

# SCT

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES



## MANUAL PARA INSPECCIÓN DE PUENTES 2018



# Manual para Inspección de Puentes

**Dirección General de Servicios  
Técnicos**

**México, Ciudad de México 2018**



**Lic. Gerardo Ruiz Esparza**

Secretario

**Mtro. Óscar Raúl Callejo Silva**

Subsecretario de Infraestructura

**Ing. Jesús Felipe Verdugo López**

Director General de Servicios Técnicos

**Secretaria de Comunicaciones y Trasportes**

**Subsecretaria de Infraestructura**

**Dirección General de Servicios Técnicos**

Av. Coyoacán No. 1895  
Col. Acacias  
Alcaldía Benito Juárez  
03240 Ciudad de México.

Derechos Reservados  
Prohibida su reproducción total o parcial

Primera Edición



# Manual para Inspección de Puentes

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. <u>INTRODUCCIÓN.</u></b>	
1.1 Presentación.	3
1.2 Objetivos.	4
1.3 Alcance.	4
<b>2. <u>ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LA INSPECCIÓN DE PUENTES EN MÉXICO.</u></b>	
2.1 Breve historia de los puentes en México.	7
2.2 Definición de inspección.	16
2.3 Antecedentes de la inspección de puentes.	16
2.3.1 Problemas que se presentan en los puentes y sus posibles causas.	20
2.3.2 Problemática general de las inspecciones.	24
2.4 Responsables de la Inspección de Puentes.	25
2.4.1 Puentes federales.	25
2.4.2 Puentes estatales.	26
2.4.3 Puentes municipales.	26
2.4.4 Puentes concesionados.	26
2.4.5 Proyectos de prestación de servicios (PPS).	28
<b>3. <u>TERMINOLOGÍA Y CONCEPTOS DE LA INSPECCIÓN DE PUENTES.</u></b>	
3.1 Glosario de términos de inspección.	35
3.2 Clasificación de los puentes y estructuras similares.	40
3.3 Tipología de puentes.	58
3.4 Perfil de los inspectores de puentes.	59

<b>3.5 Cargas actuantes en los puentes.</b>	<b>61</b>
3.5.1 Cargas permanentes.	61
3.5.2 Cargas variables.	62
3.5.3 Cargas eventuales.	65
<b>3.6 Partes que integran los puentes.</b>	<b>66</b>
3.6.1 Superficie de rodamiento.	67
3.6.2 Superestructura.	75
3.6.3 Subestructura.	84
3.6.4 Cimentación.	89
3.6.5 Dispositivos de apoyo.	93
3.6.6 Elementos complementarios y de operación de la estructura.	96
3.6.6.1 Accesos	96
3.6.6.2 Gálibos.	96
3.6.6.3 Señalamiento.	97
3.6.6.4 Limitaciones al tránsito.	99
3.6.6.5 Cauce.	100
<b>3.7 Clasificación de las inspecciones</b>	<b>101</b>
3.7.1 Inspección visual.	101
3.7.2 Inspección visual de puentes especiales.	102
3.7.3 Inspección detallada o especial.	103
3.7.4 Estudios requeridos	104
3.7.5 Evaluación de la capacidad de la estructura	104
<b>3.8 Sistemas de Gestión de Puentes.</b>	<b>106</b>
<b>4. <u>RECOMENDACIONES PARA SELECCIONAR EL TIPO DE INSPECCIÓN.</u></b>	
4.1 Orientación para la selección de la intervención.	117
4.2 Análisis y diagnóstico de la situación del estado físico de la estructura.	121

---

---

4.3 Propuesta de estudios especializados.	127
<b>5. <u>ALCANCES GENERALES DE LAS INSPECCIONES.</u></b>	
5.1 Inventario de la estructura.	135
5.2 Informe fotográfico de inventario.	149
5.3 Historial de reparaciones.	153
5.4 Reporte de inspección.	154
5.5 Reporte fotográfico de daños.	164
5.6 Planos	169
5.7 Evaluación del estado físico de la estructura.	171
<b>6. <u>PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA INSPECCIÓN VISUAL.</u></b>	
6.1 Brigada de inspección.	175
6.2. Equipamiento básico necesario.	176
6.3. Protocolo de inspección.	177
6.4 Medidas de seguridad.	181
6.5 Procedimientos de inspección.	184
<b>7. <u>PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE Puentes Especiales.</u></b>	
7.1 Procedimientos generales de inspección	201
7.2 Brigada de inspección.	206
7.3 Equipamiento básico necesario.	207
7.4 Superficie de rodamiento.	209
7.5 Superestructura.	212
7.6 Subestructura.	217
7.7 Cimentación.	219
7.8 Dispositivos de apoyo.	219

---

---

7.9 Elementos complementarios y de operación de la estructura.	220
<b>8. <u>PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA INSPECCIÓN DETALLADA.</u></b>	
8.1 Procedimientos Generales de Inspección	225
8.2 Brigada de Inspección.	229
8.3 Equipamiento Básico Necesario	232
8.4 Superficie de Rodamiento.	235
8.5 Superestructura.	236
8.6 Subestructura.	237
8.7 Cimentación.	237
8.8 Dispositivos de Apoyo.	242
8.9 Elementos Complementarios y de Operación de la Estructura.	242
<b>9. <u>APENDICES Y REFERENCIAS.</u></b>	
9.1 Apéndice A.	251
9.2 Apéndice B.	263
<b>10. <u>FUENTES DE CONSULTA.</u></b>	<b>270</b>

---

---

# Manual para Inspección de Puentes

## ***CAPÍTULO 1 - Introducción.***

---

	<b>Sección</b>	<b>Página</b>
	1.1. Presentación.	3
	1.2. Objetivos.	4
	1.3. Alcance.	4



## 1.- INTRODUCCIÓN.

### 1.1 Presentación.

Una infraestructura vial adecuada es fundamental para el desarrollo socioeconómico del país.

En un contexto geográfico como el de la República Mexicana, con una parte de su población ubicada en áreas rurales, las carreteras toman importancia para la integración e interconexión del país. Por esta razón, entre otras, es muy importante que el sistema nacional de carreteras y puentes permanezca en buenas condiciones de transitabilidad, a fin de que el transporte se efectúe en forma eficiente y seguro.

En muchos casos, los puentes son el componente más vulnerable de una carretera y representan la más alta inversión unitaria de todos los elementos del sistema del camino, aplicando una metáfora, una cadena no está más fuerte que su eslabón más débil; los puentes frecuentemente son los elementos que influyen en que la continuidad del servicio de transporte se efectúe en forma permanente y segura, favoreciendo en general un apropiado funcionamiento de la Red Federal de Carreteras del país.

La condición de los puentes de la Red Federal de Carreteras varía considerablemente. Muchas estructuras con más de cincuenta años de uso, generalmente sufren daños por falta de un mantenimiento adecuado, más que por su antigüedad. Algunas de las estructuras presentan un estado crítico con respecto a su estabilidad estructural y capacidad de carga y, en esas condiciones, la seguridad del tránsito asume altos niveles de incertidumbre asociados a riesgos crecientes.

Los puentes además, se ven afectados, entre otros aspectos, por las sobre cargas, influencia del ambiente, fenómenos naturales como terremotos e inundaciones, lo que origina su deterioro.

Fenómenos naturales como huracanes, son factores de la naturaleza que afectan la condición de la Red Federal de Carreteras, causando fuertes precipitaciones e inundaciones que, frecuentemente, ocasionan grandes pérdidas económicas y sociales, que se reflejan en pérdidas en la infraestructura, en la producción y en la actividad económica general del país.

Derivado de la necesidad de conocer la condición del estado físico que guardan los puentes y estructuras similares de la red federal de carreteras la **DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS** de la **SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES** ha promovido la generación del presente **MANUAL PARA INSPECCIÓN DE PUENTES**.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene plena conciencia de los problemas aquí indicados, y ha considerado necesario tomar medidas para mejorar

la condición de los niveles de seguridad y de servicio de la Red Federal de Carreteras, incluyendo los puentes.

De allí la importancia que reviste la necesidad de contar con un instrumento que nos oriente y que nos sirva como referencia para la unificación de criterios de inspección, permitiéndonos conocer el estado actual de dichas estructuras.

La finalidad de establecer un marco de referencia para inspección de puentes a fin de constatar la condición del estado físico de los componentes de los mismos, es que permita la toma de decisiones orientados a mantener la continuidad de la transitabilidad de la infraestructura carretera en forma eficiente y segura.

## **1.2 Objetivos.**

### **1.2.1 Objetivo General.**

El objetivo principal de este Manual es proporcionar criterios para realizar la inspección apropiada de los componentes de los puentes de la Red Federal de Carreteras a través de procedimientos técnicos estandarizados.

### **1.2.2 Objetivo Específico.**

Proporcionar elementos que guíen a los administradores responsables de los puentes en la toma de decisiones, referentes a las acciones de conservación más adecuadas de las que será objeto la estructura, se determinen los programas de conservación más adecuados y que la aplicación de los recursos destinados para la conservación de los puentes y estructuras similares se optimice.

## **1.3 Alcance.**

Este manual apoyará para la detección de los tipos de problemas comúnmente experimentados en los diversos elementos del puente, mencionando algunos métodos que se consideran apropiados para su evaluación.

No es la intención de del presente manual, establecer una metodología única para la inspección. Se pretende guiar a los especialistas que realicen la evaluación de la estructura a identificar y evaluar la condición del estado físico que la estructura presenta al momento de la inspección. Siempre que sea posible se usaran términos genéricos; sin embargo, la mención de un determinado tipo de producto o equipo no presenta la exclusión de algún otro diseñado para lograr el mismo propósito.

*Nota: El alcance utilizado en el presente manual, es una propuesta obtenida del alcance indicado en el "Manual para inspección y conservación de puentes, tomo I, de la Dirección General de Servicios Técnicos, México, D.F 1988"*

# Manual para Inspección de Puentes

## ***CAPÍTULO 2 –Análisis de la Situación Actual en la Inspección de Puentes en México***

---

	<b>Sección</b>	<b>Página</b>
2.1. Breve historia de los puentes en México		7
2.2. Definición de inspección		16
2.3. Antecedentes de la Inspección de puentes		16
2.4. Responsables de la inspección de puentes		25



## 2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LA INSPECCIÓN DE PUENTES EN MÉXICO.

### 2.1 Breve Historia de los puentes en México.

En 1926 el Estado inició la construcción de carreteras en México. Los ingenieros responsables crearon una primera colección de proyectos tipo para resolver problemas de paso vehicular sobre ríos y vialidades. Esa colección se usó en casi todos los puentes de antiguas carreteras como la México-Laredo, la México-Acapulco, o la México-Morelia-Guadalajara.

Anteriormente, en México como en muchas partes del mundo los puentes con claros de 50 m y aún mayores se construían a base de concreto reforzado en claros continuos o articulados, y hasta del orden de 100 m se utilizaba concreto presforzado, se entiende que las fuentes de información de los primeros proyectistas provenían de Estados Unidos, donde por motivos económicos (gran producción de acero y mano de obra cara) fueron más económicas las estructuras de acero —para claros mayores de 15 m— que las de concreto. Para claros entre 1 y 6 m, se usaban losas planas de concreto. Para claros de 7 m a 15 m, se empleaban losas nervadas.

Un hecho llama la atención en esta primera etapa: para claros superiores a 15 m, se recurría a estructuras de acero (trabes de alma llena, armaduras, y en casos excepcionales, arcos). El tipo de superestructura más empleado en esa época para puentes de camino, era el de losas de nervadas, en tramos libremente apoyados

Al desarrollarse la tecnología del concreto reforzado, empezaron a construirse estructuras complejas con este material. Al principio, únicamente losas planas de 10 m de claro máximo y, posteriormente, losas sobre varias nervaduras hasta de 15 m de claro. Para claros mayores se seguía recurriendo al acero estructural.

Sin embargo, pronto se observó que el concreto era un material mucho más económico que el acero, porque se fabricaba al pie de la obra con elementos locales. La Secretaria de Comunicaciones fue pionera en México en la instalación de laboratorios para el control de calidad de los materiales de la construcción y para la implantación de las normas correspondientes. El desarrollo de esta tecnología permitió obtener concretos de mayor resistencia y de mayor confiabilidad.



Fig 1.- Antigua Puente en la carretera México-Puebla

Lo anterior, favoreció la construcción de puentes de concreto reforzado cada vez más grandes,

Por otra parte, la aplicación del concreto reforzado en los puentes comunes de claros pequeños y modernos, se hizo, prácticamente, general. Al observarse la gran influencia que los moldes tenían en el precio unitario del concreto surgió la superestructura de solo dos nervios, innovación nacional respecto a la práctica de la época.

No se dan en esa época superestructuras continuas ni articuladas de concreto.

Se proyectaron cajones de concreto de modestas proporciones, en casos muy especiales. En el camino México-Toluca se construyó un pequeño arco de concreto, hoy en desuso. Todos los puentes de caminos fueron proyectados para el paso de un camión de 14 toneladas, y sus anchos de calzada variaban entre 5.20 m y 5.70 m. Estos anchos no permiten el paso de dos camiones dentro de los puentes, sino sólo ocasionalmente de dos automóviles a velocidades moderadas.

En 1946 se formuló otra colección de proyectos tipo de losas nervadas —desde 7 hasta 16 m de claro— con ventajas sobre las primeras pues se calcularon para el paso simultáneo de dos bandas de circulación de camiones de 14 ton y el ancho de la calzada se aumentó a 6.70 m, lo que permitió el paso dentro de la estructura de dos camiones. Se consideró además un concreto de mayor resistencia y acero que admitía esfuerzos de trabajo superiores a los considerados en los primeros proyectos. Con estos cambios en la calidad de los materiales se logró un resultado sorprendente ya que se disminuyeron las cantidades de concreto para los nuevos proyectos, además de haber duplicado la carga viva para los mismos claros emitidos en la primera serie. Adviértase, sin embargo, que el claro límite para este tipo de superestructura había permanecido prácticamente el mismo: 16 m.

Tomaremos el caso de un claro de 15 m, para el cual la segunda colección requiere sólo el 95 por ciento del concreto necesario según la primera serie (formulada en 1926). Hubo una tercera colección de proyectos formulada en 1952 por el extinto Comité Nacional de Caminos Vecinales, que mejoraba los proyectos hechos en 1946.

En 1963 la Secretaría de Obras Públicas formó una cuarta colección de proyectos tipo, más completa en lo que se refiere a superestructuras de concreto, ya que incluye un número mayor de claros (hasta de 35 m) de concreto reforzado y superestructuras de concreto presforzado, desde 30 hasta 45 m de claro.

Por lo que se refiere a las losas nervadas, éstas se proyectaron con un ancho de calzada de 7.50 m y para carga viva de camiones articulados de 24.5 ton en dos bandas de circulación. Para el mismo claro de 15 m que se ha venido comparando el concreto necesario, según esta cuarta colección de proyectos tipo, es sólo el 72 por ciento del requerido por el proyecto correspondiente de la segunda.

El incremento en el claro de aplicación de las losas de nervadas de concreto reforzado, se debió a que en 1949 el extinto Comité Nacional de Caminos Vecinales empezó a emplear las losas de nervadas para claros de 25 m, siendo más económicas que las armaduras de acero para ese claro, a igualdad de carga viva y de ancho de calzada. A partir de esa fecha (1949) se vio que —sobre todo para claros del orden de 20 m en adelante— era más económico proyectar las losas de nervaduras con sólo dos nervaduras, en lugar de usar tres o más.



*Fig 2.- Puente Pino Suárez, Monterrey Nuevo León*

En 1951, el Comité Nacional de Caminos Vecinales proyectó para la ciudad de Monterrey los puentes Pino Suárez y Gonzalitos, que también entrañan avances en varios aspectos. Ambos puentes tienen las mismas características: su longitud es de 177.50 m; la superestructura es de concreto armado; las pilas (de concreto), tienen una articulación tipo Masnager a 5 m abajo de la corona. La superestructura es de sección celular, peralte variable y articulada. Cada uno de estos puentes consta de cinco tramos: tres de 38.50 m de

claro y dos de 31 m. También para la ciudad de Monterrey se proyectó en 1952 un tercer puente sobre el río canalizado de Santa Catarina en la prolongación de la calle Zaragoza. Fue éste el primer puente de concreto presforzado que se proyectó y construyó en México. Consta de 5 tramos libremente apoyados, de 35 m de longitud cada uno; su calzada es de 7.90 m y tiene dos banquetas para peatones de 2.60 m de ancho. La superestructura de cada tramo la forman 7 trabes de 1.45 m de peralte. El concreto empleado fue de  $f'_c=400$  kg/cm<sup>2</sup> y el acero especial, importado de Bélgica, tenía un esfuerzo de ruptura de 16,000 kg/cm<sup>2</sup>. Se empleó un sistema de anclaje proyectado y desarrollado por ingenieros mexicanos.



*Fig 3.- Puente Coyuca de Benítez, Acapulco-Zihuatanejo*

En 1953, el Comité Nacional de Caminos Vecinales proyectó el puente Limoncito, en el camino Culiacán-Altata, Sinaloa. La superestructura es de concreto armado, tipo Gerber, de dos nervaduras, con longitud total de 200 m. Tiene 5 tramos, el mayor de los cuales es de 45 m de claro entre apoyos. Las pilas, de concreto simple, están cimentadas por medio de cilindros de concreto, hincados en el terreno de 20 a 25 m. También de 1953 es el puente de Coyuca de Benítez, en el camino Acapulco-Zihuatanejo, formado por 6 tramos continuos de losa plana, de

peralte variable: dos extremos de 21 m y cuatro intermedios de 27 m de claro.

Las estructuras continuas de concreto reforzado de gran claro se iniciaron en México entre 1953-1955. Un ejemplo de éstas es el puente Corona, en la carretera Victoria-Matamoros. La superestructura, de 180 m de longitud, está formada por tres tramos centrales de 40 m cada uno y de dos laterales de 30 m. El ancho de calzada es de 6.70 m; se utilizaron dos vigas maestras con peralte constante de 2.00 m. El procedimiento de construcción, definido en la etapa de proyecto, permitió usar dos veces y media, los moldes y la cimbra, empleándose lastres provisionales para

conciliar los esfuerzos temporales con los definitivos. Este caso contribuyó decisivamente a la eliminación de las armaduras de acero en tramos hasta de unos 40 m, que tampoco compiten con las traveses de concreto presforzado (en puentes para camino). Al menor costo de la superestructura de concreto, se asoció una notable reducción en el costo de la subestructura, como resultado de la menor distancia entre las traveses maestras. El costo de las armaduras de acero y las losas de piso resultaban ya del mismo orden que el de todo el puente con la solución adoptada, de tramos de concreto reforzado, continuos.

Otro puente continuo de concreto reforzado es el Jaltepec, en la carretera Coatzacoalcos-Salina Cruz. La superestructura, de concreto reforzado, tiene sección celular, de peralte variable: de 1.50 m en los centros de los claros, a 4.50 m sobre los apoyos. Consta de tres claros: dos laterales de 43.50 m y uno central de 58 m. La estructura se terminó en 1955. En este puente se generó por primera vez en México un claro de 58 m con una trabe de concreto armado.

En la carretera México-Nogales se construyó en 1954 el puente Mocorito, de 232 m de longitud total. La superestructura está formada por dos grupos de tramos continuos, de concreto reforzado, de peralte constante. Cada grupo consta de cuatro tramos de 29 m de claro cada uno; la junta de dilatación se dispuso en la pila central. Los apoyos sobre todas las pilas son móviles; los apoyos fijos se colocaron en los estribos. Una creciente excepcional del río Bravo en 1954 destruyó el puente internacional que unía la población de Nuevo Laredo con la texana ciudad de Laredo. Aprovechando la cimentación de la antigua estructura, los ingenieros de la extinta SCOP proyectaron un nuevo puente continuo, de concreto presforzado, de 262 m de longitud, formado por tres tramos de 45.60 m cada uno y dos tramos de acceso: uno de 15.70 m y otro de 18.15 m. La calzada del puente es de 12.20 m y tiene además dos banquetas de 2.00 m de ancho cada una, para peatones. Este puente es interesante por su economía, y por su amplitud, adecuada al intenso tránsito a que está sujeto.

En 1954 se inició la construcción del puente Belisario Domínguez, sobre el río Grijalva, constituido por un arco de concreto de 88 m de claro y viaductos de acceso de 57 m de longitud total. La calzada, de 6.70 m de ancho, está a 45 m sobre el



Fig 4.- Puente Belisario Domínguez, Chiapas

fondo del río y descansa en diafragmas verticales de concreto muy esbeltos. El arco es de sección llena, de 0.90 m de peralte por 4.56 m de ancho en la clave, con refuerzo de acero del 0.15 por ciento del área de concreto. Está empotrado en calizas en ambas márgenes. Fue colado mediante una obra falsa de acero estructural. A pesar de lo reducido del peralte del arco en la clave, el arco resiste los efectos del peso propio, de las cargas móviles, del impacto y de las variaciones de temperatura.

