN / REEMPLAZO DE LOSA DE ACCESO | <input type="checkbox"/> | m ² | <input type="checkbox"/> | % |
| CONSTRUCCIÓN / REEMPLAZO DE MUROS DE VUELTA | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| ARENADO DE ARMADURA EXPUESTA Y RECONSTRUCCIÓN DEL RECUBRIMIENTO | <input type="checkbox"/> | m ² | <input type="checkbox"/> | % |
| REEMPLAZO DE APOYOS DE NEOPRENO | <input type="checkbox"/> | N° | <input type="checkbox"/> | % |
| CONSTRUCCIÓN / REPARACIÓN DE CANALETA ESCALERA | <input type="checkbox"/> | m | <input type="checkbox"/> | % |
| CONSTRUCCIÓN / REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO DE TALUDES | <input type="checkbox"/> | m ² | <input type="checkbox"/> | % |
| CANALIZACIÓN / LIMPIEZA DE CAUCE | <input type="checkbox"/> | m ³ | <input type="checkbox"/> | % |
| RELLENO / RECONFORMACIÓN DE TALUDES EROSIONADOS | <input type="checkbox"/> | m ³ | <input type="checkbox"/> | % |
| OTRAS | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | % |
| | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | % |
| | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | % |

¿REQUIERE LA INSPECCIÓN DE UN ESPECIALISTA? (DEPTO OBRAS DE ARTE)

SI NO

A INFORMAR POR EL JEFE DE ZONA:

¿ESE DISTRITO ESTÁ EN CONDICIONES DE REALIZAR LAS TAREAS DE CONSERVACIÓN INDICADAS?

SI NO

EN CASO AFIRMATIVO, ESTIMARÍA UN PLAZO:

- INFERIOR A 1 AÑO
- 1 A 2 AÑOS
- MAYOR DE 2 AÑOS



| SUPERESTRUCTURA | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---------|--|---|--|-----------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------------|--|
| TABLERO | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>ESTADO</th> <th>BUENO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tareas de mantenimiento rutinario</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | ESTADO | BUENO | Tipo de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo | | Tareas de mantenimiento rutinario | | | | |
| | ESTADO | BUENO | | | | | | | | | |
| | Tipo de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo | | | | | | | | | | |
| Tareas de mantenimiento rutinario | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th>ESTADO</th> <th>REGULAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tareas de mantenimiento rutinario</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | ESTADO | REGULAR | Tipo de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo | | Tareas de mantenimiento rutinario | | | | | |
| ESTADO | REGULAR | | | | | | | | | | |
| Tipo de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo | | | | | | | | | | | |
| Tareas de mantenimiento rutinario | | | | | | | | | | | |
|  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>ESTADO</th> <th>MALO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Necesita acciones urgentes</td> <td>SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Limitación de carga</td> </tr> <tr> <td>Tipo de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo</td> <td>Rehabilitación</td> </tr> <tr> <td>Tareas de rehabilitación</td> <td>Superestructura</td> </tr> <tr> <td>Tareas de mantenimiento rutinario</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | ESTADO | MALO | Necesita acciones urgentes | SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Limitación de carga | Tipo de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo | Rehabilitación | Tareas de rehabilitación | Superestructura | Tareas de mantenimiento rutinario | |
| ESTADO | MALO | | | | | | | | | | |
| Necesita acciones urgentes | SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Limitación de carga | | | | | | | | | | |
| Tipo de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo | Rehabilitación | | | | | | | | | | |
| Tareas de rehabilitación | Superestructura | | | | | | | | | | |
| Tareas de mantenimiento rutinario | | | | | | | | | | | |

II.9 PISOS.

El deterioro de los pisos de puente ha sido el mayor problema individual en el mantenimiento de puentes por muchas décadas. 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.

-Pisos de concreto:

Escamado: El escamado se hace evidente por su 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.

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.

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.

Desconchado: El desconchado es la rotura en lajas de piezas de concreto, frecuentemente comienza en la parte superior del acero de refuerzo. Se considera que esto puede resultar de la oxidación del acero, o la dilatación del agregado inferior. 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.

Corrección. 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 camino 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.

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^3 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 cementos 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, Embecco. Este tiene características expansivas y tiene un buen historial aunque es muy costoso.

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.

-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 importante 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 si 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. 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 ésta 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.

Reposición. Una alternativa del recubrimiento del piso es la remoción y reconstrucción del piso completo. Un estudio de beneficio-costó 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-costó mencionadas.

Prevención. El desconchamiento 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 e 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.

Agrietamiento.

El desconchamiento de un piso de concreto es usualmente predicho 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 agrietamientos. Las grietas transversales generalmente se presentan sobre las varillas superiores. Las grietas longitudinales son comunes entre trabes cajón de concreto presforzado. Las grietas irregulares pueden ser causadas por deflexión, por carga, métodos de curado inapropiados, materiales defectuosos, movimientos de la cimentación y otros fenómenos afines.

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 estabilizado las grietas. Esto prevendrá el ataque del agua a las varillas, evitando de esta manera un posible desconchamiento.

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.

-Pisos Ortotrópicos

Soldadura. Un problema que se ha encontrado es la falla de 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.

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.

Aún 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.

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.

-Pisos de Rejilla de Acero.



Soldadura. Estos pisos están totalmente libres de mantenimiento. El problema más factible sería una falla de las soldaduras. 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 están sujetos a ellos.

Corrección. Las soldaduras y remaches deben ser inspeccionados y cualquier falla corregida por soldadura.

Prevención. La mejor prevención de la falla de 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.

II.10 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. 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 período 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 tablonés y bloques de madera se encuentran ocasionalmente en puentes antiguos con tránsito bajo.

-Superficies de Concreto.

Descamado. El descamado es la pérdida gradual y continua de mortero y agregado sobre una zona. Se clasifica como ligero (menos de 6.4 mm de profundidad), medio (6.4 a 12.7 mm de profundidad), fuerte (12.7 a 25.4 mm de profundidad). Generalmente es originado por un mezclado, colocación, acabado o curado inadecuados del concreto.

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), o una aplicación de una membrana de curado del concreto Tipo 1, que cumpla con los requisitos. Es preferible hacerlo como una medida de prevención antes que el descamado comience, pero es benéfico para detener una condición de descamado.

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.

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.

Desconchado: 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 de profundidad), grande (mas de 2.5 cm de profundidad) 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).

Corrección. Complementar el estudio del piso 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. Se deberá quitar una 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 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 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 colado.

-Arietamiento: 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:

Longitudinal: Grietas sensiblemente rectas que corren paralelas a la línea de centro de la carretera. Generalmente por contracción, asentamiento, deflexión de la superestructura, losas huecas, o corrosión del acero de refuerzo.

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.

Diagonales: Estas son grietas que corren formando un ángulo con la línea de centro de la carretera y pueden resultar del esviajamiento.



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".

Irregulares: Grietas tortuosas e irregulares que no tienen forma particular o dirección.

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 muestra 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.

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.

-Superficies Asfálticas.

Agrietamiento: El agrietamiento en las superficies de rodamiento asfáltico toma muchas formas. Algunas de las más comunes son definidas como:

- Piel de cocodrilo o agrietamiento en mapa. Estas son grietas interconectadas que forman series de pequeños bloques semejanado 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.
- 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.
- Grietas 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.
- 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.



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 el interior de la capa superficial sana.

El corte se hace cuadrado o rectangular con caras rectas y verticales. Se repara el piso. Aplique un riego de liga al piso expuesto y a las caras verticales. Resane con un asfalto en caliente mezclado en plata 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.

Llene 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.

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.

-Superficies de Madera

Pudrición: Los tablonces de madera tratado o sin tratar están sujetos a pudrición causada por la humedad que penetra alrededor de clavos, agujeros para pernos, muescas y cortes con sierra.

Desgaste Mecánico. Consiste en desgaste debido a la abrasión, acelerado por las materias extrañas y el escombros sobre la superficie o las llantas con picos.

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.

II.11 SISTEMAS DE DRENAJE DEL PISO.

La operación y 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.

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.



Embornales –Caída Libre y Entubados.

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.



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.

Prevención. Se debe hacer una inspección y limpieza frecuentemente 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.

Rejillas

Las rejillas de acero abiertas (pisos de rejilla de acero abiertas), generalmente proporcionan un buen drenaje del piso, pero pueden acumularse material extraños y elementos corrosivos sobre los miembros estructurales abajo del piso.

II.12 GUARNICIONES, BANQUETAS Y PARAPETOS.

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.

- Metálicas.

Problemas: 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). Pérdida de sección debida a la corrosión. Delineamiento y daño debidos a las colisiones de los vehículos. Pernos de anclaje.

Corrección. 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. 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. Las guarniciones desalineadas o dañadas deberán ser reparadas y devueltas a su diseño original. Las tuercas de los pernos de anclaje tienen tendencia a aflojarse debido a la vibración y al cambio de temperatura.

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.

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.

- Piedra.

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.

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.

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.

- Concreto. *Problema:* 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.



Corrección: 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.

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.

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.

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 restauradas, para que no puedan quedar atrapados materiales extraños entre las secciones de la guarnición.

- Asfalto

Problemas: Desalineado y daño causado por colisiones de vehículos. Pérdida de adherencia entre la guarnición y el piso.

Corrección: Las secciones de la guarnición que estén dañadas y presenten pérdida de adherencia se quitarán y remplazarán 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.

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 ni mayor de 149°C

- Madera.

Problemas: 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 corroídos 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.

Corrección: Las secciones de guarnición que hayan sufrido la pérdida de sección debido a pudrición, combadura, rajadura, etc., serán remplazadas con materiales nuevos. Los pernos de guarnición serán revisados periódicamente por tensión para asegurar una conexión estrecha entre la guarnición y el piso del puente.

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.

- Concreto.

Problemas: Deterioro debido al congelamiento-deshielo y a los descongelantes químicos. Corrosión del acero de refuerzo. Juntas de dilatación (sello, cobre placas, desconchamiento, desalineamientos). Drenaje.

Corrección: 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 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.

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 reemplazadas o reforzadas con nuevas varillas adicionales.

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.

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.

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 fuertemente reducida si se utiliza inclusión de aire.

Muchos materiales son útiles para prevenir la penetración de la humedad. Por ejemplo: concreto epóxico y aditivos de polímeros. Endurecedores de la superficie. Revestimiento superficial epóxico. 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.

- Placa de acero.

Problema: Corrosión. Conexiones y cartelas. Estado de la superficie y drenaje.

Corrección: Las banquetas de placa de acero, las conexiones y las cartelas deberán inspeccionarse regularmente para detectar corrosión y el estado de la pintura de la capa de protección. Cualquier componente de la banqueta que tenga pérdida de sección deberá ser reforzado o remplazado con materiales nuevos.

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.

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.

- Rejilla de acero.

Problema: Corrosión. Conexiones y cartelas, largueros. Estado de la superficie.



Corrección: 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. Eso proporciona también una oportunidad de inspeccionar correctamente las ménsulas de apoyo, los largueros y las conexiones.

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.

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 estirando la superficie donde sea posible.