Pocos años después, en 1957, se construyó el puente sobre el río Tuxpan, en el acceso al puerto del mismo nombre, en el estado de Veracruz que constituye otra primicia de la ingeniería mexicana en el continente americano, ya que fue la primera obra de este lado del océano en que se aplicó el sistema de dovelas en doble voladizo. El puente tiene claros de 92 m y es de tipo Gerber, con articulaciones metálicas al centro de los claros. El concreto se presforzó con barras de acero redondo y, durante la construcción, se tuvieron diversos problemas por la falta de experiencia en este sistema de construcción, al grado que para la primera dovela en voladizo se requirieron 45 días, en tanto que, para las últimas, el tiempo se acortó a 10 días.

El incremento de la industria del presfuerzo y la prefabricación permitió el empleo cada vez más frecuente de vigas presforzadas y prefabricadas en los puentes. Con estos elementos se evitaban las obras falsas y se reducían los tiempos de construcción. Al principio, este tipo de estructuras se veía limitado en su aplicación por falta de personal calificado y por dificultades para el transporte de los elementos hasta el sitio de las obras, pero esas limitaciones fueron superadas al irse desarrollando el país.

El 1959 se terminó el puente Aguacatillo, en la carretera México-Acapulco. La longitud total de esta obra es de 91 m; el arco tiene una luz de 60 m. La estructura es de concreto armado y está en curva horizontal, esviado y en curva vertical. El arco en sí es poligonal, de catenaria invertida, tipo Maillar-t, con trabes de rigidez en el sistema de piso. Las circunstancias de ser un puente en curva horizontal, de estar esviado y de tener trabes de rigidez robustas que trabajan conjuntamente con el arco de catenaria invertida, hizo difícil prever, por procedimientos puramente analíticos, la magnitud de los esfuerzos complejos presentados en los diferentes miembros de la estructura. Revisada una abundante literatura sobre proyectos de puentes parecidos, se llegó a la conclusión de que el medio más rápido y confiable de estimar estos esfuerzos y de proporcionar en consecuencia las dimensiones y el armado de las diferentes partes de la estructura, consistía en recurrir a un modelo de laboratorio. Fue esto lo que se hizo, valiéndose de un modelo hecho de un material acrílico transparente, comercialmente denominado "luxita". De esta manera se tuvieron las bases para el dimensionamiento y el armado de esta estructura tan compleja.

En el campo de los puentes de concreto presforzado isostáticos, de 1953 en que se concluyó el primero (el Zaragoza, en la ciudad de Monterrey) bajo la dirección exclusiva de ingenieros mexicanos, que idearon un sistema original para el sistema de anclaje de los cables de presfuerzo y comprobaron la validez de sus cálculos con la realización de una prueba de carga sobre una viga de escala natural.

Para 1958 habían sido proyectados y construidos 63 puentes de este tipo, casi en su totalidad para caminos y unos cuantos para ferrocarril, estos últimos en la línea Chihuahua-Pacífico. De 1959 a 1964, se proyectaron 35 puentes de concreto presforzado. Otros ejemplos son: el puente San Jerónimo, en el camino Acapulco-Zihuatanejo, con cuatro tramos de 25.50 m de claro y otros cuatro de 32.00 m de

claro. El Tonalá (de 1960), en el camino Coatzacoalcos-Puerto Juárez, formado por siete tramos de 35.00 m de claro cada uno, con calzada de 7.50 m.

El mayor de los puentes de la autopista México-Puebla es el puente continuo El Emperador, construido sobre una barranca de 48 m de profundidad. La superestructura, de concreto presforzado, colada en el lugar, tiene una longitud total de 90 m. El tramo central es de 45 m y los dos laterales de 22.50 m cada uno. El puente es doble, cada uno con una calzada de 7.20 m. Las pilas de concreto tienen 26 m de altura y un espesor de sólo 0.70 m. El ancho de estas pilas es de 5.80 m. Estas pilas son parcialmente huecas, mediante el empleo de tubos cilíndricos de cartón, de eje vertical.



*Fig 5.- Puente sobre el Rio Tuxpan*

En 1961 se terminó un puente carretero sobre el río Tuxpan, Ver. La parte principal de éste tiene una longitud de 321 m, formada por 3 claros de 92 m entre pilas, y dos tramos de acceso de 22.50 m cada uno. La subestructura de esta parte principal es de concreto armado y está cimentada por medio de cajones y de cilindros de concreto hincados a una profundidad variable, hasta alcanzar un manto de arcilla compacta. La superestructura se construyó en doble voladizo, sin el

empleo de obra falsa convencional para estructuras de esta envergadura, sólo en Europa, pero nunca antes en América, salvo un pequeño puente de concreto reforzado hecho en Brasil en 1931. La obra fue un éxito técnico completo.

En 1964 se terminó de construir un puente fundamental para la comunicación con el sureste de la República; en la desembocadura del río Papaloapan, en las proximidades de Alvarado, Veracruz. La estructura tiene una longitud de 530 m y está integrado por 7 tramos de concreto presforzado y una armadura levadiza de 66 m de claro. La superestructura está principalmente integrada por dobles voladizos y traveses suspendidos en los extremos de estos voladizos. Los tramos de acceso están apoyados en estribos y pilas de concreto. Los dobles voladizos están apoyados en columnas huecas de concreto reforzado, cimentadas a su vez en cilindros del mismo material, a profundidades del orden de los 20 m abajo del fondo del río, profundidad a la cual se encuentra una formación de arena fina muy compacta.

Aunque la idea del concreto presforzado es muy antigua, no pudo materializarse en las obras de ingeniería civil mientras no se desarrollaron los concretos y aceros de alta resistencia que, por una parte, permitían la aplicación de grandes fuerzas externas y, por la otra, reducían las pérdidas que esas fuerzas experimentaban, como consecuencia de las deformaciones diferidas.

La aplicación del concreto presforzado a los puentes se da, por primera vez, en Europa, al término de la segunda guerra mundial y se ve impulsada en ese continente, por la necesidad de reconstruir numerosos puentes destruidos por la guerra.



*Fig 6.- Puente Coatzacoalcos I.*

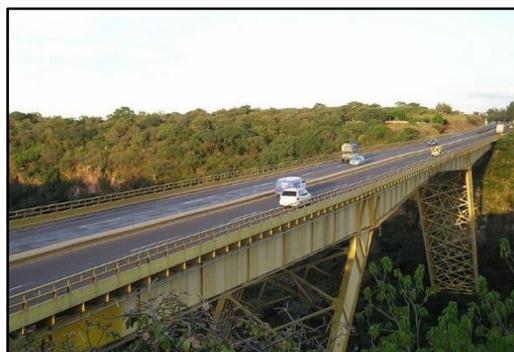
El puente de mayor longitud construido en la República Mexicana es el puente mixto para ferrocarril y para carretera, de Coatzacoalcos, de 966 m. La superestructura consta de 27 tramos libremente apoyados, de concreto presforzado, de 31 m de claro cada uno, y de una armadura de acero, levadiza, de 69 m de claro. La parte destinada al tránsito carretero tiene una calzada de 7 m de ancho, soportada por cuatro traveses. La superestructura para ferrocarril tiene tres traveses, también de concreto presforzado, en cada tramo de

31 m. La subestructura está cimentada por medio de cilindros de concreto, de 4.50 m de diámetro exterior, hincados hasta una profundidad media de 29 m bajo el fondo del río. Sobre estos cilindros se construyeron las pilas de concreto armado, con cuerpo terminado en su parte superior en dos voladizos para alojar los apoyos.

En lo que se refiere a los puentes de acero estructural, se tiene un avance importante. A mediados de la década de los 50's que permitió la construcción de estructuras más ligeras, una muestra de ello es el puente de Chinipas del ferrocarril Chihuahua-Pacífico, se construyeron uniones remachadas y soldadas en una armadura de tres tramos continuos de paso superior y con un sistema ingenioso de montaje.

Otro avance en estructuras de acero se tuvo al introducir en ellas un presfuerzo exterior, que permite la optimización de la sección transversal, reduciendo el peso propio de la superestructura. El puente de Tuxtepec está constituido por tramos libremente apoyados formados por losas de concreto reforzado sobre traveses de acero soldadas, presforzadas.

Especialmente sobresaliente dentro de las estructuras de acero son los puentes Fernando Espinosa y Mariano García Sela, que fueron los primeros en que se diseñó en México un sistema de piso con placa ortotrópica. Este tipo de estructuras permite una considerable reducción del peso propio, ya que la placa de la calzada, además de recibir las cargas vivas, trabaja como patín superior de las costillas, las piezas del puente y las traveses maestras.



*Fig 7.- Puente Fernando Espinosa*

El sistema es, además, altamente eficiente y optimiza el empleo del acero. En estos puentes, las conexiones fueron remachadas en las travesaños maestras construidas por segmentos en voladizo y soldadas en el sistema de piso ortotrópico.



*Fig 8.- Puente Antonio Dovalí Jaime*

Entre los años 1979 y 1984 se construyó El puente Ingeniero Antonio Dovalí Jaime, el primer puente atirantado carretero de México localizado en el límite de los municipios de Minatitlán e Ixhuatlán del Sureste, en el estado de Veracruz sobre la autopista «Cosoleacaque - Nuevo Teapa», conocido popularmente como Coatzacoalcos II, pues cruza el río del mismo nombre.

Es un Puente con estructura de concreto armado y acero, con longitud de 1170 m con un claro principal de 288 m y un espacio libre vertical de 99.5 m en la parte del canal de navegación hacia Minatitlán.

En 1988 se inaugura el Puente Tampico cerca de la desembocadura del río Pánuco en Veracruz llega hasta la zona metropolitana de Tampico. Comunica a los estados de Tamaulipas y Veracruz, a través de los municipios de Tampico y Pueblo Viejo, respectivamente. El puente Tampico Tiene una longitud total de 1543 metros con 18 metros de ancho con cuatro carriles. Está considerada como pieza clave en el sistema de distribución de carga del Golfo de México.



*Fig 9.- Puente Tampico.*

Se distingue por sus tirantes acerados en el centro y su construcción sobre el agua fue un reto magistral: se contó con el apoyo de buzos para la correcta colocación de las estructuras de cimentación en el fondo del río, donde se utilizaron cilindros de cemento con enjambre de varillas, para poco a poco ir dando forma a las pilas que sostienen este puente.

Inaugurado el 24 de noviembre de 1994 el Puente “El Zacatal” en Ciudad del Carmen, Campeche es la puerta de entrada a la Península de Yucatán, posee una longitud de 3861 metros con un ancho de nueve metros, de doble sentido y es parte de la carretera federal 180 en el tramo Villahermosa-Ciudad del Carmen.



*Fig 10.- Puente Zacatal.*

Es un puente que cruza sobre el mar para llegar a la isla de Ciudad del Carmen, Campeche, a cruzando la Laguna de Términos y el mar del Golfo de México.

El **Puente Baluarte Bicentenario** es un puente atirantado localizado en la Sierra Madre Occidental en los límites de los estados de Durango y Sinaloa, sobre la Autopista Durango-Mazatlán. Fue de 2012 a 2016 el puente atirantado más alto del mundo en su tipo, por lo que recibió el reconocimiento Récord Guinness. Tiene una longitud de 1124 m, ancho de 20 m, un claro principal de 520 m y una altura sobre el río Baluarte de 402,57 m.



*Fig 10.- Puente Baluarte.*

El inicio de la construcción fue el 21 de febrero de 2008, y fue inaugurado el 5 de enero de 2012, aunque tomó más de un año para que estuviera abierto al público.

## 2.2 Definición de Inspección.

Inspección procede del latín inspectio y hace referencia a la acción y efecto de inspeccionar (examinar, investigar, revisar). Se trata de una exploración física que se realiza principalmente a través de la vista.

Inspección de puentes queda definida como el conjunto de acciones técnicas, realizadas de acuerdo con un plan previo, que proporcionan los datos necesarios para conocer el estado físico de la estructura de un puente.

Este conjunto de acciones de gabinete y campo incluyen, desde recopilación de información (si es que esto es posible: historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, planos post construcción, inspecciones previas, etc.), hasta la toma de datos en campo.

## 2.3 Antecedentes de la Inspección de Puentes.

En la década de los años 80's la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de la Dirección General de Servicios Técnicos publicó el Manual de Inspección y Conservación de Puentes Tomo I y II, basados en la normatividad de los Estados Unidos de Norteamérica (*AASHTO Manual for Bridge Maintenance, 1976, Manual for Maintenance Inspection of Bridges and Optimizing Maintenance Activities.-Bridge Painting.*), su última reimpresión data del año 1988 y es la que sigue vigente hasta la fecha. Cabe señalar que dicho manual necesita actualizarse, toda vez que a partir de su publicación los elementos y sistemas constructivos de puentes han cambiado implementándose nuevas tecnologías y desapareciendo algunas otras.

Actualmente existen muchos sistemas de administración de puentes que se han desarrollado en numerosos países del mundo para la atención de diferentes tipos de redes (nacionales, regionales, municipales, urbanas, etc.)

Es evidente que los sistemas deben adecuarse al tamaño del conjunto de puentes por administrar, así como a las condiciones particulares de cada conjunto y a los recursos materiales, económicos y humanos disponibles. Todos los sistemas existentes siguen en términos generales la misma metodología, con criterios muy similares. Las diferencias estriban fundamentalmente en las herramientas de cómputo que difieren de un sistema a otro por los criterios - divergentes de los ingenieros de informática. Es importante recalcar que un sistema de administración de puentes no es un sistema de cómputo. Es una organización orientada a mantener en buen estado el funcionamiento de los puentes que administra y a aplicar de manera óptima los recursos disponibles para el beneficio de los usuarios. El sistema de cómputo es un componente del sistema de administración que permite el manejo ágil y eficiente de la información.

En México se han desarrollado dos sistemas de administración de puentes. El primero denominado "SIPUMEX" fue establecido por la Dirección General de Conservación de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

para la administración de los puentes de la red federal libre de peaje que tiene a su cargo.

El primer inventario de los puentes de la red federal de carreteras se levantó con un enfoque sistémico en 1983 y pocos años después se implantó el Sistema SIPUMEX, para la atención de los puentes de la red, fue necesario crear una Residencia de Puentes en cada Estado y llevar a cabo acciones de capacitación para que el personal de esas Residencias pudiera realizar las acciones previstas por SIPUMEX. Generalmente las inspecciones preliminares y principales han sido realizadas por personal de la Secretaría, en tanto que las inspecciones especiales, los proyectos de rehabilitación y las acciones ejecutoras están a cargo de empresas de consultoría contratadas para el efecto.

SIPUMEX califica a los puentes en una escala desde 0 hasta 5, correspondiendo la calificación 0 a estructuras en perfecto estado que no requieren atención alguna y la calificación 5 a estructuras en estado crítico que requieren atención inmediata. Las acciones se han orientado a dar prioridad a los puentes en situación crítica atendiendo en primer término a los que se encuentran en calificación 5, posteriormente los de 4 y así sucesivamente.

Para la evaluación de estructuras se han aplicado técnicas de vanguardia, tanto por parte del personal de la Secretaría como de algunas empresas de consultoría; entre esas técnicas destaca la medición de la resistencia del concreto por procedimientos no destructivos, la determinación del contenido de cloruros y del nivel de carbonatación del concreto por medio de reactivos químicos; la cuantificación del avance de la corrosión por la medición de potenciales con una semipila galvánica, la auscultación de fallas por la técnica del impacto-eco y por la aplicación de impulsos ultrasónicos.

De 1990 a 1994 México llevó a cabo un extenso programa de construcción de autopistas bajo el régimen de concesión. Actualmente existen más de 6,000 Km de estas carreteras en las que se tienen 8,695 estructuras de claro superior a 6 m. Con el objeto de verificar que los concesionarios cumplan con el compromiso adquirido en el título de concesión relativo a mantener los niveles de calidad del servicio que esperan los usuarios y con el propósito de dar seguimiento a otros aspectos del Programa Nacional de Autopistas, en 1994 se creó un Grupo de Seguimiento de Autopistas de Cuota que posteriormente dio lugar en 1996 a la creación de la Unidad de Autopistas de Cuota. Actualmente denominada Dirección General de Desarrollo Carretero.

Posteriormente, el Instituto Mexicano del Transporte desarrolló un sistema nacional denominado "SIAP" (Sistema de Administración de Puentes) que se ha aplicado en algunas autopistas concesionadas de cuota y también en la red a cargo del Organismo descentralizado Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE).

Estas entidades han sido responsables de vigilar que los concesionarios implanten en la red a su cargo, un sistema de administración de la conservación, el cual incluye

un sistema de puentes. No se ha exigido a los concesionarios que implanten un sistema en particular sino que desarrollen sus propios sistemas cumpliendo con los propósitos generales ya descritos en este trabajo. Algunos concesionarios han implantado el sistema SIAP desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte en 1994 y otros han hecho adaptaciones propias de acuerdo con las características de los puentes que administran. En virtud de que esta red es relativamente nueva, las actividades que hasta ahora se han realizado han consistido principalmente en el levantamiento del inventario y en la recopilación de información para integrar el banco de datos. Asimismo, se han hecho evaluaciones del comportamiento de estructuras especiales entre las que destacan puentes de estructura metálica espacial y puentes atirantados. En los primeros se han realizado pruebas dinámicas de carga, y en los segundos pruebas para medir la tensión actuante en los tirantes. Es importante señalar que los puentes de la red de autopistas de cuota por su modernidad son generalmente de mayores dimensiones y de estructuras más complejas que los correspondientes de la red libre; por lo que es de esperarse que en el futuro planteen problemas más graves; de ahí la importancia de implantar desde ahora un adecuado sistema de seguimiento.

La Empresa Ferrocarriles Nacionales de México durante muchos años actualizó continuamente el inventario de los puentes y otras obras de la red ferroviaria. En 1996 contaba con 10,812 puentes, 231 túneles (falsos y reales) y 25,120 alcantarillas. Los superintendentes de vía y estructuras estaban a cargo de la actualización permanente del inventario, de las inspecciones y evaluaciones de tal manera que la Empresa tenía un conocimiento preciso del estado de sus bienes patrimoniales y de las necesidades para su rehabilitación. Desafortunadamente, por la escasez de recursos no fue posible en los últimos años realizar acciones de reparación y reforzamiento, salvo en algunos casos puntuales de atención de emergencias. Se espera que con el programa de concesionamiento de la red ferroviaria, las empresas concesionarias implanten en breve un programa de rehabilitación y e modernización de la infraestructura, incluyendo a los puentes y alcantarillas.

El Organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos tiene a su cargo un universo de más de 6000 estructuras de puentes, de los cuales más de 300 son puentes especiales de cuota y los restantes son puentes o pasos a desnivel ubicados en las carreteras o autopistas de cuota operadas por dicho organismo. Desde 1989 el Organismo actualizó el inventario de las estructuras a su cargo y mediante inspecciones y evaluaciones realizadas por las delegaciones de CAPUFE en el interior del país, determinó acciones de reparación y reforzamiento, con una metodología propia que sigue pasos similares a los descritos anteriormente en este trabajo.

En el año 2000 el Organismo programó la consolidación de sus acciones de conservación mediante la implantación de un sistema de información digital para autopistas y puentes (SIDIAP) que se basa en una "mapoteca" digital de CAPUFE mediante la cual con apoyo en un sistema de información geográfica (SIG) se obtiene una visualización de tramos de carretera con algunos de sus atributos:

topografía, cortes, terraplenes, taludes, alcantarillas, puentes, señales, etc. y al cual pueden incorporarse diferentes bases de datos como accidentes, volúmenes de tránsito, información económica, etc. El Sistema de Administración de Puentes puede desarrollarse en forma compatible con la "mapoteca".

CAPUFE consideraba la implementación del Sistema SIAP desarrollado por el IMT, únicamente procurando actualizar la herramienta computacional. Para operación del sistema se contempló el siguiente esquema anual de trabajo: Este sistema contemplaba que de enero a marzo los superintendentes de puentes realizan las inspecciones preliminares y de marzo a junio mediante empresas especializadas se efectuaran las inspecciones principales y especiales, de julio a septiembre se llevarían a cabo los proyectos de rehabilitación, de octubre a diciembre se realizarían los concursos de obra, para iniciar en enero los trabajos de rehabilitación. Este ambicioso programa de inspecciones y atención a las estructuras no prospero debido al cambio de administración que sufrió el organismo y que cambio su dimensión reduciendo el personal a cargo de las estructuras.