Prevención: se recomienda un baño de galvanizado en caliente para las rejillas de acero y sujetadores.

- Concreto Asfáltico.

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.

Corrección: El concreto asfáltico que haya perdido la adherencia con el material sobre el cual está colocado, requerirá ser remplacado 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.

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.

- Madera.

Problema: Pudrición en el piso, largueros de apoyo y durmientes. El estado de la superficie (combaduras, grietas grandes, aflojamiento del piso y clavos que sobresalen).



Corrección: La pudrición de banquetas de madera siempre se desarrollarán 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.

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 cambiado y no pueda volver a fijarse hacia abajo con seguridad a los largueros, deberá quitarse y remplazarse con material nuevos. No se tolerarán agujeros de nudos y un espaciamiento 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 escarchen.

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 premoldeado que proporcionen una superficie muy durable. Las planchas asfálticas están disponibles con un material de revestimiento mineral que proporciona una superficie no resbaladiza.

-Parapeto.

Una guía equivalente a una barrera, construída 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.

- Concreto.

Problemas: Daños por colisión. Deterioro. Agrietamiento y desconchado en las conexiones metálicas del parapeto. Corrosión de conductos expuestos en juntas de dilatación. Detalles o proyecto original inadecuado.

Corrección: Los parapetos 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 un 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.

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 barandales dañados por colisión.



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 deterioros. 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.

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.

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 de superficies 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.

- Acero.

Problemas: Daños por colisión. Pernos de anclaje y conexiones. Corrosión. Detalles o proyecto original inadecuados.

Corrección: los parapetos dañados por colisión deberán ser reparados o reemplazados tan pronto como sea posible para garantizar la seguridad del tránsito vehicular y de peatones. Los pernos de anclaje y conexiones deben ser inspeccionados y checados en cuanto a tuercas flojas, corrosión, etc.

Las manchas de herrumbre alrededor del perímetro de los postes y pernos de anclaje en los parapetos de acero embebidos en concreto, generalmente indican la existencia de corrosión. Las áreas corroídas deberán ser totalmente limpiadas y pintadas. Los componentes del parapeto que tengan pérdidas de sección serán reparados o reemplazados

Prevención: El parapeto de acero debe ser protegido contra la corrosión para prevenir pérdida de sección. Es recomendable un baño de galvanizado en caliente para parapeto nuevo, reposición o existente.

Puede utilizarse también pintura rica en zinc. La pintura del parapeto requerirá un mantenimiento frecuente cuando se encuentre localizado en ambiente marino o industrial. Deberá tenerse cuidado de retocar el recubrimiento de protección después de apretar las tuercas de los pernos de anclaje y otras conexiones de la bardilla.



- Aluminio.

Problema: Daños por colisión. Pernos de anclaje y conexión. Oxidación. Detalles o proyecto original inadecuados.

Corrección: El parapeto de aluminio dañado por colisión deberá ser reparado o remplazado rápidamente para restituir el parapeto a su resistencia de proyecto original. Se prefieren las secciones nuevas del parapeto debido a la falta de personal experimentado en el enderezado o soldado de aluminio. Deberá considerarse el remplazo con parapeto de concreto sin huecos.

Los pernos de anclaje y las conexiones se inspeccionarán y conservarán de la misma manera que los parapetos de acero. Se requiere protección contra la oxidación en la superficies de contacto entre los componentes del parapeto de aluminio y los materiales diferentes a los cuales se fija el parapeto.

Prevención: se deberá tener cuidado en reparar o remplazar el parapeto de aluminio. La protección contra la oxidación en las superficies de contacto requerirá atención especial. Las superficies de contacto de acero a aluminio serán calafateadas con una mezcla elástica, sin tintura, de aceite repelente al agua, fibra de asbesto laminillas de metal de aluminio u otro material conveniente. La superficie de la base de contacto de cada poste del parapeto de aluminio fijada al concreto se separará del concreto con un material de empaque no reactivo, tal como un fieltro de asfalto saturado, no perforado, de 30 libras; placa de acero galvanizado o pintado; o un compuesto de calafeteo elastomérico.

- Tubo y Tubular.

Problema: Normalmente los mismos problemas y correcciones del parapeto de acero serán aplicables también al parapeto de tubo de acero. El parapeto de tubo que no está protegido por un baño de galvanizado en caliente, deberá ser inspeccionados cuidadosamente para detectar su deterioro. Las superficies interiores de los tubos son vulnerables a la corrosión y la pérdida de sección es difícil de detectar.

Prevención: Para prevenir el daño por corrosión, todos los parapetos tubulares y de tubo de acero serán galvanizados. El galvanizado se hará después de fabricado el barandal y cumplirá con AASHTO M 111.

- Cable.

Problema: Daños por colisión. Corrosión. Conexiones y anclajes del Cable.

Corrección: Los parapetos de cable son fácilmente dañados por los vehículos y están considerados como inadecuados por las normas de seguridad actuales. Las secciones dañadas serán reparadas rápidamente para restaurar la integridad original del parapeto, pero deberá considerarse su remplazo con un parapeto que cumpla con las especificaciones corrientes.

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 pueden 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.