Se estima que en la red alimentadora de carreteras estatales pavimentadas existen aproximadamente 6,000 puentes y que en la red de caminos rurales (actualmente a cargo de la Federación) existen del orden de 4,000 puentes. En estas redes no se cuenta con ningún sistema de seguimiento de las estructuras, no se tiene ni siquiera un inventario, por lo que se desconoce el número de puentes, la ubicación, las características y el estado de cada uno de ellos. Esta situación es preocupante porque recientemente han ocurrido colapsos de puentes rurales bajo la acción de camiones de peso moderado. Además, dentro de estas redes se ubican puentes construidos por los municipios o por particulares, con poca o ninguna ingeniería y que por lo tanto adolecen de graves deficiencias. Corresponde a las autoridades federales tomar la iniciativa para promover la corrección de esta situación, sobre todo tomando en cuenta que en breve la red de caminos rurales será transferida a los Gobiernos Estatales y que existe el propósito de transferir también aproximadamente el 50% de la red federal a dichos Gobiernos, con lo que se corre el riesgo de que estructuras actualmente bien atendidas entren en un proceso de degradación por la suspensión de su conservación. Finalmente, cabe mencionar que en el Ciudad de México existe un número significativo de estructuras viales, la mayor parte de reciente construcción y muchas de ellas de gran importancia por sus dimensiones y características especiales de su estructuración. La administración de este patrimonio es responsabilidad directa de las Autoridades de la Ciudad de México. Aunque se han realizado reparaciones en algunos puentes para corregir problemas de construcción, por ejemplo realineamientos de la rasante, inyección de grietas producidas por un curado inadecuado del concreto, rigidización de estructuras demasiado flexibles, etc.; se desconoce si el Gobierno la Ciudad de México cuenta con un sistema para la conservación de los puentes a su cargo.

En el año 2009 la Dirección General de Desarrollo Carretero retomó la implementación de un sistema de administración de puentes y desarrollo un programa que se puso a disposición de los concesionarios de autopistas y puentes

de cuota, sin embargo no se ha dado seguimiento a la actualización y registro de los datos que contiene

Como queda de manifiesto en lo expuesto anteriormente, los puentes de la red federal, tanto la libre como la concesionada y la administrada por CAPUFE, han sido objeto durante años de una atención creciente para subsanar el rezago que había sobre su conservación. Se han logrado avances importantes únicamente se requiere consolidar los sistemas implantados, siendo urgente la necesidad de extender, consolidar y unificar los sistemas de conservación de puentes a las redes estatal, rural, ferroviaria y urbana.

Sin embargo a pesar de que se han realizado recientemente varios cursos de capacitación sobre la temática de inspección, evaluación y mantenimiento de puentes, sigue existiendo la necesidad de la difusión y ampliación de dichos cursos, para cubrir nuevas técnicas y capacitar a un mayor número de ingenieros incluyendo los de las empresas privadas. La Dirección de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, con el patrocinio del Instituto Mexicano del Transporte, en los dos últimos años ha organizado cursos sobre estos temas contando con la participación de expertos de calidad internacional. Es importante que estos cursos continúen, que se logre la participación de especialistas de países desarrollados y que esos cursos se complementen con prácticas de campo. Aun cuando los sistemas disponibles para la administración de la conservación de puentes, son teóricamente muy completos, no debe perderse de vista que la confiabilidad de sus resultados depende exclusivamente de la preparación de los ingenieros que lo manejan y suministran los datos básicos. No habrá norma ni metodología que sustituya al ingeniero, por lo que la importancia de la capacitación es indiscutible.

### **2.3.1 Problemas que se presentan en los puentes y sus posibles causas.**

El deterioro causado por los agentes naturales es común a todas las obras de la ingeniería civil y es el resultado de un proceso mediante el cual la naturaleza trata de revertir el procedimiento artificial de elaboración de los materiales de construcción y llevarlos nuevamente a su estado original. De esta manera, el concreto (roca artificial) formada por agregados pétreos unidos con cemento y agua, sufren de agrietamiento y desconches, tendiendo otra vez a convertirse en arena, grava y cemento separados, esto debido al efecto de los cambios de temperatura, el intemperismo y otros agentes. Así mismo, el acero, formado por hierro con un pequeño agregado de carbono, es un material artificial inexistente en la naturaleza y debido a los efectos antes mencionados también sufre daños por oxidación y deterioro.

El deterioro causado por los agentes naturales es común, en todas las obras de la ingeniería civil, los fenómenos como lluvias torrenciales, deslizamientos de tierra, sismos, así como también las colisiones o impactos provocados, producen sin duda situaciones de emergencia, como asentamientos, erosiones, socavaciones, etc., que deben evaluarse inmediatamente.

Por lo que se refiere a las cargas rodantes, el desarrollo tecnológico ha propiciado la aparición de vehículos cada vez más pesados en respuesta a la demanda de los transportistas que encuentran más lucrativa la operación de vehículos de mayor peso, por otra parte, el desarrollo económico se ha reflejado en un notable incremento del parque vehicular. Esta situación explica los daños en las estructuras de pavimentos y puentes, causados por el aumento de las sollicitaciones mecánicas al aumentar el peso de las cargas rodantes y por la disminución de resistencia por efecto de la fatiga estructural ocasionada por la frecuencia en la aplicación de esas cargas.

Por las razones anteriores, las entidades responsables de la operación de redes carreteras deben considerar la conservación de los puentes como una parte obligada de su quehacer a fin de mantener los niveles adecuados de seguridad y servicio de las estructuras. Desafortunadamente, existe un considerable rezago en la conservación de los puentes que se traduce en un deterioro creciente de su estado físico. De acuerdo con lo publicado por el Instituto Mexicano del Transporte en su versión del Sistema de Administración de puentes del año 1994: *“Entre las razones que explican, pero no justifican este rezago, pueden señalarse las siguientes:*

- **Escasez de recursos.** *La crisis económica en la que se ve inmerso nuestro país, motiva a un considerable descenso del gasto público y una minimización de recursos disponibles para llevar a cabo la conservación de la infraestructura.*

*Por el contrario, la crisis debe ser motivo para conservar con mayor esmero la infraestructura existente que, de destruirse, sería imposible restituirla por la escasez de recursos.*

- **Preferencia a la estructura de pavimentos y terracerías.** *Los limitados recursos asignados a la conservación de la red, se han canalizado en el pasado fundamentalmente a la atención de las estructuras de terracerías y pavimentos, debido a que los materiales que la conforman son más vulnerables que los predominantes en los puentes, lo que motiva daños más extensos y más frecuentes. Los materiales de los puentes, son ciertamente más durables, pero no son eternos y su falta de conservación puede destruirlos, ocasionando pérdidas económicas cuantiosas e interrupciones más prolongadas del tránsito que con los pavimentos.*
- **Impopularidad de la conservación.** *El crecimiento demográfico, el acceso de grupos cada vez mayores a mejores niveles de vida y la urbanización creciente, generan una gran demanda de diversas obras nuevas de infraestructura, ante las cuales la conservación de las obras ya existentes resulta una tarea poco atrayente para la sociedad y sus dirigentes y queda, por tanto, en desventaja en la asignación de recursos.*
- **Carencia de cultura de conservación.** *En una sociedad subdesarrollada existe poca conciencia sobre la necesidad de conservar las obras, tanto*

*públicas como privadas. Puede decirse que un índice del desarrollo de una nación podría obtenerse en función de la proporción de recursos asignados a la conservación respecto al gasto total en construcción.*

*Aun cuando por su longitud, los puentes representan una porción pequeña de la red, constituyen eslabones vitales que garantizan la continuidad del funcionamiento de toda la red. Su colapso ocasiona, frecuentemente, pérdidas de vidas y cuantiosas pérdidas económicas, tanto por la obra destruida como por la interrupción o demora de la operación. Por estas razones, conservarlos es una necesidad esencial.”*

De lo anterior se destaca que las apreciaciones siguen siendo vigentes hasta la fecha.

Son muchos los problemas que se presentan durante la vida útil de un puente, a continuación trataremos de sintetizar esos problemas.

La presencia de agua por una inadecuada evacuación de la misma da lugar a problemas muy diversos que pueden afectar los estribos, las pilas, cabezales, arcos, bóvedas, tableros, vigas, apoyos, terraplenes de acceso, etc. Ya sea por la propia acción directa del agua: erosiones, socavaciones o humedad. Acción de otros agentes agresivos: corrosión por sales, ataque por sulfatos, disolución de cementantes en mortero, o por jugar un papel predominante en otros fenómenos: reacción árido-álcali.

En las estructuras metálicas resulta evidente la importancia de evitar la presencia permanente de humedad en determinadas zonas, que acaban siendo origen de fuertes problemas de corrosión.

Los desperfectos originados en las zonas de apoyo y juntas por la humedad, que permanentemente se presentan en tales zonas.

Los defectos que ocurren con más frecuencia en puentes se clasifican según dos aspectos básicos: funcionales y estructurales, tipificados de la siguiente manera:

- **DEFECTOS FUNCIONALES**

Son aquellos que comprometen la actividad operativa de la obra, que es la de permitir el paso del caudal del curso de agua y proporcionar un paso seguro a los usuarios.

Como ejemplos podemos mencionar los siguientes tipos de problemas:

- (i) Materiales depositados en el cauce del río que afectan el funcionamiento hidráulico del puente.
- (ii) Desniveles ubicados en los accesos al puente.

- (iii) Parapetos y guarniciones dañados que ponen en riesgo la seguridad del usuario.
- (iv) Superficies de rodamiento con deformaciones.
- (v) Gálibo escaso.
- (vi) Mal estado del señalamiento, tanto vertical como horizontal.
- (vii) Falta de capacidad para el tráfico que circula sobre la estructura.
- (viii) Obstrucción de los elementos del drenaje superficial del tablero.

Los equipos de mantenimiento pueden identificar fácilmente la mayoría de tales defectos y rápidamente repararlos para evitar mayores daños a la estructura del puente, restableciendo las condiciones de seguridad tanto de la obra como para el usuario.

## • DEFECTOS ESTRUCTURALES

Son aquellos que comprometen la seguridad de la estructura propiamente dicha del puente, por ejemplo:

En relación a los puentes constituidos por estructuras de concreto, existen defectos clasificados como:

- (i) Fisuras, grietas o fracturas en piezas estructurales importantes como pilas y travesaños.
- (ii) Acero de refuerzo expuesto.
- (iii) Daños en los elementos de apoyo.
- (iv) Deformaciones de elementos estructurales

Las fisuras de flexión son las que se sitúan generalmente en la zona central del claro, incluyendo las zonas llamadas de "momentos nulos". Nacen en la fibra inferior, cortan el cordón inferior de la viga, suben por el alma, al principio verticalmente, y luego se inclinan bajo la influencia del esfuerzo cortante cuando se aproximan a los apoyos.

Solo pueden existir fisuras inclinadas en el alma, en la cercanía de los apoyos, son fisuras producidas por el esfuerzo cortante.

Estas fisuras son activas, es decir, su abertura varía bajo el efecto diario del gradiente térmico (insolación del tablero) y bajo el de la circulación (vehículos pesados).

La razón esencial de esta fisuración es un pretensado insuficiente ante las sollicitaciones de flexión de la estructura.

Por su proximidad al mar, las altas temperaturas del verano y los vientos dominantes, el puente está sometido a un ambiente altamente agresivo, lo que unido a la deficiente calidad de los materiales y la alta porosidad del concreto puede producir la alta carbonatación del mismo, acelerando la oxidación del refuerzo de acero y el desconchamiento del concreto en muchas zonas.

A causa de los materiales: concreto fabricado con áridos con elevado contenido del feldspatos (granitos, esquistos, pizarras, etc.), si después tiene un aporte considerable de agua, en este caso este tipo de áridos puede reaccionar con el hidróxido cálcico de la pasta de cemento, produciendo unos nuevos compuestos químicos: ceolitas, productos que son expansivos y que en un plazo más o menos largo producen la destrucción del concreto.

En relación a los puentes constituidos por estructuras de acero, existen defectos clasificados como:

- (v) Deformación de los perfiles que conforman la estructura.
- (vi) Daños en los elementos de apoyo.
- (vii) Agrietamiento en soldaduras.
- (viii) Piezas agrietadas o con altos niveles de corrosión.

La corrosión en mayor o menor grado del acero estructural puede ser extremadamente grave, pues es sabido que la corrosión bajo tensión es un fenómeno que produce su rotura sin previo aviso, poniendo en peligro la estabilidad del puente. Esta corrosión por lo general puede ser debida a dos causas: recubrimientos defectuosos o insuficientes o fallos en la inyección de las vainas en el caso de puentes atirantados.

### 2.3.2 Problemática general de las inspecciones.

Actualmente en México la inspección de puentes es un tema con un incipiente desarrollo, principalmente debido a la desatención de los administradores responsables de la infraestructura de carreteras y en parte, de las autoridades que intervienen en la conservación de la misma.

Entre las condiciones adversas a las que se enfrentan las inspecciones de puentes tenemos:

- (i) **Costos;** cualquier actividad de inspección significa gastar en su realización. De inicio, en un país tan extenso como México realizar labores de inspección en puentes implica traslados al sitio donde se ubican las estructuras siendo en algunos casos que los traslados representan cientos y hasta miles de kilómetros.

- (ii) **Personal calificado**; el número de especialistas en el área de puentes es escaso, no se tiene una amplia participación de los profesionales de la ingeniería civil que estén interesados en dedicarse a los puentes.
- (iii) **Difícil acceso** a las estructuras.
- (iv) **Falta de una norma** que permita hacer una evaluación cuantitativa de las estructuras, con metodología definida y valores de referencia.

Los equipos de mantenimiento pueden identificar fácilmente la mayoría de los defectos y programarlos rápidamente para su atención y evitar mayores daños a la estructura del puente, restableciendo las condiciones de seguridad tanto de la obra como para el usuario.

## 2.4 Responsables de la Inspección de Puentes.

La red carretera nacional, que se ha desarrollado de manera gradual a lo largo de varias décadas, comunica a casi todas las regiones y comunidades del país a través de más de 333 mil kilómetros de caminos de todos tipos.

Si bien la red carretera posee una importancia de primer orden para nuestro país, que se destaca en el mundo por su vocación caminera, tanto la vastedad del territorio nacional como las crónicas limitaciones presupuestales que ha padecido y otros factores inciden en una u otra medida en el hecho de que México posea una densidad carretera (es decir, la longitud de carreteras por kilómetro cuadrado de territorio) relativamente baja.

Por su importancia y características, la red carretera mexicana se clasifica en: red federal, redes estatales, caminos rurales y brechas mejoradas.

### 2.4.1 Puentes Federales.

La red federal de carreteras es atendida en su totalidad por el gobierno federal. Registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga entre ciudades y canaliza los recorridos de largo itinerario, los relacionados con el comercio exterior y los producidos por los sectores más dinámicos de la economía nacional.

La atención de esta Red está a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en lo referente a construcción, es la Dirección General de Carreteras (antes Dirección General de Carreteras Federales) la encargada de gestionar los proyectos y las obras nuevas de carreteras y puentes libres de peaje.

Una vez concluidas las obras, se hace una entrega oficial de la infraestructura de las carreteras incluyendo sus puentes, a la Dirección General de Conservación de

Carreteras que será la encargada de incorporarlos a su inventario y programar la inspección y mantenimiento de los puentes y de la carretera libre de peaje.

#### **2.4.2 Puentes Estatales.**

Las redes estatales cumplen una función de gran relevancia para la comunicación regional, para enlazar las zonas de producción agrícola y ganadera y para asegurar la integración de extensas áreas en diversas regiones del país.

Estas redes están a cargo de los gobiernos de los estados y desafortunadamente, en su mayoría no se cuenta con un plan estratégico de inspección y mantenimiento de puentes.

El principal interés normalmente está centrado en la atención de los pavimentos y a los puentes se les da comúnmente atención secundaria.

#### **2.4.3 Puentes Municipales.**

Generalmente los gobiernos municipales se encargan de los caminos rurales y las brechas mejoradas, las cuales son vías modestas y en general no pavimentadas; su valor es más social que económico, pues proporcionan acceso a comunidades pequeñas que de otra manera estarían aisladas. Sin embargo, su efecto en las actividades y la calidad de vida de esas mismas comunidades es de gran trascendencia.

En este nivel, la atención que se brinda a la infraestructura de puentes es escasa llegando en los mejores casos a la atención de emergencias y problemas que hayan provocado el cierre de los caminos.

#### **2.4.4 Puentes Concesionados.**

De acuerdo con la SCT y Banobras (2003) una concesión carretera es “un acto mediante el cual el Estado otorga a un particular el derecho a prestar un servicio público y a explotar bienes del dominio público, durante un tiempo determinado, sujeto a diversas condiciones que pretenden preservar el interés público”; asimismo, con la evolución de diversos esquemas financieros para la concesión de servicios públicos, actualmente se cuenta con una legislación especializada, la **Ley de Asociaciones Público Privadas (APP)**, publicada por el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 16 de enero de 2012, que tiene por objeto regular los esquemas para el desarrollo de proyectos de asociaciones público-privadas, matizando la distribución de beneficios y riesgos entre los agentes participantes a través de un contrato de largo plazo para la concesión de un servicio público específico.

De acuerdo con la Ley APP y con la Dirección General de Desarrollo Carretero, las APP en el sector carretero comprenden tres principales tipos de contratos de largo plazo que incluyen las concesiones carreteras “tradicionales” (única opción hasta antes del año 2012), además de proyectos de prestación de servicios (PPS) y el aprovechamiento de activos.

México ha evolucionado muy positivamente en los últimos años y es actualmente uno de los países con más activos, tanto en concesiones como en otros modos de introducir la iniciativa privada en la provisión de infraestructura.

Las primeras autopistas de cuota que se construyeron en México, datan de mediados del siglo pasado. Desde entonces a la fecha, se han construido más de 6,000 kilómetros de autopistas incluidos los libramientos.

Históricamente, se reconoce que la primera autopista de cuota se construyó en 1952 (Autopista México-Cuernavaca), mientras que fue hasta 1989 con el Programa Nacional de Concesiones de Autopistas 1989-1994, cuando se “impulsó la financiación de las concesiones con una aportación del ‘Banco Nacional de Obras (BANOBRAS)’ del 50% de los costos de la construcción, a la vez que el Gobierno aportaba un 25%. De este modo y tan sólo el 25% restante debía ser aportado por las empresas privadas”.

Las primeras autopistas de cuota se construyeron como obra pública, con recursos fiscales y para operarlas, en el año de 1963, el Gobierno Federal creó el organismo público descentralizado “**Caminos Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos**” (**CAPUFE por sus siglas**), cuyo principal objetivo es el de brindar los servicios de operación conservación, mantenimiento, y explotación a la red de autopistas, puentes y servicios conexos construidos bajo ese esquema, la red carretera, la cual tenía una longitud aproximada de 1,000 km. Hacia principios de la década de los años ochenta y conectaba a la capital del país con las principales ciudades aledañas.

Las tarifas de esta red eran relativamente bajas, y su objetivo era cubrir los gastos de operación y conservación y no la amortización de la inversión, debido a que ésta tarifa se establecía a fondo perdido, además que no diferenciaba por tramo global, es decir, que no importaba que se construyeran obras complementarias como puentes, túneles, etc.

A mediados de la década de los 80’s, el gobierno federal enfrentó un importante dilema. El excesivo endeudamiento del estado y los compromisos de pago de la deuda externa e interna, impedían destinar recursos financieros para poder eliminar los rezagos acumulados en materia de infraestructura carretera. Los recursos fiscales que obtenía la federación se destinaban al pago de deuda y a programas prioritarios en materia de educación, alimentación y salud. A pesar de las enormes necesidades de invertir en infraestructura, no contaba el gobierno federal con los recursos necesarios para hacer frente a la creciente demanda.

De acuerdo con el anuario estadístico 2015 (SCT, 2016), en México existían cerca de 157 mil km de carreteras pavimentadas y de ellas 9 664 km eran autopistas de cuota, de estas CAPUFE tenía a cargo 4 111 km, incluye la longitud de las Concesiones carreteras en México y 6 accesos a puentes administrados por dicho organismo.

Mientras que las autopistas administradas por algún esquema de concesión con participación privada o esquema APP, de acuerdo con el portal de la DGDC, son 57 proyectos entre puentes, libramientos y carreteras libres y de cuota, con una longitud de cerca de 4 548 km; asimismo, en dicho portal también se puede consultar los títulos de concesión de infraestructura carretera otorgada a Banobras-Fonadin, Capufe y a diversos gobiernos de las Entidades Federativas de México,

El principal concesionario de autopistas y puentes es el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN)

El Gobierno Federal por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) otorgó al Fideicomiso 1936 denominado Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) perteneciente al Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) una concesión para construir, operar, explotar, conservar y mantener 45 caminos y 3 puentes (autopistas), mismos que tienen una longitud total de 4,224.518 kilómetros. De los cuales actualmente 3,935 están en operación y 289.5 en construcción.

#### **2.4.5 Proyectos de Prestación de Servicios (PPS).**

La asociación pública-privada (APP) es un término genérico para involucrar a las compañías privadas, en la provisión de servicios públicos y obras. La iniciativa de financiamiento privado es el tipo más común de APP, aunque los gobiernos han desarrollado otro tipo de esquemas, en función de las características de cada país y del sector, en donde se desarrollarían los proyectos.

En México, el esquema se denominó Proyectos para Prestación de Servicios (PPS), esta modalidad de asociación pública-privada, permite que el sector privado brinde servicios de apoyo al gobierno para que éste, a su vez, preste un servicio público. En este arreglo contractual, los recursos, riesgos y recompensas para el sector público y privado se combinan para generar una mayor eficiencia, mejor acceso al capital y garantizar el cumplimiento de un rango de regulaciones gubernamentales, en relación al medio ambiente y al lugar de trabajo. El interés público se atiende a través de cláusulas en los contratos que establecen una supervisión constante y revisión de la operación del servicio o desarrollo o instalación.

##### **Objetivos**

Los esquemas PPS persiguen los siguientes objetivos:

1. Elevar la cobertura y la calidad de los bienes y servicios que proporciona el sector público, manteniendo la infraestructura en condiciones óptimas de operación.

2. Impulsar el desarrollo de infraestructura, a través de esquemas que permitan complementar y utilizar eficientemente los recursos públicos.
3. Emplear racionalmente los escasos recursos públicos, tratando de obtener los mayores beneficios sociales.
4. Financiar las necesidades de infraestructura pública, sin presionar el gasto público.

La finalidad esencial de los PPS es elevar la cobertura y calidad de los servicios públicos que otorgan las dependencias y entidades gubernamentales, por medio de la contratación de servicios de apoyo proporcionados por un inversionista proveedor. Los servicios que se contraten a través de un PPS deberán servir de apoyo al gobierno

#### Variantes del PPS

PPS: el inversionista proveedor es propietario del terreno y los activos.

Construcción en terrenos federales: El terreno se concesiona durante la construcción, pudiéndose venderlo posteriormente.

Fideicomiso: Se aporta el terreno al fideicomiso y posteriormente el Gobierno Federal se queda como propietario.

Concesión SCT/Contrato de Servicios: se otorga la concesión para la construcción y mantenimiento y se adjudica un PPS por la operación.

Un PPS se desarrolla con base en un contrato de servicios de largo plazo, mínimo 15 años, a través del cual un inversionista proveedor proporciona un conjunto de servicios al sector público, perfectamente definidos, estableciendo los niveles de calidad requeridos durante la vida del contrato, así como la distribución de riesgos entre los inversionistas privados y el gobierno.

En el caso más completo, el inversionista proveedor se hace cargo del diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de los activos y servicios relacionados con esta provisión.

#### Características principales de los PPS\*

Para ser considerado un PPS, el proyecto debe cumplir las siguientes características:

- Su realización implica la celebración de un contrato de servicios de largo plazo entre una dependencia o entidad y un inversionista proveedor.
- Los servicios provistos bajo el contrato, deben permitir a las dependencias o entidades contratantes el mejor cumplimiento de sus funciones y servicios encomendados, y a los objetivos descritos en el Plan Nacional de Desarrollo y los programas sectoriales.

- La prestación de los servicios se lleva a cabo con los activos que construya o provea el inversionista proveedor, incluyendo activos concesionados por el sector público, en función de lo requerido por el contratante. La propiedad de los activos puede ser del inversionista privado o del gobierno.
- Los pagos se realizan en función de la disponibilidad y calidad de los servicios que se presten. Una vez cumplidos estos criterios, el gobierno tiene la obligación de cubrir los pagos correspondientes, los cuáles se registran como gasto corriente.
- Se debe demostrar, a través de un análisis costo y beneficio, el valor de realizar un PPS.
- Los riesgos asociados al proyecto se distribuyen entre los dos sectores.
- Aunque el sector privado participa en un PPS, la responsabilidad final de la provisión de los servicios públicos ante los usuarios recae exclusivamente en el sector público.

De manera general, el sector público puede proponer, bajo el esquema PPS, todos aquellos proyectos en los cuales se puedan definir servicios, niveles de calidad y riesgos de largo plazo; sin embargo, para desarrollar un proyecto como PPS, se debe demostrar, a través de análisis costo y beneficio, que su valor social neto será positivo comparándolo con un proyecto de referencia de inversión pública tradicional.

#### Métodos de financiamiento

El propósito de la implementación de los PPS es suplementar las prácticas convencionales de financiamiento al combinar diferentes fuentes de recursos, reduciendo las presiones sobre el presupuesto público. Esto depende del desarrollo de los instrumentos en el sistema financiero local y el acceso a mercados extranjeros.

Algunas de las fuentes que podrían emplearse para soportar los PPS son:

- Participación accionaria;
- Bonos anticipatorios de rendimientos esperados;
- Bonos de infraestructura;
- Créditos bancarios para infraestructura estatal;
- Emisión de bonos, garantizados por los cargos directos esperados, por el uso o provisión del servicio (cuotas, peajes);
- Otras fuentes de recursos tradicionalmente destinadas a las agencias públicas, que pueden ponerse a disposición de los inversionistas proveedores: arrendamientos, ingresos por el empleo de otras instalaciones, peajes sombra.

El financiamiento de los PPS, con frecuencia requiere la mezcla de diferentes herramientas de patrocinio público y deuda comercial privada.



---

---

# Manual para Inspección de Puentes

## ***CAPÍTULO 3 - Terminología y Conceptos de la Inspección de Puentes***

---

	<b>Sección</b>	<b>Página</b>
3.1. Glosario de términos de inspección		35
3.2. Clasificación de los puentes y estructuras similares		40
3.3. Tipología de puentes		58
3.4. Perfil de inspectores de puentes		59
3.5. Cargas actuantes en los puentes		61
3.6. Partes que integran los puentes		66
3.7. Clasificación de las inspecciones		101
3.8. Sistema de gestión de puentes		106



### **3. TERMINOLOGÍA Y CONCEPTOS DE LA INSPECCIÓN DE PUENTES**

#### **3.1 Glosario de términos de inspección**

**Accesos:** es la obra o el conjunto de obras que se hacen dentro del derecho de vía de un camino, para permitir de forma provisional o permanente la entrada y salida a una estructura, la forma de los accesos puede variar según si se encuentran en terraplén, corte, balcón o tierra mecánicamente estabilizada.

**Acotamiento:** faja contigua a la calzada comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o, en su caso, de la guarnición de la banqueteta o de la faja separadora.

**Aguas abajo:** con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas abajo, si se sitúa después de la sección geométrica o hidráulica considerada, avanzando en el sentido de la corriente. Otra expresión también usada es río abajo.

**Aguas arriba:** con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas arriba, si se sitúa antes de la sección geométrica o hidráulica considerada, retrocediendo en el sentido de la corriente. Otra expresión también usada es río arriba.

**Alineamiento horizontal:** corresponde a la planta del eje de la estructura, es decir, la proyección sobre un plano horizontal del eje de la estructura, está formado por tangentes, curvas horizontales y espirales.

**Alineamiento vertical:** corresponde al perfil de la estructura o proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje. El alineamiento vertical está formado por tangentes y curvas en cresta y columpio.

**Ancho de calzada:** espacio libre entre las partes inferiores de las guarniciones o banquetetas, medido normalmente al eje longitudinal de la estructura. Si no existen guarniciones o banquetetas, el ancho libre será la distancia mínima entre las caras interiores de los parapetos de la estructura.

**Ancho total de la estructura:** el ancho total de la estructura es la distancia entre las caras extremas de la superestructura, medida normalmente a su eje longitudinal. Para estructuras que den servicio al tránsito de vehículos automotores, peatones y/o bicicletas, será la suma de los anchos de calzada, de las guarniciones o banquetetas con los parapetos y, en su caso, de las medianas.

**Apoyos:** se le denomina apoyos o dispositivos de apoyo a los elementos que tienen por función servir de soporte a la superestructura y transmitir las cargas a la subestructura.

**Banquetas:** elementos de concreto construidos en las orillas de la calzada, cuyo objetivo es permitir, en condiciones de seguridad, el paso de peatones.

**Bombeo:** pendiente transversal descendente hacia ambos lados del eje de la calzada, en tangente horizontal.

**Bordillos:** elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el agua erosione el talud del terraplén.

**Caballetes:** estructura tipo marco rígido usado como apoyo extremo que proveen soporte a la superestructura, establecen la conexión entre la superestructura y el terraplén, son diseñados para soportar la carga que soporta la superestructura y parcialmente las presiones del suelo ya que permite el derrame de los terraplenes.

**Cadenamiento:** distancia acumulativa, desde un punto de origen preestablecido (origen), a lo largo del eje de un camino o estructura, hasta otro punto (destino).

**Cajones de cimentación:** son cimentaciones formadas por las losas de cimentación, retícula de contratrabes y tapa para transmitir las cargas al suelo.

**Calzada:** parte destinada al tránsito de vehículos, se compone por carriles y en algunos casos por acotamientos.

**Carga viva de diseño:** es la debida al peso de las cargas móviles aplicadas, que corresponden a camiones, autobuses, automóviles, equipos para construcción y trabajos agrícolas, ciclistas, peatones, ganado y en puentes de ferrocarril (PIF), al tren, que se utiliza para diseñar los elementos del puente o la estructura en cuestión.

**Carpeta asfáltica:** las carpetas asfálticas son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura.

**Carpeta de concreto hidráulico:** las carpetas de concreto hidráulico son las que se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Portland y agua, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura.

**Carriles de circulación:** franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por señalamiento horizontal, y con anchura suficiente para la circulación de vehículos.

**Cauce efluente:** cauce cuyo nivel de fondo se encuentra por debajo del nivel de la superficie freática libre y por lo tanto recibe las aportaciones de agua subterránea de los mantos de las laderas.

**Cauce Influyente:** cauce cuyo nivel de fondo se encuentra por encima del nivel de la superficie freática libre y el agua pasa desde la corriente superficial a la zona de saturación.

**Cilindros de cimentación:** son elementos cilíndricos huecos de grandes dimensiones, cuya capacidad de carga es mucho mayor al de las pilas cimentación. Se utilizan generalmente para la cimentación de los apoyos de grandes puentes.

**Claros:** es la distancia, en proyección horizontal entre ejes de apoyos, medido paralelamente al eje del camino para puentes.

**Cunetas:** canal que se ubica en uno o en ambos lados de los hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y por el talud.

**Defectos estructurales:** son aquellos que comprometen la seguridad de la estructura propiamente dicha del puente.

**Defectos funcionales:** son aquellos que comprometen la actividad operativa de la obra, que es la de permitir el paso del caudal del curso de agua y proporcionar un paso seguro a los usuarios.

**Defensa:** dispositivo de seguridad que se emplea para evitar, en lo posible, que los vehículos salgan de la estructura o los accesos.

**Erosión del suelo:** es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial (lluvia) o de escorrentía (escurrimiento), que, en contacto con el suelo, vence la resistencia de las partículas de éste generándose el proceso de erosión.

**Espacio libre vertical:** será la distancia mínima vertical entre el intradós o cara inferior de la superestructura y el nivel de agua de diseño (NADI) o el nivel del terreno natural.

**Estribos:** estructura tipo muro usada como apoyo extremo que proveen soporte a la superestructura, establecen la conexión entre la superestructura y el terraplén, son diseñados para soportar la carga que soporta la superestructura y las presiones del suelo.

**Esviaje:** se dice que una estructura tiene esviaje o que está construido con esviaje, cuando la forma en planta del tablero no es rectangular. Esto quiere decir que la horizontal de los apoyos del tablero forman un ángulo distinto a 90 grados, con el eje longitudinal del tablero.

**Gálibo horizontal o espacio libre horizontal:** se define como la distancia entre los paramentos de los estribos, entre los paramentos de un estribo y una pila, entre los paramentos de dos pilas o columnas contiguas, entre los ceros de los conos de derrame o entre los ceros de un cono de derrame y el paramento de una pila, medida normalmente al eje longitudinal del cuerpo de agua, la carretera o vía férrea que se cruce.

**Gálibo vertical:** será la distancia mínima vertical entre el intradós o cara inferior de la superestructura y cualquier punto de la superficie de la calzada y de sus acotamientos o la parte superior del riel más alto.

**Guarniciones:** son elementos de concreto colocados en las orillas de la calzada de la estructura, con el propósito de encauzar el tránsito vehicular y servir de base a un parapeto o a una defensa.

**Juntas de expansión:** es la separación que existe para permitir la expansión o la contracción entre estructuras, por efecto de los cambios de temperatura, se colocan juntas en sus extremos y en otras secciones intermedias donde se requieran.

**Lavaderos:** obra complementaria de drenaje que se construye para desalojar el agua de la superficie de rodadura y evitar su erosión.

**Longitud total del puente:** es la distancia, en proyección horizontal entre la parte inicial y final de la estructura, medida paralelamente al eje del camino para puentes.

**Margen derecha:** la expresión «margen derecha» hace referencia generalmente a la ribera o lado derecho de un río o arroyo. Si nos imaginamos o encontramos en las inmediaciones de un río, mirando hacia donde fluye el río, es decir mirando hacia aguas abajo, la margen derecha es la orilla que se encuentra al lado derecho. Es una circunstancia importante topográficamente, por lo cual es muy empleada en orientación geográfica.

**Margen izquierda:** la expresión «margen izquierda» hace referencia generalmente a la ribera o lado izquierdo de un río o arroyo. Si nos imaginamos o encontramos en las inmediaciones de un río, mirando hacia donde fluye el río, es decir mirando aguas abajo, la margen izquierda es la orilla que se encuentra al lado izquierdo. Es una circunstancia importante topográficamente, por lo cual es muy empleada en orientación geográfica.

**Medianas:** elementos de concreto o acero que se colocan sobre la calzada de la estructura cuando la carretera es de tres o más carriles y cuenta con barreras centrales, para separar los sentidos de circulación e incrementar la seguridad de los usuarios.

**Parapetos:** sistemas de postes verticales y elementos longitudinales que se colocan sobre las guarniciones o las banquetas, a lo largo de los extremos longitudinales de la estructura, principalmente para la protección de los usuarios.

Los elementos longitudinales pueden ser uno o varios y estar constituidos por vigas de concreto, tubos y perfiles metálicos, o defensas metálicas de lámina.

**Pilas:** son elementos de apoyo intermedios del puente los cuales conducen los esfuerzos de la superestructura hacia el suelo.

**Pilotes:** elemento constructivo de cimentación profunda de tipo puntual cuya dimensión mayor es de máximo 60 cm de diámetro o de lado en caso de que tenga sección cuadrada, que permite transmitir las cargas de la superestructura y subestructura a través de estratos suaves e inconsistentes, hasta estratos más profundos con la capacidad de carga suficiente para soportarlas; o bien, para repartir estas en un suelo relativamente blando de tal manera que atraviesen lo suficiente para que permita soportar la estructura con seguridad.

**Rasante:** proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical. En la sección transversal está representada por un punto.

**Sobreelevación:** pendiente transversal descendente que se da a la corona de las estructuras hacia el centro de las curvas de la alineación horizontal, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga.

**Socavación:** remoción de materiales del lecho de un cause debido a la acción erosiva del flujo del agua alrededor de una estructura.

**Subestructura:** son los componentes estructurales de un puente que soportan directamente la superestructura. Está conformada por las pilas (apoyos centrales) y por los estribos (apoyos extremos); encargados en transmitir las cargas a la cimentación.

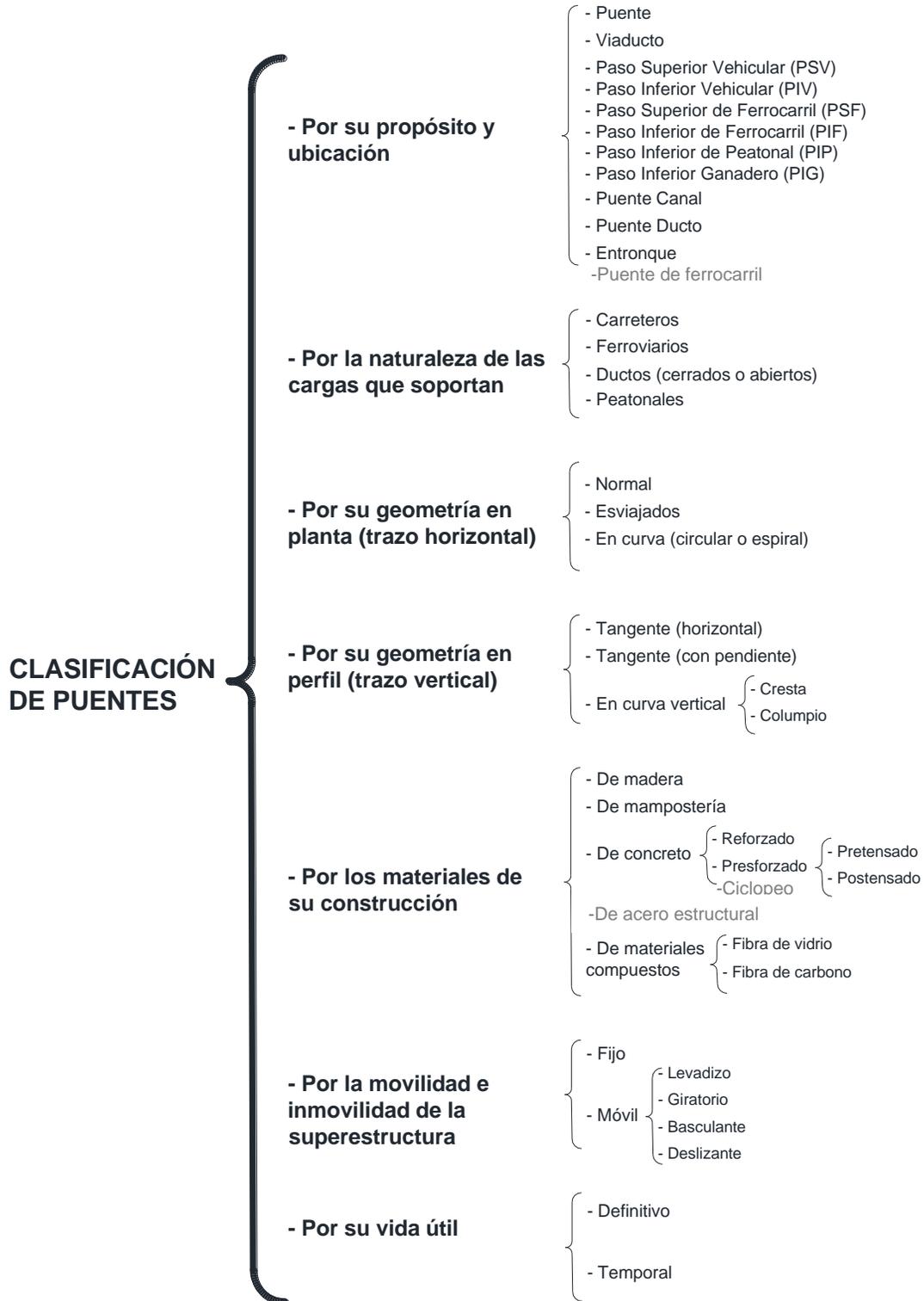
**Superestructura:** se denomina superestructura al sistema estructural formado por el tablero y la estructura portante principal. El tablero está constituido por los elementos estructurales que soportan en primera instancia, las cargas de los vehículos para luego transmitir sus efectos a la estructura principal. Estructura portante, se denomina así, al sistema estructural que soporta al tablero y salva el claro entre apoyos, transmitiendo las cargas a la subestructura.

**Superficie de rodadura:** es la superficie que está expuesta de manera directa a la acción de los neumáticos de los vehículos y posibilita su circulación.

**Zapatas:** son cimentaciones superficiales de forma cuadrada o rectangular, construidos usualmente de concreto reforzado. Por lo general se utilizan en suelos poco compresibles de mediana y alta capacidad de carga, o para estructuras capaces de soportar asentamientos diferenciales sin daños.

### 3.2 Clasificación de los puentes y estructuras similares

A los puentes podemos clasificarlos:



### 3.2.1 Clasificación por su propósito y ubicación

De acuerdo a la norma **N-PRY-CAR-6-01-001/01** según su propósito y ubicación las estructuras se clasifican como sigue a continuación:

#### 3.2.1.1 Puente

Estructura con longitud mayor a seis (6) metros, que se construye sobre corrientes o cuerpos de agua y cuyas dimensiones quedan definidas por razones hidráulicas.



*Figura 1. Puente Tlacotalpan*



*Figura 2. Puente Nuevo Laredo*

#### 3.2.1.2 Viaducto

Estructura que se construye sobre barrancas, zonas urbanas u otros obstáculos y cuyas dimensiones quedan definidas por razones geométricas, dependiendo principalmente de la rasante de la vialidad y el tipo de obstáculo que cruce.