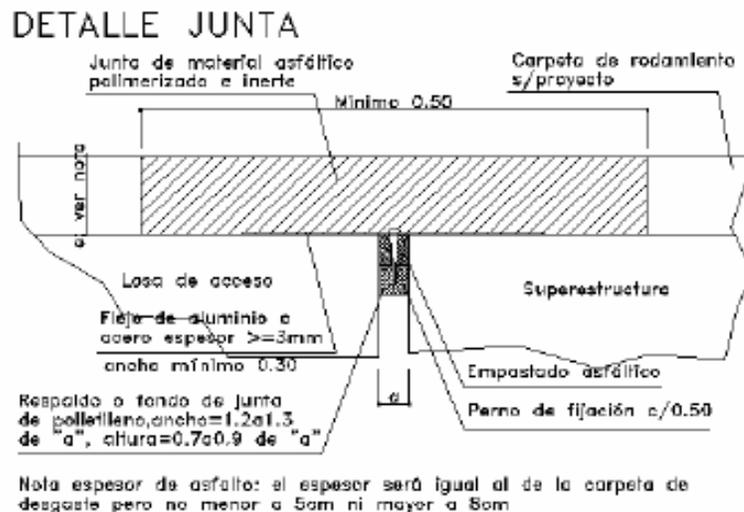


Los parapetos de cable deberán ser tensados convenientemente para prevenir que el cable se afloje y permita que se combe cuando lo golpeen los vehículos. La tensión adecuada es difícil de mantener debido a la contracción y alargamiento causados por el cambio de temperatura. Las anclas de los cables deberán diseñarse para que proporcionen el ajuste de la tensión del cable.

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.

II.13 SISTEMAS DE JUNTA DE PUENTE

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 debajo de la superficie del camino.

Aún en aquellos estados donde no se utilizan químicos, pero que tienen ciclos de congelamiento-deshielo, 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.



-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 dentadas: Las juntas dentadas se han instalado utilizando diversos modelos y plantillas. 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 debajo 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.

Problemas:

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 la 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 asociados 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 y en casos extremos, causa que éstos se levanten.

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.

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. Las barras salientes de dilatación pueden fracturarse y desprenderse en las soldaduras, representando un peligro a 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.

Saliente Cerradas: El movimiento excesivo de las unidades de la subestructura puede reducir el espaciado 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 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 o en una junta de dilatación adyacente.

Corrección: 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.

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 lavado con chorro de agua.

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.

Si los salientes de dilatación 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 y utilizando cuñas bajo los apoyos, nivelar hacia arriba los tramos. Las barras salientes rotas y desprendidas en las soldaduras, pueden ser colocadas nuevamente en su posición y vueltas a soldar.

Otros: En muchos puentes se utilizan juntas de dilatación abiertas consistentes en bordes de concreto o concreto blindado entre los tramos de piso adyacentes. 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.

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. El segundo término, sin algún tipo de material para rellenar la abertura, las rocas y otras materias extrañas que ocasionalmente llegaran a estar acuñaadas en la abertura impedirían la operación apropiada de la junta en la época de calor. 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.

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 recolocación en su posición de la superestructura y el sellado de la junta, para prevenir su repetición.

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.

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 acuñaarse 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.

-Juntas cerradas.

Las juntas 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.

- Placas deslizantes.

Uno de los tipos más comunes de dispositivos de dilatación en uso es la placa deslizante. 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 deslizarse a través de un ángulo anclado en la cara opuesta de la abertura.

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 piso 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 debajo 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 proporcionará 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.

Un corrimiento excesivo de los caballetes de la subestructura, o de los estribos, o de los accesos, puede resultar en el cierre de la junta de dilatación. Si se cierra el dispositivo de placa de dilatación, es probable que se rompa y se desprenda de sus anclajes y rompa o triture el piso de concreto y las guarniciones 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.

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 reemplazado utilizando un material de resane del piso.

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 detenida o vuelta a su condición original, cualquier 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 seguida 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 reemplazada (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).

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 proporciones 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 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 están en contacto con el agua que pasa a través de la junta, minimizará un deterioro posterior.

- 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.

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 actualmente 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. 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 esviajamiento 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 táqueles de neopreno que recubren los pernos de anclaje frecuentemente se desprenden bajo el tránsito, permitiendo a los contaminantes corroer los pernos y tuercas que se 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.

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.

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.

-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 junta y el sellador para formar un sistema impermeable.

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.

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 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 brotado 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 de la guarnición, se causará un daño considerable a los elementos de la subestructura y a los dispositivos de apoyo.

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.

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. 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.

-Selladores.

Expansión-Sellos de Tira: Los selladores de junta de dilatación consisten de materiales numerosos, ya sea colado 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 de depolivinil, todos han sido probados con éxito variado.

Problemas. Los selladores de junta de este tipo tienen varios problemas en común. Los periodos 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. La arenilla del camino, las materias extrañas y el agua encuentran entonces su camino dentro de la abertura de la junta.

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 se colocan en 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.



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 u el resellado adecuados de la junta 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.

II.14 SISTEMAS DE SUPERESTRUCTURA.

Las superestructuras de un puente en este país generalmente son de metal, concreto o madera. 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 arrojamiento de las cabezas superiores. Los puentes de concreto son comúnmente losas, traveses o arcos. Generalmente, estos puentes pudieran ser estructuras de tablero superior.

-Acero

Trabe laminada, trabe, arco plano, trabe de paso a través.

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 cambian de ancho o de espesor se consideran también en áreas problema de fractura. Estas zonas deben ser observadas muy de cerca medida que una muy pequeña grieta pueda desarrollarse rápidamente en una falla.

Las traveses laminadas y los puentes de losa nervurada son frecuentemente utilizados para los pasos superiores. Esto representa que ellos están 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 el agua que arrastre escombros durante la época creciente.

El patín superior, los atieadores 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.

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.

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 atieador 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 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.

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 traveses 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 traveses 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 traveses, sin analizar las condiciones de esfuerzo en la trabe.

-Armaduras.

Problemas. Las armaduras, debido a las numerosas cavidades originadas por ensamblado y las conexiones de varios miembros, son especialmente susceptibles 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 lleguen a estar sobre-esforzados.

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 por carretera.

Corrección. Los miembros dañados por el óxido o la corrosión, al grado de que están sobre-esforzados, necesitarán ser reparados con soldadura o por placas de reforzamiento apernadas 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.

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.

-Arcos de acero.

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 ensamblados o en cartabones de viento podrían originar un esfuerzo inesperado en la estructura.

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 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.

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.

-Concreto.

Losa, Trabe Cajón, Trabe T, Larguero, Vigas Precoladas, Vigas Presforzadas.

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. 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 puente completamente.

La descarga no controlada de los drenes del piso puede dañar las trabes 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.

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 desadhiera (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 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 reemplazado 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 pueden ser generalmente reparadas en el lugar utilizando una inyección epóxica. Si la reparación de la trabe existente no es posible, queda solamente una alternativa, reemplazar la trabe dañada.

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.



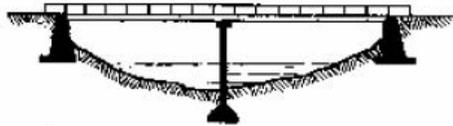
Debido a que la corrosión está asociada con la penetración del cloruro y el agua al acero, se considera actualmente que una membrana impermeable es una prevención satisfactoria en muchas áreas. Una membrana impermeable en un piso de traveses cajón podría prevenir que el agua y los cloruros pasaran a través de 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 galibo 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 traveses podría minimizar el deterioro del concreto y un posible daño por corrosión del acero de refuerzo debido a los drenes del piso.

II.15 SISTEMAS DE SUBESTRUCTURA.

La subestructura ó infraestructura 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.



- **INFRAESTRUCTURA:** Sostiene la superestructura.

F

Funcionalmente, las subestructuras pueden ser clasificadas como estribos o pilas. Los cimientos, pilotes, columnas, muros, pedestales, 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 rectos y los estribos de altura total. Los primeros se asientan cerca de la parte superior de un talud y son generalmente menores de 3.05 m de altura total, están, por supuesto, asentados cerca del pie del talud.



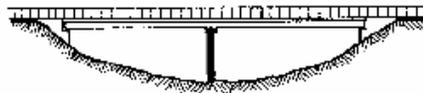
- **ESTRIBO:** Estructura ubicada en cada extremo de un puente. Sostiene parte de la superestructura. Puede ser **cerrado** (actúa además como contención frontal del terraplén) o **abierto** (deja caer el terraplén con su talud natural; requiere protección de taludes)



-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.

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.



• **PILAS O PILARES:** Elementos estructurales ubicados entre los estribos, que junto con estos sostienen la superestructura.

Problema. 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.

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 6.0 cm arriba y abajo del área severamente deteriorada. Esto se realiza revistiendo el pilote con tubo galvanizado corrugado y rellenando 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 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 reemplazado. Deberá cortarse lo suficiente de manera que se proporcione un mínimo de 5.0 cm 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 cimientto debe rellenarse con material seleccionado. El material de relleno debe colocarse otra vez bajo el cimientto, 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 acero, pero no se cuenta con un taller para efectuar la reparación por medio de incremento de la sección, entonces un tipo de reparación podría ser el siguiente:

-Cortar la parte deteriorada de los pilotes desde el apoyo del cimientto hasta la parte sana del pilote.

-Colar concreto nuevo desde el apoyo del cimientto hasta 15 cm abajo del nuevo remate de la elevación del pilote, empleando el concreto de Clase 1.

-Para la terminación superior de este nuevo concreto, mantener una carga hidrostática en el concreto nuevo en la superficie de contacto entre el concreto fresco y el cimientto viejo. También, hacer 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.

-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.

-Rellenar el hueco.

Si los pilotes deteriorados fueran de acero, y en un número no 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, rellenar el hueco. Puede tolerarse una pérdida mínima de sección en el pilote con el cimientto, 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 cimientto, soldar placas formando un ángulo con una rama contra los cimienttos 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 cimientto, y protegerse de una exposición posterior a la erosión.

Prevención. El daño de los pilotes y del cajón puede prevenirse evitando la pérdida de la tierra de recubrimiento alrededor de ellos.

-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

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:

-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.

-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.

Corrección. 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. Cincelar contra el concreto deteriorado hasta que se alcance el concreto sano. Limpiar hacia afuera todo el material flojo con chorro de aire u otros medios.

Si es necesario instalar para reforzar anclas de varilla y varillas, ellas se taladrarán e instalarán lo más pronto posible. Construir moldes para restaurar el cimiento y las dimensiones, tanto como sea posible a su forma original.

Si se pretende emplear compuestos patentados o pastas de cemento puro para adherencia, esto se aplicará previamente al colado del concreto nuevo dentro de los moldes. Mezclar y colar el concreto nuevo empleando una mezcla concentrada, con bajo revenimiento. Vibre totalmente el concreto nuevo para asegurar una colada compacta y buena adherencia. Después de que el concreto nuevo se ha curado por lo menos 3 días, quitar los moldes y la ataguía y restaurar el cauce del río a su curso normal.



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.

En caso de cimientos fracturados, 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 del hielo). Es importante apuntalar o restaurar la pérdida de apoyo, antes de reparar la grieta.

Se ha tenido un 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 ejecutada. Además, si existe concreto deteriorado adyacente a la grieta, a un adhesivo adecuado pudiera probablemente no desarrollar la capacidad del rellenedor para transferir esfuerzo, en él a medida que el concreto contiguo al rellenedor pudiera fallar. Este método aún 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.

-Estribos y Pilas de Concreto.