*Figura 3. Viaducto Huilmar*



*Figura 4. Viaducto Zirahuen*

#### 3.2.1.3 Paso Superior Vehicular (PSV)

Estructura que se construye en un cruce de la carretera de referencia por encima de otra vialidad y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de ambas vialidades.



Figura 5. P. S. V. El Medio Camino



Figura 6. P.S.V. Maltrata

### 3.2.1.4 Paso Inferior Vehicular (PIV)

Estructura que se construye en un cruce de la carretera de referencia por abajo de otra vialidad y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de ambas vialidades.



Figura 7. P.I.V. Km 173+260 de la Autopista Champotón-Campeche



Figura 8. P.I.V. Gasera km 80+720 Autopista Rosarito-Ensenada

### 3.2.1.5 Paso Superior de Ferrocarril (PSF)

Estructura que se construye en un cruce de la carretera de referencia por encima de una vía de ferrocarril y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de la carretera y de la vía.



Figura 9. P.S.F. San Miguelito Km 263+700 de la Autopista Cd. Mendoza-Córdoba



Figura 10. P.S.F. km 86+745 Autopista León-Lagos

### 3.2.1.6 Paso Inferior de Ferrocarril (PIF)

Estructura que se construye en un cruce de la carretera de referencia por debajo de una vía de ferrocarril y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasantes de la carretera y de la vía.



Figura 11. P.I.F. Venustiano Carranza Km R 3+950, libramiento Venustiano Carranza



Figura 12. P.I.F. Venustiano Carranza Km R 3+950, libramiento Venustiano Carranza

### 3.2.1.7 Paso Inferior Peatonal (PIP)

Estructura destinada exclusivamente al paso de personas, que se construye por encima de la carretera de referencia y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasante de la vialidad que cruza.



Figura 13. P.I.P. Km 105+000 de la Autopista Tijuana-Ensenada



Figura 14. P.I.P. Km 27+700 de la Autopista Nuevo Teapa-Cosoleacaque

### 3.2.1.8 Paso Inferior Ganadero (PIG)

Estructura destinada al paso de personas y ganado, que se construye por encima de la carretera de referencia y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y rasante de la vialidad que cruza.



Figura 15. P.I.G. Km 161+080 de la Autopista Raudales-Ocozocoautla



Figura 16. P.I.G. Km 161+080 de la Autopista Raudales-Ocozocoautla

### 3.2.1.9 Puente Canal

Estructura destinada exclusivamente al paso del flujo de un canal, que se construye por encima de la carretera de referencia y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y las rasantes de la carretera y del canal.



Figura 17. Puente canal autopista Tehuacán – Oaxaca.

### 3.2.1.10 Puente Ducto

Estructura destinada exclusivamente al cruce de uno o varios ductos por encima de la carretera de referencia y cuyas dimensiones quedan definidas por las características geométricas y las rasantes de la carretera y de los ductos.



Figura 18. Puente ducto metálico Socapampa, Bolivia

### 3.2.1.11 Entronque

Estructuras que se encuentran en la intersección de dos o más carreteras importantes que forman un distribuidor vial.



Figura 19. Entronque la luz ubicado en el km. 291+750 de la autopista cd. Mendoza – Córdoba

## 3.2.2 Clasificación por la naturaleza de las cargas que soportan

### 3.2.2.1 Carreteros

Se le denomina de esta manera a aquellas estructuras cuya función principal es dar paso a vehículos automotores.

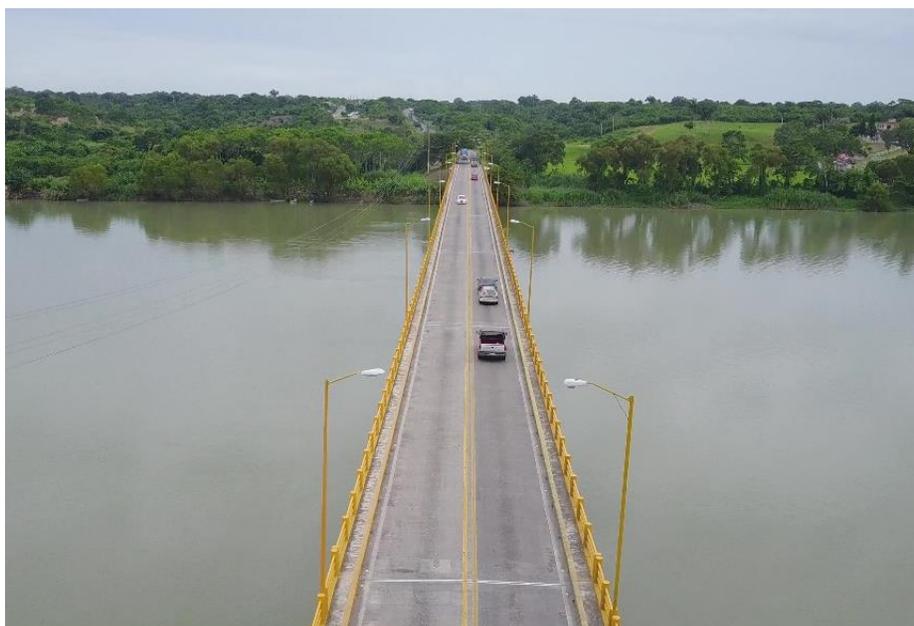


Figura 20. Puente Tecolutla

### 3.2.2.2 Ferrovianos

Estructuras cuya función principal es servir de paso a ferrocarriles.



*Figura 21. Puente Río La Lana*

### 3.2.2.3 Ductos (cerrados o abiertos)

Estas estructuras están destinadas al paso de fluidos, pudiendo ser abiertos o cerrados.



*Figura 22. Puente canal Briare, Francia*

### 3.2.2.4 Peatonales

Estas estructuras son usadas para dar paso a peatones sobre alguna vialidad u obstáculo.



Figura 23. P.I.P. Km 69+000 de la Autopista Tijuana-Ensenada

### 3.2.3 Clasificación por su geometría en planta (trazo horizontal)

#### 3.2.3.1 Normal

Este tipo de estructuras son aquellas en donde el eje de la estructura y el eje de los apoyos forma un ángulo de  $90^\circ$  y por consecuencia los tableros en planta son rectangulares.

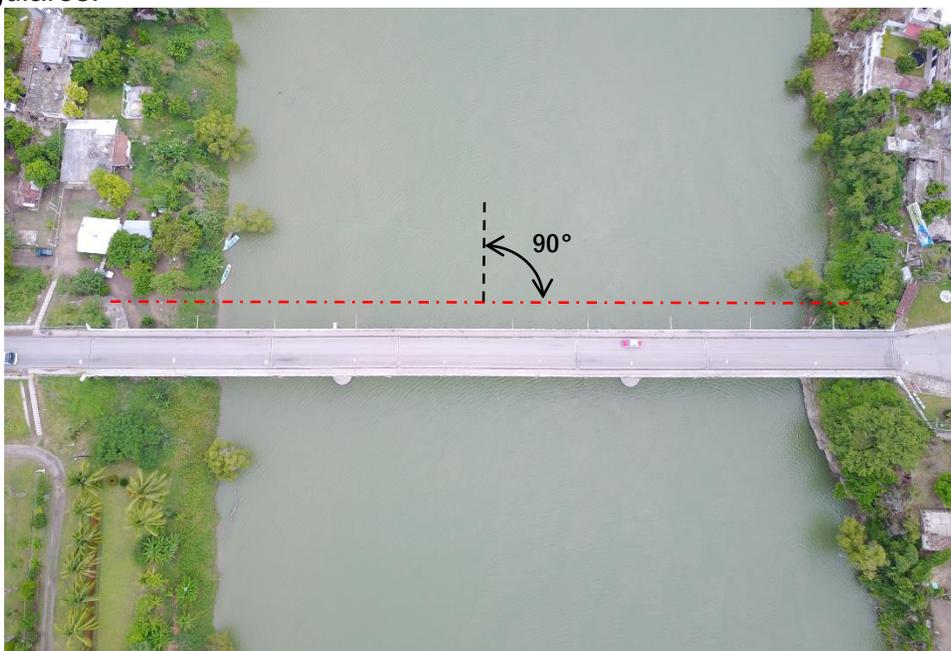


Figura 24. Ejemplo de puente con alineamiento horizontal normal (Puente Pánuco)

### 3.2.3.2 Esviajado

Se dice que una estructura tiene esviaje o que está construido en esviaje, cuando la forma en planta del tablero no es rectangular. Esto quiere decir que el eje de los apoyos forma un ángulo distinto a  $90^\circ$ , con el eje longitudinal de la estructura.



Figura 25. Ejemplo de puente con alineamiento horizontal esviajado (Puente Ignacio Zaragoza)

### 3.2.3.3 En curva (horizontal)

Las estructuras en curva son aquellas estructuras en donde se unen tangentes consecutivas del alineamiento horizontal. Sirven para que los vehículos cambien de dirección, de manera que la fuerza centrífuga a que está sujeto sea constante. Por esta razón su forma es circular y puede ser simples o compuestas y con curvas circulares o espirales.

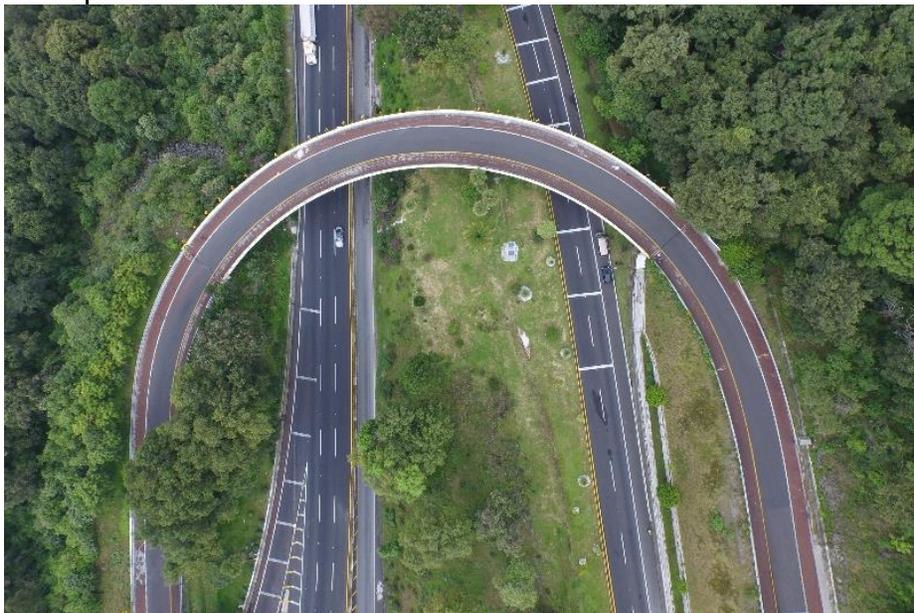


Figura 26. Ejemplo de Puente con alineamiento horizontal en curva (P. I. V. 70+800 de la autopista México – Cuernavaca)

### 3.2.4 Clasificación por su geometría en perfil (trazo vertical)

#### 3.2.4.1 Tangente horizontal

Se denomina estructuras en tangente horizontal aquellas en donde la pendiente longitudinal es de 0%, esto quiere decir, que no existe desnivel entre el punto inicial y el punto final de la estructura.

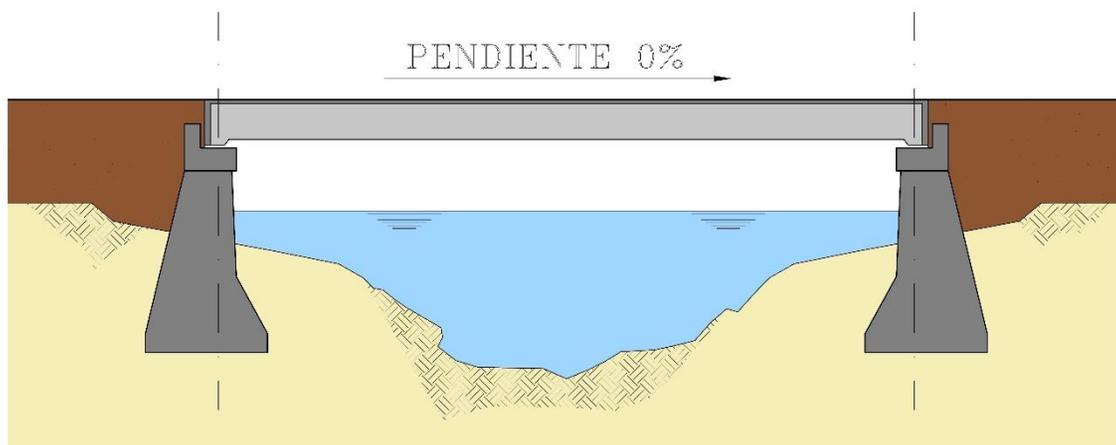


Figura 27. Puente con alineamiento vertical en tangente horizontal

#### 3.2.4.2 Tangente con pendiente

Se denomina estructuras en tangente horizontal aquellas en donde la pendiente longitudinal es diferente de 0%, esto quiere decir, que existe desnivel entre el punto inicial y el punto final de la estructura. Dicha pendiente puede ser ascendente o descendente.

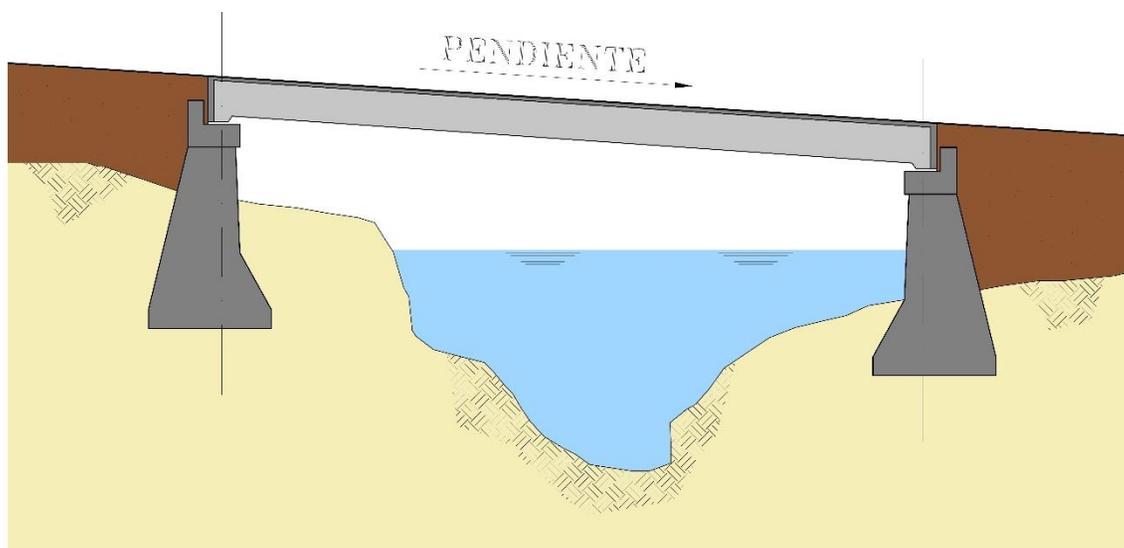
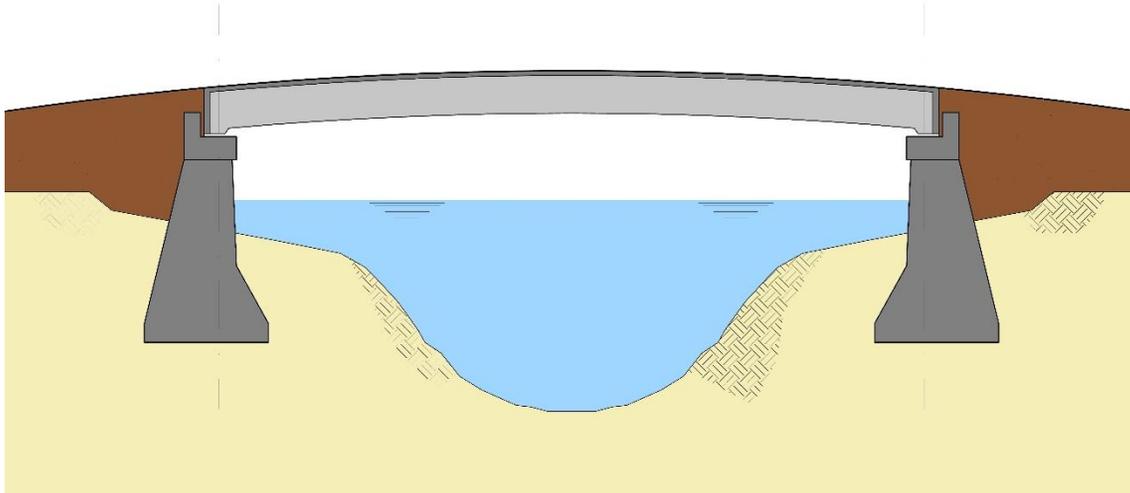


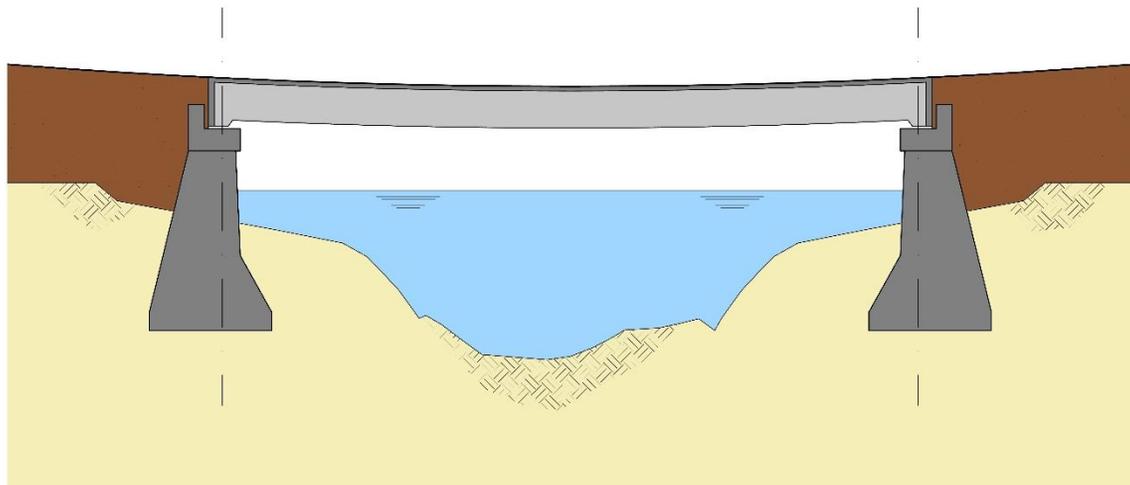
Figura 28. Puente con alineamiento vertical en tangente con pendiente

### 3.2.4.3 En curva vertical

Una estructura con curva vertical es aquella en donde se enlazan dos tangentes del alineamiento vertical con igual o diferente pendiente, de manera gradual, para que la componente de la aceleración centrífuga sea uniforme; lo que determina que su forma sea parabólica. Los tipos de curvas pueden ser en cresta si son convexas o en columpio si son cóncavas.



*Figura 29. Puente con alineamiento vertical en cresta*



*Figura 30. Ejemplo de puente con alineamiento vertical en columpio*



*Figura 31. Ejemplo de puente con alineamiento vertical en tangente horizontal (Puente Temoaya II)*



*Figura 32. Ejemplo de puente con alineamiento vertical en tangente con pendiente (Puente la Huaracha)*



*Figura 33. Ejemplo de puente con alineamiento vertical en cresta (Puente Tampico)*



*Figura 34. Ejemplo de puente con alineamiento vertical en columpio (Puente el Salto)*

### 3.2.5 Clasificación por los materiales de su construcción

#### 3.2.5.1 De madera

Como su nombre lo indica, las estructuras dentro de esta clasificación serán aquellas en que se componen principalmente con elementos de madera.



Figura 35. Ejemplo de puente de madera (Puente Mazcuarras, España)

#### 3.2.5.2 De mampostería

Se denomina de esta manera a las estructuras construidas mediante fragmentos de roca acomodados, junteados o no con mortero, para obtener la forma requerida.



Figura 36. Ejemplo de puente de mampostería (Puente Guadalupe Victoria)

### 3.2.5.3 De concreto

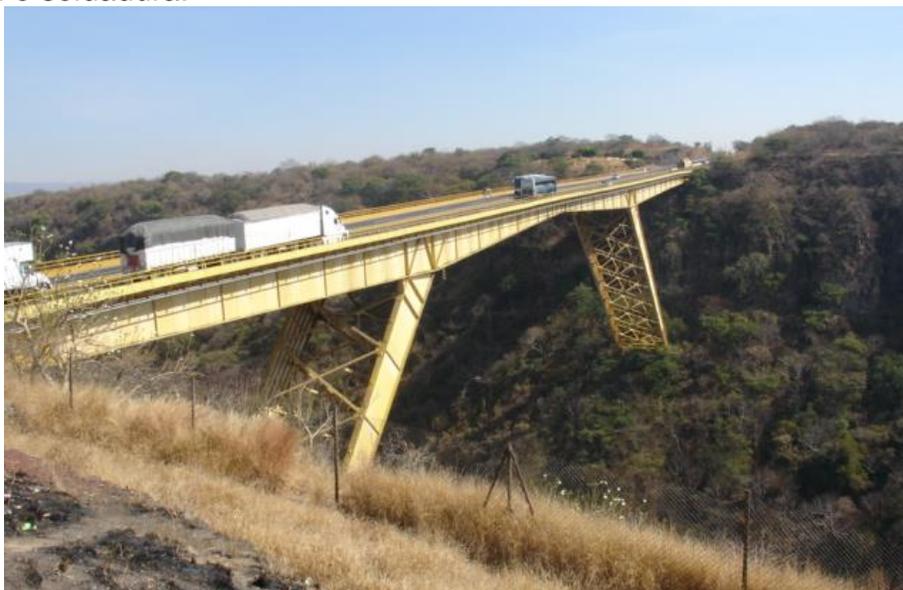
Estas estructuras son unas de las más comunes y están compuestas por una combinación de cemento Pórtland, agregados pétreos, agua y aditivos para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente. Estas pueden estar reforzadas con varillas de acero (concreto reforzado) o con torones o cables de acero a los cuales se les induce una carga de tensión (concreto presforzado) antes (pretensados) o después (postensados) de colocar el elemento.



*Figura 37. Ejemplo de puente de concreto (Puente Papaloapan)*

### 3.2.5.4 De acero estructural

Las estructuras de acero al igual que las de concreto son de las soluciones más utilizadas, y se definen como las estructuras formadas por uno o varios elementos, simples o compuestos, de acero estructural, unidos por remaches, tornillos, pernos a presión o soldadura.



*Figura 38. Ejemplo de puente de acero (Puente Fernando Espinosa)*

### 3.2.5.5 De materiales compuestos

Existen también estructuras de materiales compuestos como pueden ser la combinación de acero o concreto y fibra de carbono o fibra de vidrio, las cuales aumentan la capacidad de carga de las estructuras.



Figura 39. Ejemplo de puente de material compuesto de concreto y fibra de carbono (Puente La Isla)

### 3.2.6 Clasificación por la movilidad e inmovilidad de la superestructura

#### 3.2.6.1 Fijo

Son aquellas estructuras en donde la superestructura se mantiene fija a largo de la vida útil de la misma a excepción de que se realicen algún trabajo de mantenimiento (cambio de apoyos).



Figura 40. Ejemplo de Puente fijo (Puente San Juan)

### 3.2.6.2 Móvil

Son aquellas estructuras en donde la superestructura tiene la capacidad de moverse como parte del funcionamiento normal de la misma, esto se da principalmente para el paso de embarcaciones por debajo de la misma. Existen diversos tipos de puentes móviles entre los cuales tenemos los puentes levadizos, giratorios, basculantes y deslizantes.



*Figura 41. Ejemplo de puente Rotatorio (Puente Ferroviario Papaloapan)*



*Figura 42. Ejemplo de puente basculante (Puente Albatros)*



Figura 43. Ejemplo de puente levadizo (Puente Coatzacoalcos I)

### **3.2.7 Clasificación por su vida útil**

#### **3.2.7.1 Definitivo**

Son los puentes diseñados para una vida en servicio de 75 años. Este periodo es una propuesta dado que no se tiene establecida la vida útil en la normativa vigente.

#### **3.2.7.2 Temporal**

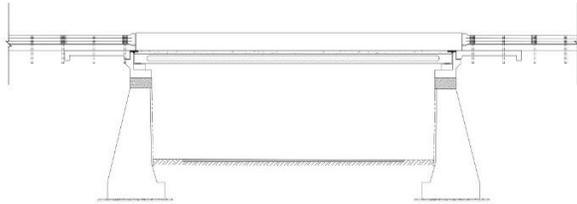
Son puentes que se usa por un tiempo limitado, no mayor a 5 años.



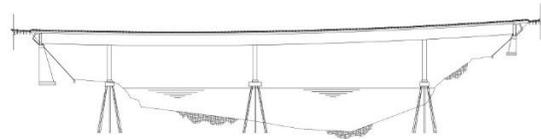
Figura 44. Ejemplo de P.I.P. temporal (P.I.P. sobre Autopista México - Puebla)

### 3.3 Tipología de puentes

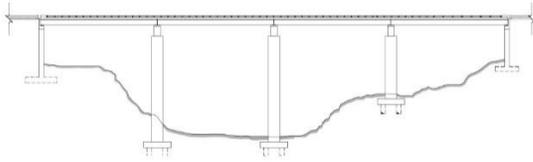
En términos generales los diversos tipos de puentes se identifican por su funcionamiento estructural, forma general de trabajo y la superestructura de la que están contruidos. Podemos identificar los siguientes:



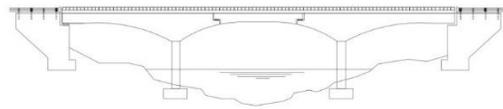
ISOSTÁTICO



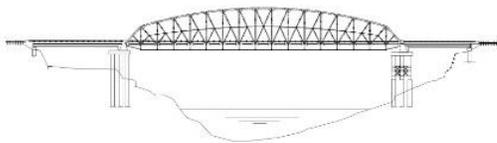
HIPERESTÁTICO (CONTINUO)



ARTÍCULADO



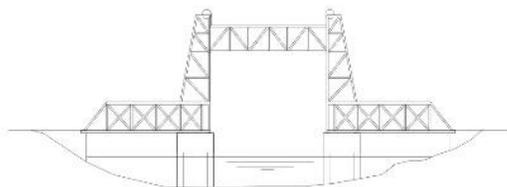
GERBER (CANTILIBER)



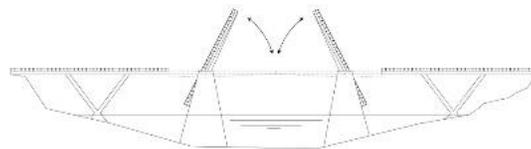
ARMADURA



ARCO



LEVADIZO



BASCULANTE

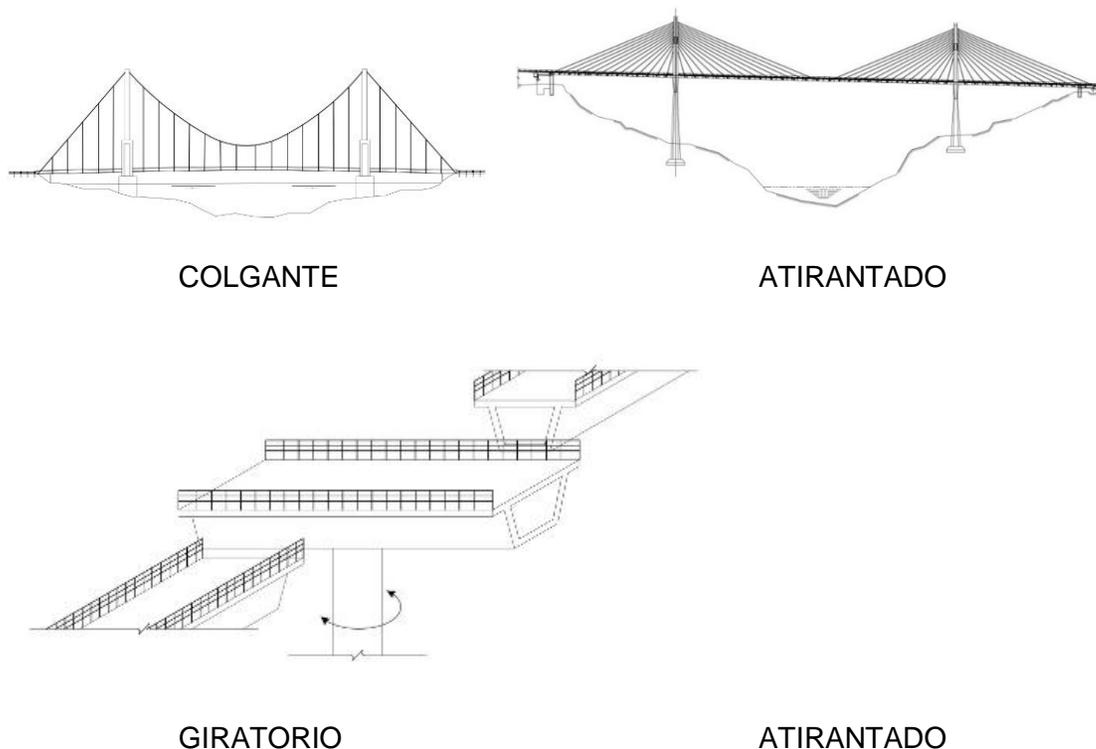


Figura 45. Tipología de puentes

### 3.4 Perfil de inspectores de puentes

El jefe de inspección o la persona encargada al que se le delegan las responsabilidades de inspección, de elaborar reportes y de realizar el inventario del puente, deberá cumplir con los requisitos mínimos siguientes:

- 1) Ser ingeniero civil titulado y registrado con mínimo 5 años de experiencia en inspección de puentes, o
- 2) Ser ingeniero civil y contar con acta de examen profesional o documento similar que acredite su grado académico y tener mínimo 5 años de experiencia en inspección de puentes, o
- 3) Ser pasante de ingeniería civil y tener una experiencia de 10 años como mínimo en el campo de la inspección de puentes, en calidad de responsable, y haber asistido a un curso completo de adiestramiento basado inspección de puentes avalado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Será el responsable de toda la inspección de campo, de los análisis y de todos los resultados de la inspección y de las recomendaciones subsecuentes para corregir defectos, para colocar el señalamiento de restricciones de carga y/o velocidad o para alguna otra recomendación que se juzgue necesaria.

Los problemas encontrados en este trabajo son numerosos, variables y frecuentemente complejos. Por consiguiente, para evaluar debidamente la situación tendrá que usar su criterio basado en la experiencia obtenida en el desempeño de su actividad profesional como inspector de puentes.

Deberá estar totalmente familiarizado con las características de construcción y proyectos del puente para interpretar correctamente las observaciones y los reportes. Deberá ser capaz de determinar las cargas de trabajo y la capacidad de carga de la estructura, así como reconocer cualquier deficiencia estructural y tomar las medidas necesarias y apropiadas para mantener el puente bajo condiciones de seguridad. También deberá poder reconocer las áreas del puente en donde exista un problema incipiente para poder programar correctamente el mantenimiento preventivo.

Rara vez una misma persona tendrá la experiencia suficiente para llevar los requisitos de experto en todos los campos especializados de ingeniería de puentes. Deberá estar consciente de cualesquiera limitaciones impuestas por su falta de experiencia en cualquier área de trabajo. Jamás deberá titubear en utilizar los conocimientos y experiencias de ingenieros colegas en campos tales como proyecto estructural, construcción, materiales, conservación, equipo eléctrico, maquinaria, hidrodinámica, suelos o reparaciones de emergencia.

Deberá considerar la posibilidad de obtener ayuda de otros ingenieros como un equipo de trabajo multidisciplinario, cuando no se cuente con personal fijo o bien cuando se requiera la asesoría en estructuras especiales, tales como puentes colgantes, puentes móviles o estructuras con claros sumamente grandes.

### **3.5 Cargas actuantes en el puente**

#### **3.5.1 Cargas permanentes**

Las cargas como el peso propio de las estructuras, junto con las cargas por empuje de tierra y de empuje hidrostático, constituyen las denominadas cargas permanentes que actúan en las estructuras de los puentes.

Las permanentes son también llamadas “Cargas Muertas”, pueden en términos generales corresponder a la superestructura, subestructura y cimentación de un puente. Las cargas de la superestructura se transmiten a la subestructura mediante los dispositivos de apoyo de la superestructura. La suma de cargas de superestructura y subestructura, se transmiten al terreno natural mediante la cimentación.

##### **3.5.1.1 Superestructura.**

La superestructura varía de acuerdo a la tipología del puente. En cuanto a su tipo estructural puede ser isostática (libremente apoyada); en marco continuo con la subestructura (marcos); en tramos continuos de superestructura (viga continua); como parte de un sistema de puente colgante o atirantado, etc. Ver Secciones anteriores 3.1, 3.2 y 3.3, correspondientes al Apartado 3. Terminología y Conceptos de la Inspección de Puentes.

En cuanto a los materiales que la constituyen pueden ser: de concreto reforzado, concreto presforzado, acero estructural simple o pretensado y madera.

La carga muerta de la superestructura la constituyen: el peso de los elementos portantes y de los elementos transversales de distribución de las cargas vivas (diafragmas); el peso del sistema de piso incluye la losa de piso, el material de la superficie de rodamiento, las guarniciones, banquetas, parapeto y los sistemas de soporte de señalamiento y/o alumbrado.

##### **3.5.1.2 Subestructura**

Los elementos de la subestructura se dividen en apoyos extremos y apoyos intermedios.

**Apoyos extremos:** son estribos o caballetes con cuerpo de mampostería, concreto o metálicos desplantados por superficie o con cimentación profunda, con aleros y conos de derrame de terraplén, o enterrados, con aleros y conos de derrame del terraplén; en ambos casos llevan corona o cabezal de concreto reforzado.

**Apoyos intermedios:** pilas con cuerpo de mampostería, concreto o acero con corona o cabezal de concreto reforzado; pilas con cuerpo, corona y zapata de concreto reforzado, desplantadas por superficie o profunda. Los apoyos intermedios pueden ser también un conjunto de columnas y cabezal, sobre columnas apoyadas en una zapata, la cual podría ser desplantada por superficie o profunda. En los extremos del cuerpo se dispone de tajamares.

### 3.5.1.3 Cimentación

La cimentación es el elemento estructural del puente, que transmite las cargas acumuladas de la superestructura y subestructura, al terreno natural. Esta cimentación en su modo más simple, pudiera ser la parte inferior del cuerpo del estribo o pila, que transmite las cargas al suelo por apoyo directo en éste. Otros tipos de cimentación pudieran ser pilotes hincados o colados en el lugar con perforación previa o cilindros y cajones de cimentación hincados por el procedimiento de “pozo indio”.

Las Cargas Muertas están constituidas por los pesos propios de los materiales de todos los elementos que integran la superestructura, subestructura y cimentación, ya terminados. Incluye los pesos de: sistema de piso, elementos portantes, carpeta de calzada, parapetos, guarniciones, ductos, elementos complementarios, coronas y cuerpo de pilas o caballetes y el peso de las zapatas, pilotes y cilindros o cajones de cimentación.

## 3.5.2 Cargas variables

### 3.5.2.1 Carga vehicular

Las cargas vivas que se deben considerar en una Inspección de Puentes, son las correspondientes a los diferentes vehículos automotores que transitan en los caminos en los que se ubican éstos, así como también las cargas peatonales que transitan en las banquetas del puente. Estas cargas se caracterizan por la variabilidad de su aplicación a las estructuras de los puentes. Respecto a las cargas vehiculares se debe considerar los efectos del Impacto y vibración de los vehículos, así como los efectos de fuerza centrífuga en el caso de puentes en curva.

Actualmente se puede considerar que los vehículos que transitan en los caminos y consecuentemente en los puentes, son del tipo que se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 1. Clasificación y nomenclatura de vehículos*

CLASE	NOMENCLATURA
Automóvil	A
Autobús	B
Camión	C
Tractor	T
Semirremolque	S
Remolque	R

Para fines de inspección, se debe identificar si es posible, el tipo de carga móvil que se consideró en el diseño del puente; así también por observación directa en campo, se debe identificar los tipos de carga móvil máxima que se observen circular sobre las estructuras. De esta observación directa en campo, se podría saber si la carga viva real, es menor o mayor que la de proyecto.

La Secretaría de Obras Públicas de 1966 a finales de 1980 adoptó la carga móvil H15-S12 de las especificaciones A. A. S. H. O.

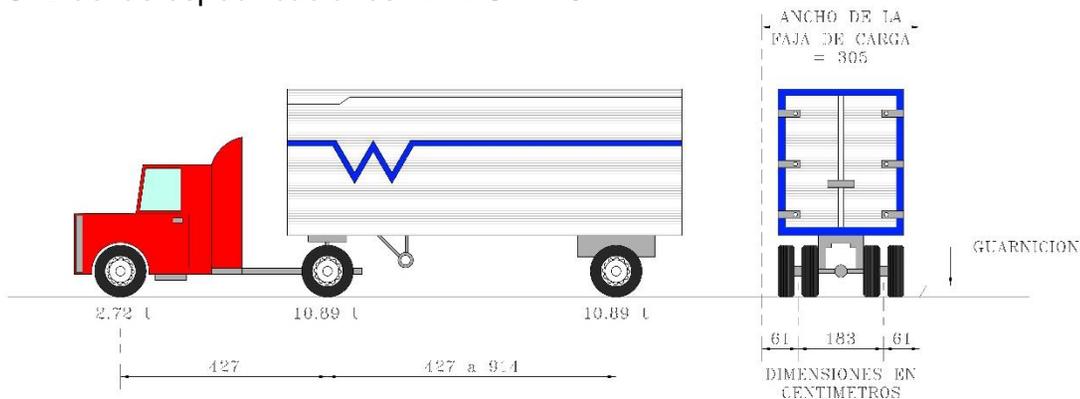


Figura 46. Carga HS15-S12

La SAHOP de 1981 a 1982 adoptó las cargas móviles denominadas HS-15 y HS-20 de las especificaciones A. A. S. H. T. O. para puentes con anchos totales de 8.00 m y 10.00 m, respectivamente, los cuales se muestran en las figuras siguientes:

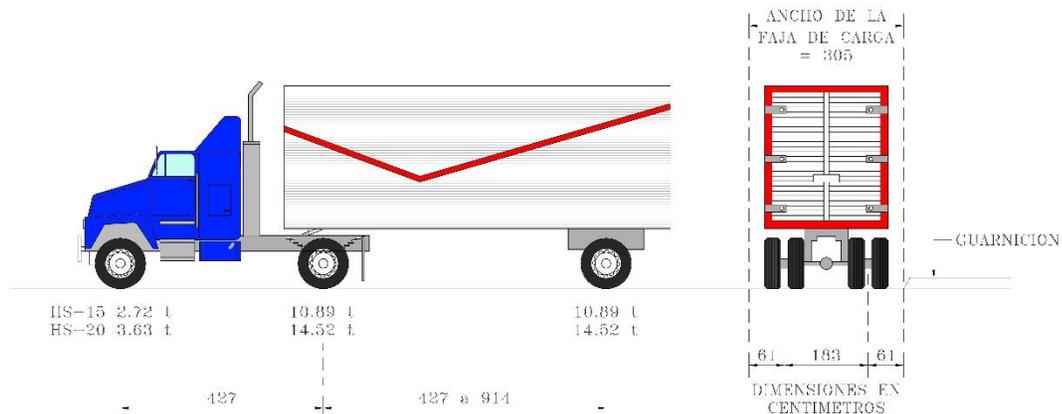


Figura 47. Carga HS-20 y HS-15

Durante muchos años se careció de un plan de trabajo para atender la demanda de conservación de puentes, no fue sino hasta el año de 1982 en el que se autorizó la circulación de camiones pesados T3-S3 y T3-S2-R4 en la red federal, los cuales se muestran en las figuras siguientes:

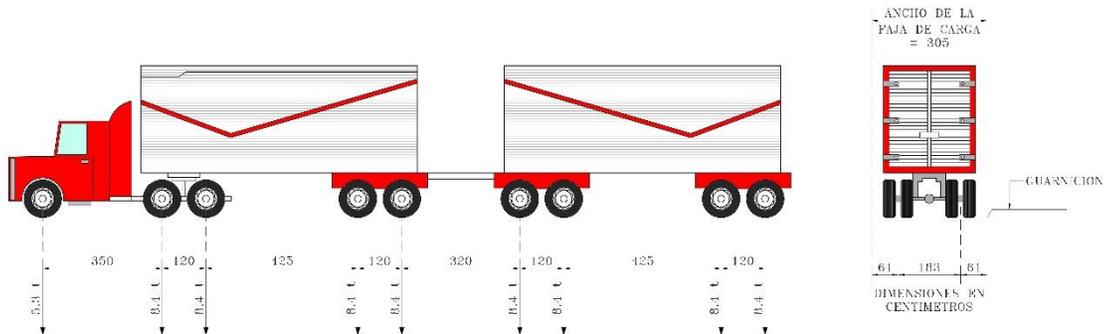


Figura 48. Carga denominada T3-S2-R4 tipo I (72.5 ton)

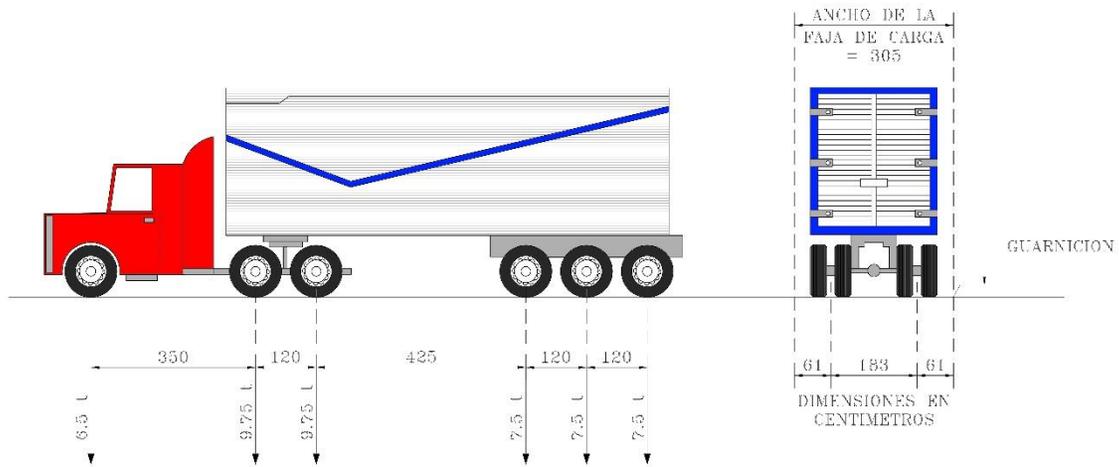


Figura 49. Carga T3-S3

Así también, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), recientemente ha realizado estudios e investigaciones de campo con las cuales ha llegado a especificar nuevos modelos de cargas de diseño, la IMT- 66.5 ton para carreteras principales y la IMT- 20.5 ton para carreteras alimentadoras, es importante mencionar que estas cargas solo son de diseño y no corresponden a un tipo específico de camión las cuales podemos observar en la Figura 50 y Figura 51. También se pueden consultar en la normatividad para infraestructura del transporte en la norma N-PRY-CAR-6-01-003.