Problemas. Los problemas de reparación que se presentan usualmente en las pilas y estribos de concreto son:

-Asentamiento o Movimiento.

-Agrietamiento Vertical originado por el asentamiento diferencial.

-Deterioro superficial.

-Deterioro en el nivel del agua.

-Desconchamiento bajo los apoyos debido a la presión del pavimento.

-Muro de contención con Socavación.

-Putrefacción de apoyos (madera).

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:

-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, deben 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.



-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 la corrección del asentamiento y la reparación de la grieta deberá continuarse con:

-La remoción y remplazo del diafragma si este se ha movido de manera que los miembros estructurales.

-Gatear la superestructura para devolverla a su elevación adecuada por medio del colado de bancos de concreto en los asentamientos del puente o calzado con acero. Es importante que el gateo, se dé una consideración cuidadosa a los esfuerzos adicionales sobre los miembros estructurales originados por éste. Se debe consultar a los ingenieros Estructurales antes de iniciar esta operación.

El *Deterioro superficial* 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.

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 desperdiciar el cemento y requiere de mucho mayor habilidad para obtener un buen producto.

Cuando 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 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 el plano de fracturamiento en la superficie entre el concreto viejo y el concreto nuevo. El óxido de los materiales nocivos deben ser eliminados del acero del refuerzo.

El *deterioro en el nivel del agua* 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 debajo de la superficie 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.

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 del 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^2 . 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 del agua también puede prevenirse protegiendo el concreto con una placa de concreto.

Esta placa debe tener el espesor suficiente y estar fijada de tal manera que sea capaz de proteger el tipo de escombro que se espera pudiera presentarse. En vías fluviales navegables, en donde los barcos pudieran tener contacto con las pilas o los estribos, será necesario instalar defensas adecuadas para protegerlas de cualquier daño mecánico.

-Estribos y Pilas de Mampostería de Piedra.



Problemas. Las subestructuras de mampostería están sujetas a los mismos problemas que se presentan en el concreto, pero diferente grado. La roca 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. Normalmente el mortero tiene menos resistencia a la tensión que el concreto, por consiguiente, un asentamiento diferencial es particularmente crítico.

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.

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.

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.

-Estribos de tablaestacado (Mamparas).

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.

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 del tablaestacado antigua y la nueva. Cualquier material de apoyo deteriorado, colocado atrás del tablaestacado debe eliminarse y remplazarse.

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.

-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.

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 periodo relativamente corto en el que ha sido utilizado. Si este sistema fuera diseñado adecuadamente, estaría 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.

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 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.

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.

-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.

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 reemplazado 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 hacia 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 originaría 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.

II. 16 DEFINICIÓN DE CARGAS PUENTE COATZACOALCOS I.

II.16.1 Carga vehicular: El puente Coatzacoalcos I lo clasificamos como un puente de una carretera principal, partiendo de esto y en acuerdo a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Instituto Mexicano del Transporte, donde se hace un estudio para determinar un tipo de vehículo que arroje los mayores elementos mecánicos se determina que estos elementos son originados por vehículos tipo T3-S3 y T3-S2-R4.

II.16.2 Carga de ferrocarril: Se contempla la utilización de la carga de ferrocarril tipo Cooper E80. Por el puente cruzan góndolas de hasta 52 pies de largo (15.86 mts) que se usan para el transporte de mercancías a granel que no requieran resguardarse de la intemperie como, chatarra, durmientes, etc., y cuyo límite de carga es de 88,450 kg.

Es necesario sustituir los elementos actuales de la armadura principal, así como los de sistema de piso por miembros que cumplan con la seguridad para soportar los nuevos espectros de diseño, ya que los actuales sufren de alto grado de corrosión y en muchos de los casos es casi imposible soldar placas de refuerzo. Todo esto además de la reducción de la capacidad estructural debida a la fatiga ocasionada por la aplicación de cargas cíclicas a lo largo de 100 años de vida útil.

CAPÍTULO III
PROGRAMA
DE
MANTENIMIENTO



III.1 Programa para la sustitución del sistema de piso y la armadura del tramo levadizo del puente Coatzacoalcos I

| No. | DESCRIPCION | SEMANA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| | SISTEMA DE PISO | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | REPARACIONES EMERGENTES | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | SUSTITUCION DE SISTEMA DE PISO | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | PROTECCION ANTICORROSIVA | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | SUPERFICIE DE RODAMIENTO PARRILLA METALICA | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | FABRICACION DE ANDAMIOS DE INSPECCION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ARMADURA LEVADIZA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | MANIOBRAS DE DESMONTAJES Y MANIOBRAS MARITIMAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | |
| 7 | FABROCAON DE ARMADURA LEVADIZA | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| 8 | PROTECCION ANTICORROSIVA | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| 9 | MANIOBRAS DE DESMONTAJES Y MANIOBRAS MARITIMAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | |
| 10 | REHABILITACION DE PAVIMENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | |
| 11 | ELECTRIFICACION, PROTECCION CATODICA ALUMBRADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ |
| 12 | INSPECCION Y PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