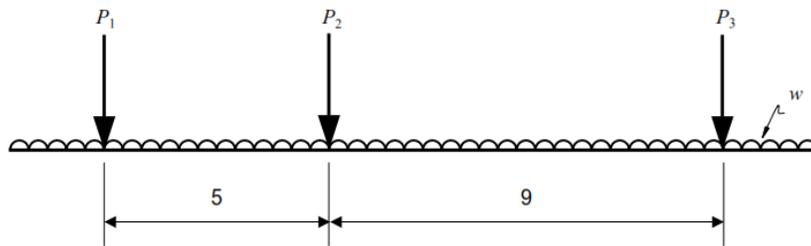


Figura 50. Modelo de cargas vivas vehiculares IMT 66.5

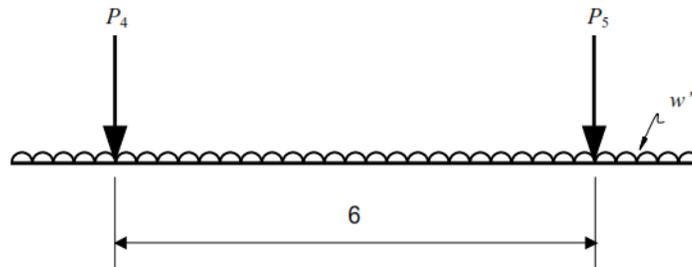


Figura 51. Modelo de cargas vivas vehiculares IMT 20.5

### 3.5.2.2 Carga Viva Peatonal

Los pisos, largueros y soportes intermedios de las banquetas de puentes, serán diseñados de acuerdo con las Especificaciones AASHTO Standard, para una carga de 415 kg/m<sup>2</sup> de área de banqueta. Las traveses, armaduras, arcos y otros miembros

de soporte, serán diseñados para las cargas especificadas en las Especificaciones AASHTO Standard.

### 3.5.3 Cargas eventuales

Las cargas eventuales, son el producto de acciones que ocurren ocasionalmente durante la vida de la estructura, y son las que se indican a continuación:

- Viento
- Sismo
- Frenaje
- Fricción
- Variación de temperatura
- Empuje dinámico del agua
- Subpresión
- Contracción por fraguado
- Acortamiento de arcos
- Flujo plástico
- Asentamientos diferenciales
- Oleaje

Todo el detalle de las cargas eventuales, podrá consultarse en la **NORMATIVA PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE** de la SCT y de no encontrarse contempladas todavía, podrá consultarse en las “Especificaciones AASHTO Standard 17a Edición del año 2002”.

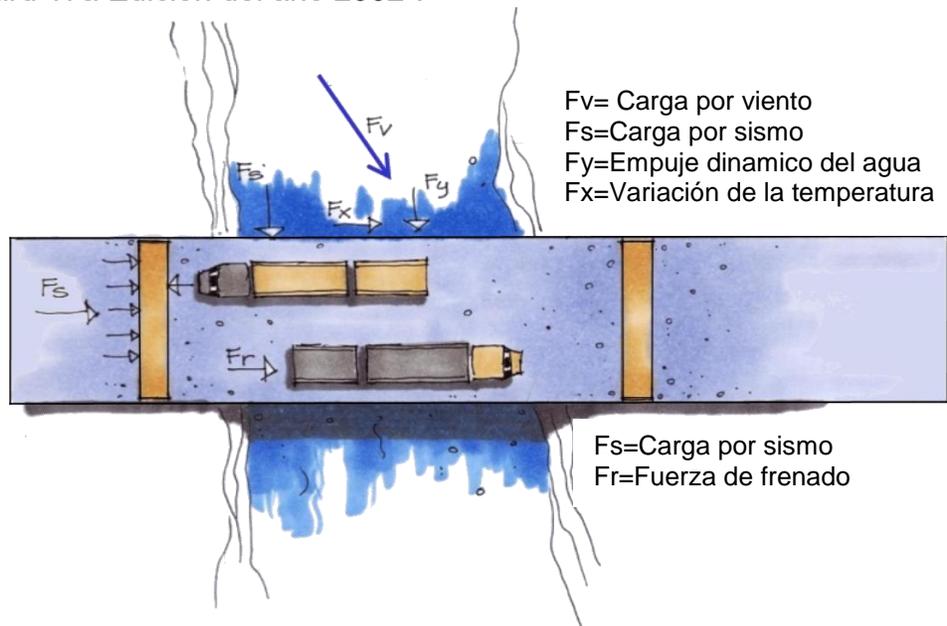


Figura 52. Esquema de cargas accidentales en un puente

### 3.6 Partes que integran los puentes

En esta sección se engloban los principales elementos estructurales que integran los puentes. Esto no incluye a todos, pero dará al inspector una idea de cómo debe conformarse una estructura.

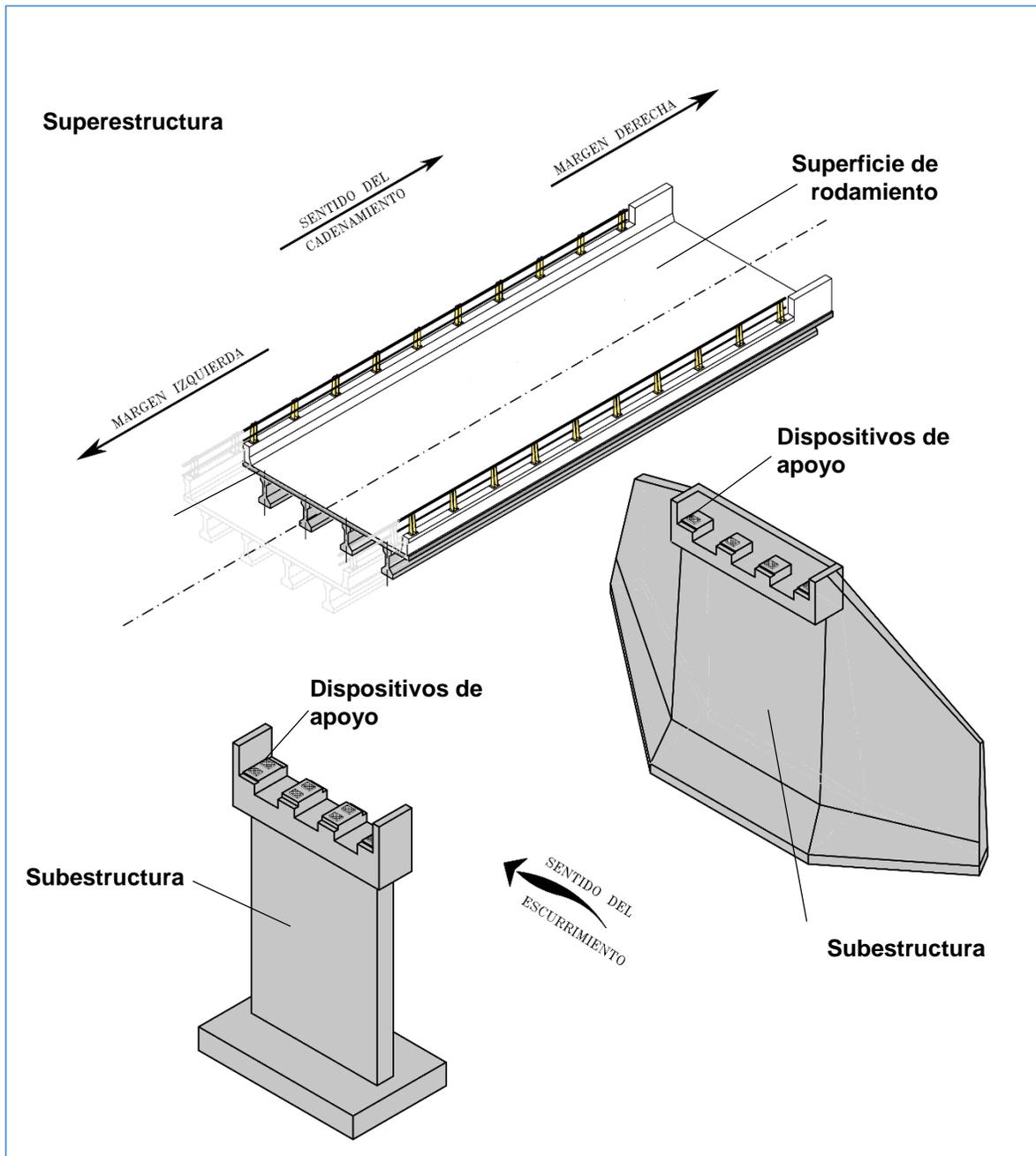


Figura 53. Partes principales de un puente

### 3.6.1 Superficie de rodadura

Es la superficie que está expuesta de manera directa a la acción de los neumáticos de los vehículos y posibilita su circulación, por tal motivo debe contar con los requisitos de ser uniforme, bien drenada, con la rugosidad necesaria para impedir el derrapamiento, cómoda y segura.

#### 3.6.1.1 Materiales

Para que la superficie de rodamiento pueda proporcionar al usuario las condiciones ideales para transitar sobre ella debe estar compuesta por materiales que le proporcionen propiedades que se ajusten a estas necesidades. Usualmente se emplean dos tipos de materiales en las superficies de rodamiento, la carpeta asfáltica y las carpetas de concreto hidráulico.

Las capas de rodamiento con mezcla asfáltica son aquéllas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos y cemento asfáltico, modificado o no, estas capas no tienen función estructural pues generalmente se construyen con espesores pequeños.

El segundo material usualmente utilizado en las superficies de rodamiento son los constituidos concreto hidráulico este tipo de carpetas se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Pórtland y agua, para proporcionar al usuario una superficie de rodamiento adecuada. Tiene espesores mayores que la constituida por mezclas asfálticas, pero tampoco se considera que tenga una función estructural.

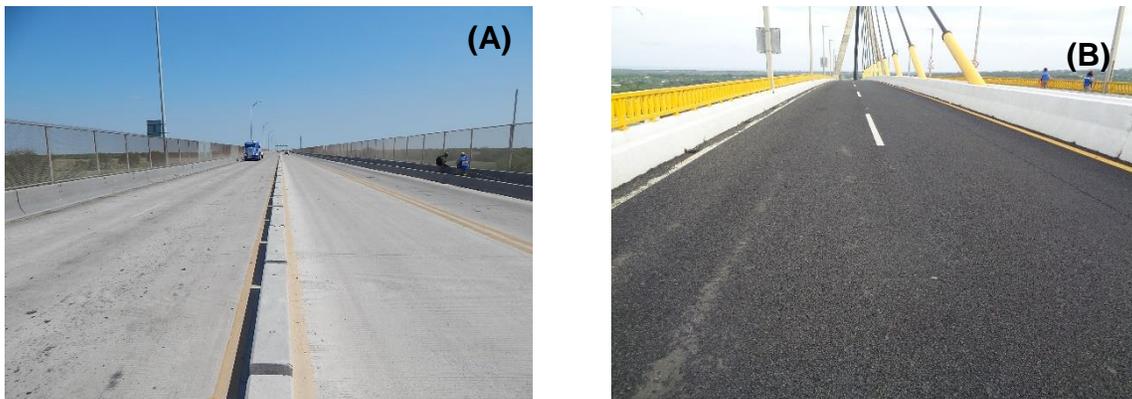


Figura 54. Superficie de rodamiento de (A) concreto hidráulico y (B) carpeta asfáltica

#### 3.6.1.2 Drenaje

Una de las condiciones necesarias para que la superficie de rodamiento sea cómoda y segura para el usuario, es que esta se encuentre bien drenada para esto existen varios tipos de drenaje en ella.

La primera forma de desalojar el agua de la superficie de rodamiento es mediante el drenaje transversal de la calzada y se hace por medio del bombeo de la sección

transversal de la superficie de rodamiento, para luego desalojarlo de la estructura por los drenes o el drenaje longitudinal.

El drenaje longitudinal se da por medio de una contraflecha o por la pendiente longitudinal de la rasante. Cabe mencionar, que en este tipo de drenaje no se permite que el agua que baje por las cunetas de los accesos ni escurra sobre la estructura, por este motivo, al inicio de ésta deberá construirse una obra que la intercepte y capte el agua. Comúnmente esto se resuelve por medio de lavaderos en los accesos de las estructuras. Generalmente es usado en estructuras cortas, de claros continuos, particularmente en pasos superiores vehiculares o de ferrocarril, ya que pueden omitirse los drenes y conducirse el agua de la calzada a bajadas próximas a los extremos de la estructura.

En estructuras largas el drenaje se da por medio de drenes o coladeras del tamaño y número suficiente para drenar el agua en forma apropiada. La colocación de los drenes de la calzada y sus detalles se hace en tal forma que el agua de descarga no caiga sobre alguna parte de la estructura ni sobre el tránsito de una carretera inferior.

Los voladizos de las losas de concreto deben tener un gotero cerca de su extremo, para evitar que el agua escurra sobre los paramentos de la estructura.

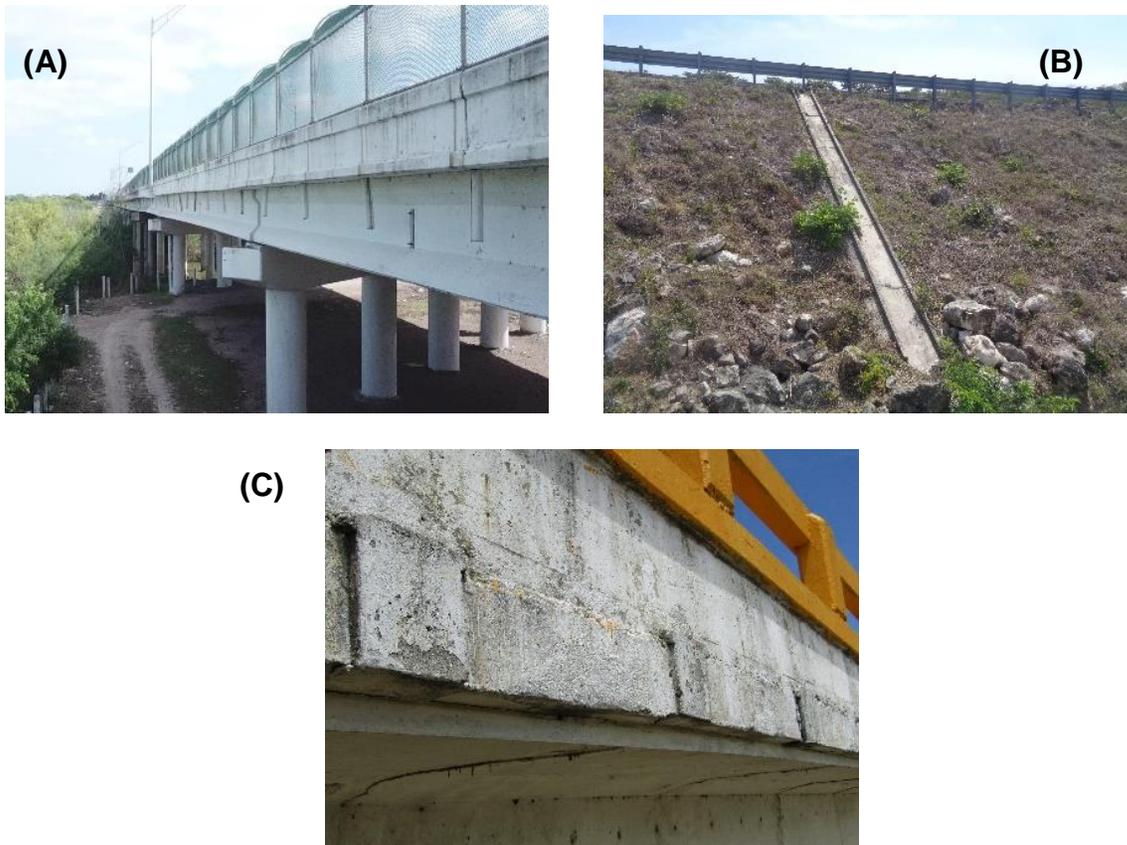


Figura 55. Sistemas de drenaje de la superficie de rodamiento (A) Drenes, (B) Lavaderos y (C) goteros

### 3.6.1.3 Juntas de calzada o juntas de dilatación

Son los elementos responsables de permitir los movimientos relativos (desplazamientos lineales y angulares) entre dos partes en el puente los cuales pueden ser:

- En los apoyos extremos de la estructura, en la zona entre el acceso y el tablero.
- En los apoyos intermedios entre dos tableros.

Es un componente que debe asegurar que los movimientos horizontales que se generan en el puente no afecten los elementos estructurales adyacentes. Es diseñado para dar continuidad a la superficie de rodadura y debe ser impermeable, de tal forma que el agua de los escurrimientos de la vía no afecte los apoyos, estribos y pilas. No debe ser fuente de ruidos y vibraciones al soportar las cargas de tráfico.

En el transcurso de los años se han desarrollado e implementado diferentes tipos de juntas de calzada, estas principalmente dependen de los desplazamientos del puente y de las condiciones del tránsito en el mismo. A continuación, se mencionarán algunas de los tipos de juntas de calzadas comúnmente usados en nuestro país.

#### Junta Elastomérica

Las juntas elastoméricas son dispositivos diseñados para absorber los movimientos estructurales. Altamente resistentes, mantienen su capacidad elástica y de absorción, ofreciendo una gran resistencia a la abrasión y a cambios de temperaturas. Dependiendo del tamaño de la junta estas pueden o no disponer de placas interiores de acero, para evitar la deformación de la superficie.

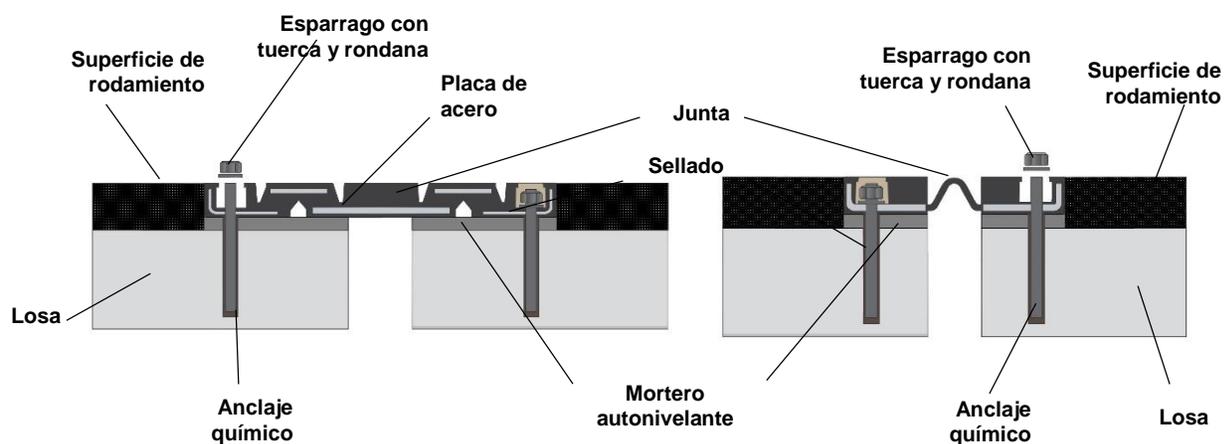


Figura 56. Elementos que componen una junta elastomérica reforzada y no reforzada



Figura 57. Ejemplos de juntas elastoméricas reforzada y no reforzada

### Junta asfáltica

La junta asfáltica un sistema que se aplica en caliente, y se moldea y construye en campo, está compuesto principalmente de asfalto modificado con polímeros que es mezclado con agregados especialmente seleccionados y procesados.