CAPÍTULO IV

PRESUPUESTO



**IV.1. PRESUPUESTO PARA LA SUSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE PISO DEL TRAMO LEVADIZO
DEL PUENTE COATZACOALCOS I.**

| No. | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.U. | IMPORTE EN \$ |
|-----|--|--------|----------|------------|---------------|
| 1 | REPARACIONES EMERGENTES | LOTE | 1.00 | 5,000,000 | 5,000,000.00 |
| 2 | SUSTITUCION DE SISTEMA DE PISO | LOTE | 1.00 | 10,000,000 | 10,000,000.00 |
| 3 | PROTECCIÓN ANTICORROSIVA | LOTE | 1.00 | 2,000,000 | 2,000,000.00 |
| 4 | SUPERFICIE DE RODAMIENTO PARRILLA METÁLICA | LOTE | 1.00 | 3,000,000 | 3,000,000.00 |
| 5 | FABRICACIÓN DE ANDAMIOS DE INSPECCIÓN | LOTE | 1.00 | 1,000,000 | 1,000,000.00 |
| 6 | INSPECCIÓN Y PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS | LOTE | 1.00 | 1,000,000 | 1,000,000.00 |

| | |
|----------------------|---------------|
| TOTAL | 22,000,000.00 |
| IVA | 3,300,000.00 |
| IMPORTE TOTAL | 25,300,000.00 |



IV.2. PRESUPUESTO PARA LA SUSTITUCIÓN DE LA ARMADURA METÁLICA LEVADIZA
DEL PUENTE COATZACOALCOS I.

| No. | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.U. | IMPORTE EN \$ |
|-----|--|--------|----------|------------|---------------|
| 1 | MANIOBRAS DE DESMONTAJES Y MANIOBRAS MARITIMAS | LOTE | 1.00 | 12,000,000 | 12,000,000.00 |
| 2 | FABRICACIÓN DE ARMADURA LEVADIZA | LOTE | 1.00 | 22,000,000 | 22,000,000.00 |
| 3 | PROTECCIÓN ANTICORROSIVA | LOTE | 1.00 | 6,000,000 | 6,000,000.00 |
| 4 | MANIOBAS DE MONTAJES Y MANIORAS MARITIMAS | LOTE | 1.00 | 12,000,000 | 12,000,000.00 |
| 5 | REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS | LOTE | 1.00 | 4,000,000 | 4,000,000.00 |
| 6 | ELECRIFICACIÓN, PROTECCIÓN CATÓDICA DE ALUMBRADO | LOTE | 1.00 | 15,000,000 | 15,000,000.00 |
| 7 | INSPECCIÓN Y PRUEBAS | LOTE | 1.00 | 3,000,000 | 3,000,000.00 |

| | |
|----------------------|---------------|
| TOTAL | 74,000,000.00 |
| IVA | 11,100,000.00 |
| IMPORTE TOTAL | 85,100,000.00 |



**PRESUPUESTO PARA LA SUSTITUCION DE LA ARMADURA METALICA LEVADIZA
DEL PUENTE COATZACOALCOS I.**

| No. | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.U. | IMPORTE EN \$ |
|-----|---|--------|-----------|-----------|---------------|
| 1 | DESMONTAJE DE SISTEMA DE PISO | LOTE | 1.00 | 2,500,000 | 2,500,000.00 |
| 2 | DESMONTAJE DE ARMADURA LEVADIZA | KG | 250000.00 | 25 | 6,250,000.00 |
| 3 | MANIOBRA MARITIMA DE DESMONTAJE | LOTE | 1.00 | 4,000,000 | 4,000,000.00 |
| 4 | FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE ARMADURA LEVADIZA | KG | 250000.00 | 50 | 12,500,000.00 |
| 5 | FABRICACIÓN DE CONEXIONES DE ACERO | KG | 30000.00 | 80 | 2,400,000.00 |
| 6 | ARMADO Y HABILITADO DE ARMADURA EN TIERRA | KG | 280000.00 | 20 | 5,600,000.00 |
| 7 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TORNILLERÍA | LOTE | 1.00 | 500,000 | 500,000.00 |
| 8 | SAND BLAST METAL BLANCO | M2 | 7000.00 | 240 | 1,680,000.00 |
| 9 | ESMALTE PRIMARIO AMERLOCK | M2 | 7000.00 | 180 | 1,260,000.00 |
| 10 | ESMALTE ENLACE AMER 400 | M2 | 7000.00 | 170 | 1,190,000.00 |
| 11 | ESMALTE ACABADO AMERSHIELD | M2 | 7000.00 | 200 | 1,400,000.00 |
| 12 | MANIOBRA MARITIMA DE MONTAJE | LOTE | 1.00 | 4,000,000 | 4,000,000.00 |



**PRESUPUESTO PARA LA SUSTITUCION DE LA ARMADURA METALICA LEVADIZA
DEL PUENTE COATZACOALCOS I.**

| No. | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.U. | IMPORTE EN \$ |
|------------|--|---------------|-----------------|-------------|----------------------|
| 13 | MONTAJE DE ARMADURA LEVADIZA | KG | 240000.00 | 25 | 6,000,000.00 |
| 14 | MONTAJE DE SISTEMA DE PISO | LOTE | 1.00 | 2,500,000 | 2,500,000.00 |
| 15 | DESMONTAJES Y RABAJOS EN TORRES DE IZAJE | LOTE | 1.00 | 2,000,000 | 2,000,000.00 |
| 16 | SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA | LOTE | 1.00 | 5,000,000 | 5,000,000.00 |
| 17 | INSTALACIÓN ELÉCTRICA MEDIA Y BAJA TENSIÓN | LOTE | 1.00 | 5,000,000 | 5,000,000.00 |
| 18 | SISTEMA DE ALUMBRADO | LOTE | 1.00 | 3,000,000 | 3,000,000.00 |
| 19 | REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO | LOTE | 1.00 | 4,800,000 | 4,800,000.00 |
| 20 | INSPECCIÓN Y PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS | LOTE | 1.00 | 2,000,000 | 2,000,000.00 |
| 21 | SEÑALIZACIÓN Y OPERATIVO VIAL | LOTE | 1.00 | 300,000 | 300,000.00 |

| | |
|----------------------|---------------|
| TOTAL | 73,880,000.00 |
| IVA | 11,082,000.00 |
| IMPORTE TOTAL | 84,962,000.00 |



**PRESUPUESTO PARA LA SUSTITUCIÓN DE LA ARMADURA METÁLICA LEVADIZA
DEL PUENTE COATZACOALCOS I.**

| No. | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.U. | IMPORTE EN \$ |
|------------|--|---------------|-----------------|--------------|----------------------|
| 1 | REPARACIONES EMERGENTES | LOTE | 1.00 | 5,000,000.00 | 5,000,000.00 |
| 2 | DESMONTAJE Y ACARREO DE SISTEMA DE PISO | KG | 150000.00 | 17.00 | 2,550,000.00 |
| 3 | FABRICACION DE ELEMENTOS DE ACERO | LOTE | 80000.00 | 50.00 | 4,000,000.00 |
| 4 | ACERO EN CONEXIONES | KG | 6000.00 | 80.00 | 480,000.00 |
| 5 | ACARREO Y MONTAJE DE ELEMENTOS DE ACERO | KG | 80000.00 | 30.00 | 2,400,000.00 |
| 6 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TORNILLERIA | KG | 1.00 | 450,000.00 | 450,000.00 |
| 7 | SAND BLAST METAL BLANCO | LOTE | 2300.00 | 240.00 | 552,000.00 |
| 8 | ESMALTE PRIMARIO AMERLOCK | M2 | 2300.00 | 180.00 | 414,000.00 |
| 9 | ESMALTE ENLACE AMER 400 | M2 | 2300.00 | 170.00 | 391,000.00 |
| 10 | ESMALTE ACABADO AMERSHIELD | M2 | 2300.00 | 200.00 | 460,000.00 |
| 11 | SUMINISTRO PARRILLA IRVING 2.5" GALV FABRICACION ESP | M2 | 475.00 | 6,000.00 | 2,850,000.00 |
| 12 | DESMONTAJE Y SUSTITUCION DE CONTAVIENTOS | LOTE | 2000.00 | 50.00 | 100,000.00 |
| 13 | FABRICACION DE ANDAMIOS DE INSPECCION | KG | 4.00 | 215,000.00 | 860,000.00 |
| 14 | INSPECCION Y PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS | LOTE | 1.00 | 1,000,000.00 | 1,000,000.00 |
| 15 | SEÑALIZACIÓN Y OPERATIVO VIAL | LOTE | 1.00 | 150,000.00 | 150,000.00 |

| | |
|----------------------|---------------|
| TOTAL | 21,657,000.00 |
| IVA | 3,248,550.00 |
| IMPORTE TOTAL | 24,905,550.00 |

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES



PRIMERA. La presentación del Dictamen Técnico de Seguridad Estructural del Puente Coatzacoalcos I nos ayuda a mantener una conducta positiva a la revisión de obras civiles para a su vez crear un programa de mantenimiento e inclusive la elaboración de un nuevo proyecto. Si bien, este trabajo contiene recomendaciones técnicas para la solución de problemas que se presentan en estructuras de cualquier tipo de material, ya sea concreto, madera, roca, etc. relacionada con los puentes.

SEGUNDA. El gobierno del estado de Veracruz autorizó la contratación de un dictamen técnico de seguridad estructural del puente Coatzacoalcos I y se concluye que la resistencia del acero ha sufrido una reducción del 30%, por lo tanto es necesario integrar un programa de mantenimiento.

TERCERA. Se concluye que los elementos estructurales de acero del puente Coatzacoalcos I están fallando por fatiga, siendo necesario y urgente hacer la sustitución de la trabe levadiza del puente Coatzacoalcos I, incluyendo el sistema de piso del mismo, toda vez que transitan 22,000 vehículos diariamente en promedio, siendo el único paso de ferrocarril del sur del golfo de México hacia el sureste.

CUARTA. Referente al manual de inspección que se presenta no se requiere la inspección de un especialista, siempre y cuando se necesiten tareas de reemplazo, actualización ó rehabilitación, o cuando existan dudas sobre la estabilidad de la obra civil, que no puedan ser resueltas en la inspección rutinaria.

QUINTA. Se sustituirá la totalidad del sistema de piso, incluyendo las vigas que se fracturaron el pasado 13 de diciembre y que fueron reparadas de manera emergente. Los nuevos elementos serán de mayor capacidad de carga que los actuales. El procedimiento constructivo permitirá que cuando sea necesario sustituir toda la armadura levadiza, el nuevo sistema de piso pueda ser instalado en la nueva armadura levadiza.

SEXTA. El nuevo sistema de piso garantizará la seguridad de manera local en la superficie de rodamiento del puente. De manera paralela se inspecciona y revisan otros aspectos estructurales del puente como cimentación, elementos de concreto, ataque de químicos, corrosión, protección catódica, etc.



BIBLIOGRAFIA

- φ **Manual para Inspección y Conservación de Puentes Tomo I.**
Dirección General de Servicios Técnicos
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

- φ **Manual para Inspecciones Rutinarias de Puentes y Alcantarillas en Servicio.**
Gobierno de la Provincia de Buenos Aires
Dirección de Vialidad

- φ **Bridge Inspection Maintenance, and Repair**
Departments of the army and the air force



BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- φ **Manual para Inspección y Conservación de Puentes Tomo I.**
Dirección General de Servicios Técnicos
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

- φ **Manual para Inspecciones Rutinarias de Puentes y Alcantarillas en Servicio.**
Gobierno de la Provincia de Buenos Aires
Dirección de Vialidad

- φ **Bridge Inspection Maintenance, and Repair**
Departments of the army and the air force