Se puede usar tanto para superficies de concreto hidráulico como de carpeta asfáltica. La junta asfáltica proporciona una junta impermeable y lisa.

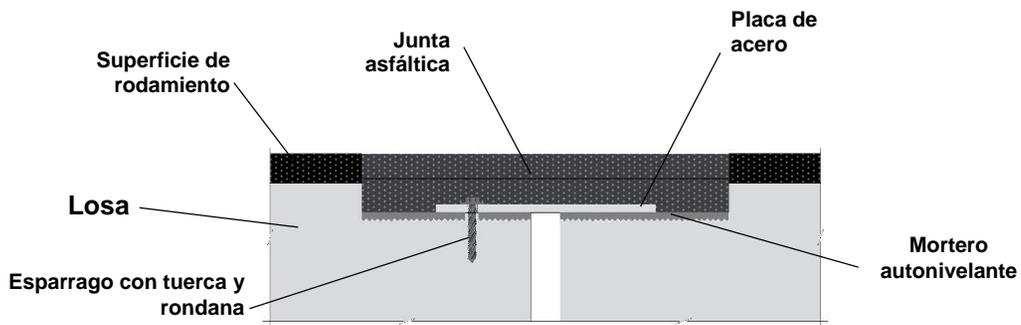


Figura 58. Elementos que componen una junta asfáltica



Figura 59. Ejemplos de juntas asfálticas

### Junta metálica sin sello fijo de neopreno

Este tipo de juntas están formado por dos perfiles metálicos se disponen cara a cara, en el espacio entre los perfiles se coloca un sello de neopreno, el cual no es fijo y generalmente se utiliza para juntas con aberturas pequeñas.

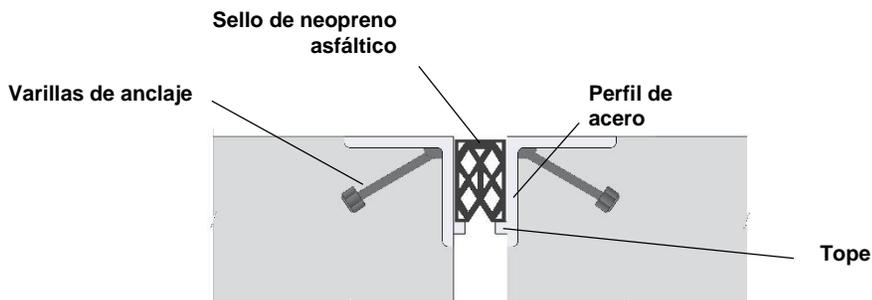


Figura 60. Elementos que componen una junta metálica sin sello fijo



Figura 61. Ejemplos de junta metálica sin sello fijo

### Junta metálica con sello fijo de neopreno

Este tipo de juntas están formado por dos perfiles metálicos que se disponen cara a cara en los cuales existe una zona donde se sujetará el sello de neopreno que se ubicará en el espacio entre los perfiles. Estos se encuentran anclados a la losa por medio de varillas, pernos o espárragos, generalmente se utiliza para juntas con aberturas pequeñas.

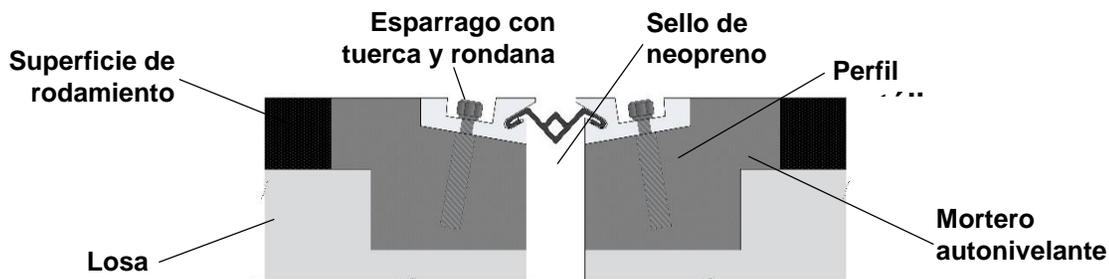


Figura 62. Elementos que componen una junta metálica con sello fijo



Figura 63. Ejemplos de junta metálica con sello fijo

### Junta dentada

Las juntas dentadas son elementos generalmente usados para estructuras especiales como pueden ser puentes empujados, puentes continuos o en doble voladizo. Este tipo de juntas como su nombre lo indica, poseen unos dientes de acero que se entrelazan a tope de modo que al ocurrir un desplazamiento la junta se abre permitiendo el movimiento de la estructura. También poseen un sello de neopreno, el cual tiene la función de hacer impermeable la junta. Hay juntas que permiten desplazamientos longitudinales y otras que también permiten desplazamientos transversales.

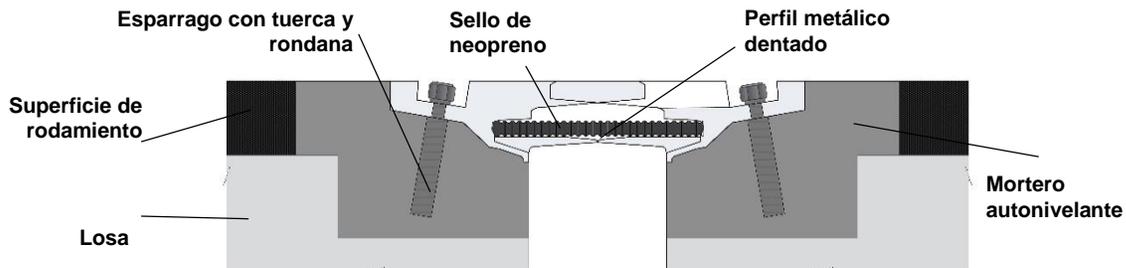


Figura 64. Elementos que componen una junta dentada



Figura 65. Ejemplos de junta dentada

## Junta modular

Las juntas modulares están formadas por perfiles especiales de acero entre los que se han instalado sellos de elastómero. El funcionamiento de la junta se basa en el siguiente concepto: el movimiento de apertura al final de un tablero de un puente se divide en pequeñas aperturas individuales mediante perfiles transversales. Esto permite acomodar movimientos del tablero relativamente grandes, así como rotaciones en todas las direcciones. Las aperturas individuales están selladas mediante sellos elastoméricos, permitiendo un drenaje completo en la superficie del tablero. Los movimientos relativos entre los perfiles transversales se regulan mediante un sistema de control elástico y no restringido. Además se tiene la posibilidad de escoger el número de perfiles deseado lo que define el movimiento admisible.

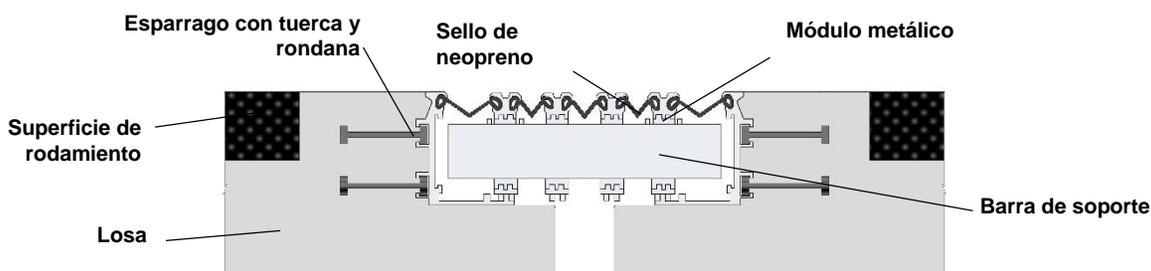


Figura 66. Elementos que componen una junta modular



Figura 67. Ejemplos de junta modular

### 3.6.1.4 Parapeto

Los parapetos son dispositivos que se construyen o colocan longitudinalmente en una obra vial o sus inmediaciones, para una mejor conducción de los vehículos, logrando con esto dar tanto a los conductores como a las estructuras viales una mayor seguridad y protección. Debe cumplir con las especificaciones de señalización (pintura) para que su funcionamiento sea adecuado desde el punto de vista vial en horas del día y de la noche. Su diseño y construcción se debe basar en las especificaciones de la normatividad de SCT. Los parapetos pueden ser metálicos, de concreto reforzado o mixtos.

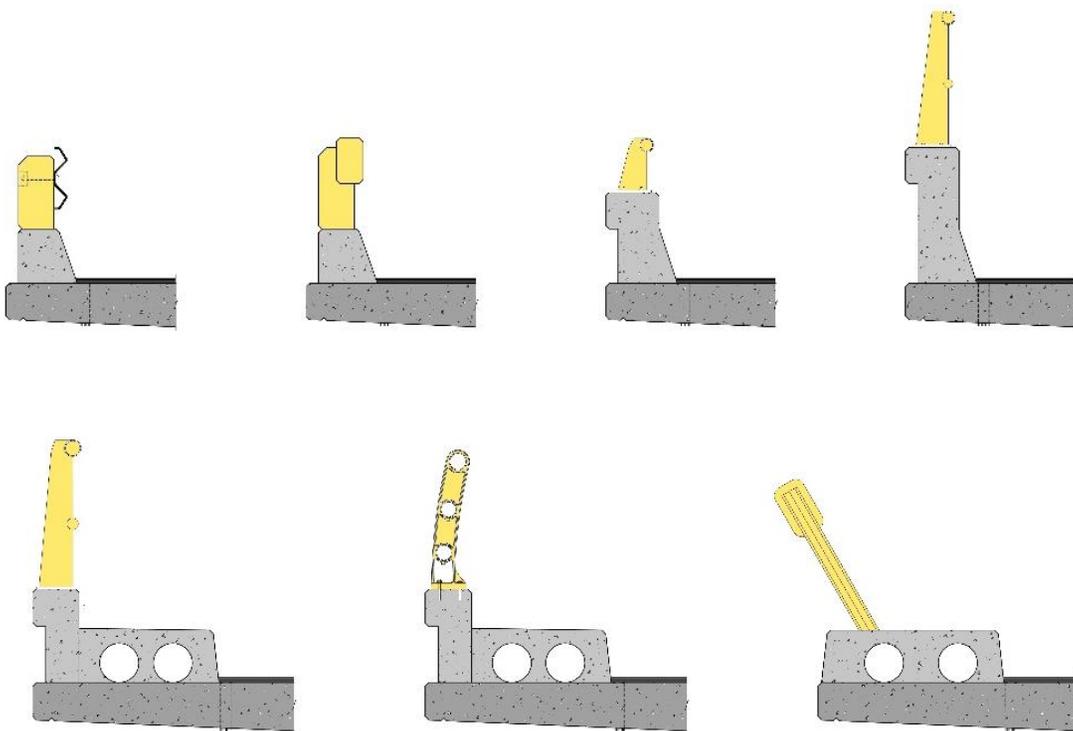


Figura 68. Ejemplo de tipos de parapetos

### 3.6.2 Superestructura

La superestructura varía de acuerdo a la tipología del puente y en general la superestructura está integrada por:

**Sistema Portante:** que puede ser de traveses de concreto reforzado o presforzado, traveses de acero estructural simple o presforzado, armaduras de acero estructural, losas planas macizas de concreto reforzado o presforzado, losas planas aligeradas de concreto reforzado o presforzado, traveses sección cajón de concreto simple o presforzado, etc. Los sistemas de traveses llevan un sistema de diafragmas transversales de distribución de cargas móviles.

**Sistema de piso:** que puede ser de losa de concreto reforzado o presforzado, de placas de acero estructural ortotrópico apoyadas en largueros y piezas de puente también de acero estructural, sistema de piso de rejillas de acero estructural, etc.

**Elementos complementarios:** como guarniciones y banquetas, carpeta asfáltica de rodamiento, drenes para eliminar agua de lluvia en la calzada, parapeto que puede ser de concreto o de acero estructural, arbotantes del sistema de alumbrado del puente, estructuras de soporte de señalamiento, sistema de juntas de dilatación entre tramos de superestructura o entre superestructura y apoyos extremos de la subestructura.

Existen diversos tipos de superestructuras y a continuación se mencionarán algunas de las soluciones más utilizadas en nuestro país, sin embargo, pueden existir otros tipos de superestructura que no se encuentren dentro de los mencionados.

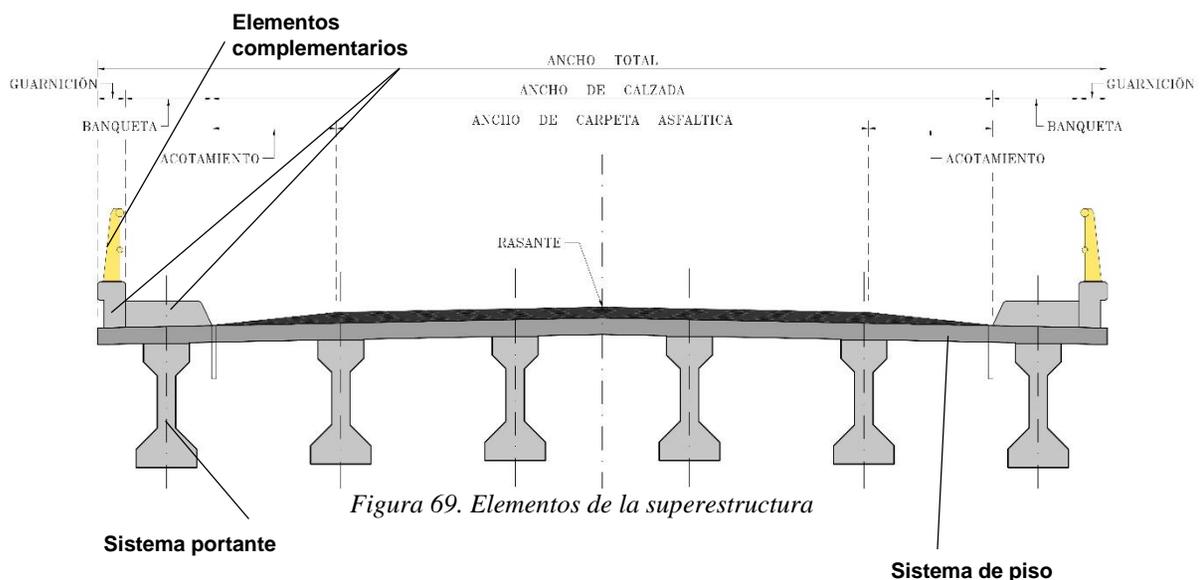


Figura 69. Elementos de la superestructura

### 3.6.2.2 Losa maciza

Cuando la losa del puente tiene la función de transmitir directamente las cargas que transitan hacia la subestructura, además de darles soporte y no hay otro elemento de la superestructura se le conoce como superestructura de tipo losa maciza.

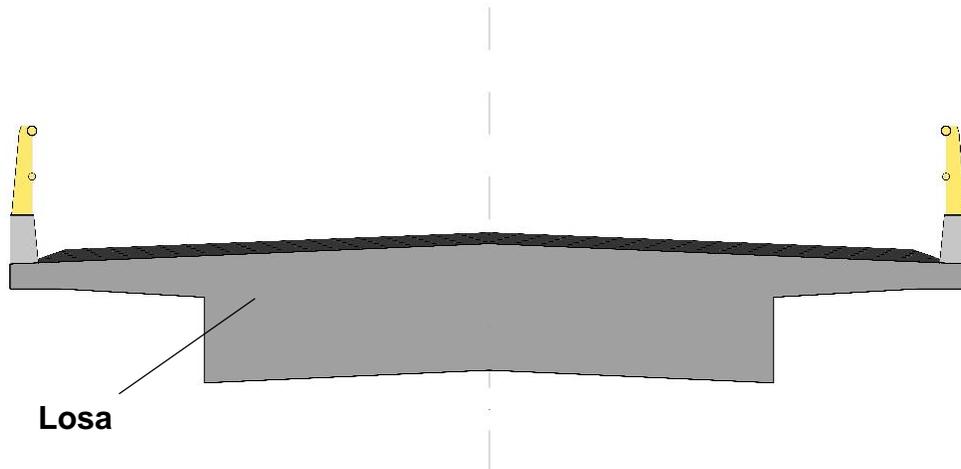


Figura 70. Superestructura de losa maciza

### 3.6.2.3 Losa aligerada

Este tipo de superestructura cumple con las funciones de darle soporte a las cargas y a su vez transmitir las a la subestructura, con la diferencia de que posee partes huecas en su interior, con el fin de disminuir el peso del elemento, pero sin afectar en gran medida las propiedades geométricas (momento de inercia) de la sección.

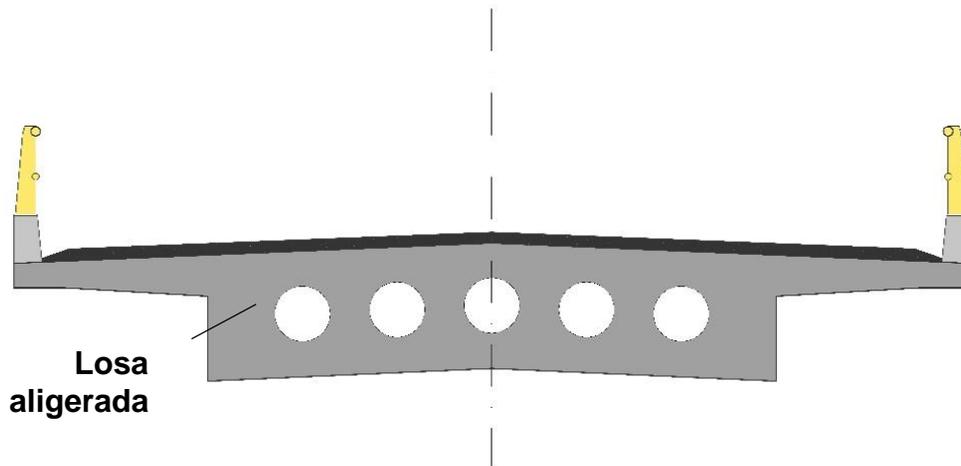


Figura 71. Superestructura de losa aligerada

### 3.6.2.4 Losa con nervaduras

Este tipo de superestructura recibe el nombre de losa con nervaduras o nervadas, porque esta constituida por elementos estructurales llamadas nervaduras o nervios, los cuales actúan como travesaños armados para proporcionarles mayor rigidez a la losa.

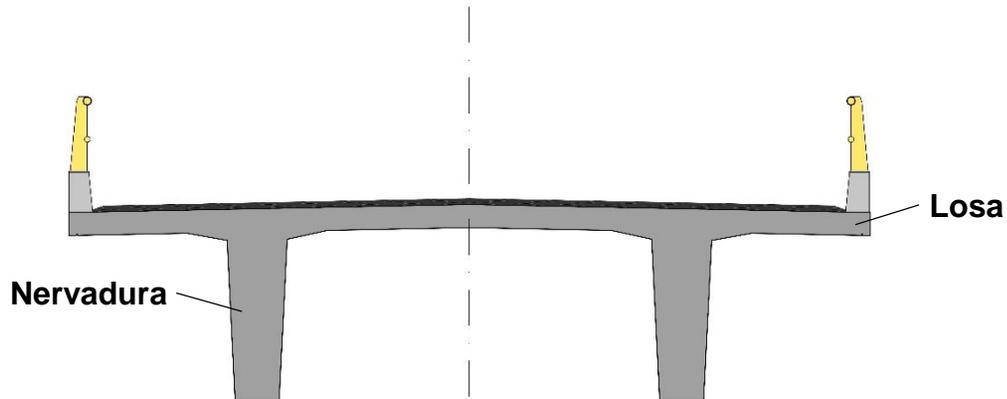


Figura 72. Superestructura de losa con nervaduras

### 3.6.2.5 Losa sobre vigas

Consta de dos elementos, la losa que es el elemento donde transitan las cargas y a su vez las transmite a las vigas, estas últimas son los elementos estructurales principales, las cuales tienen la función de soportar dichas cargas y transmitir estas a la subestructura, las cuales pueden ser de concreto reforzado o postensado o de acero.

En el sentido longitudinal pueden ser simplemente apoyadas, con múltiples apoyos (Gerber) o continuas. Generalmente este tipo de entepiso tiene elementos transversales conocidos como diafragmas distribuidos simétricamente en la longitud de la estructura, que tienen la función de ayudar en la distribución de cargas en el sentido transversal y aportar rigidez a la torsión del tablero.

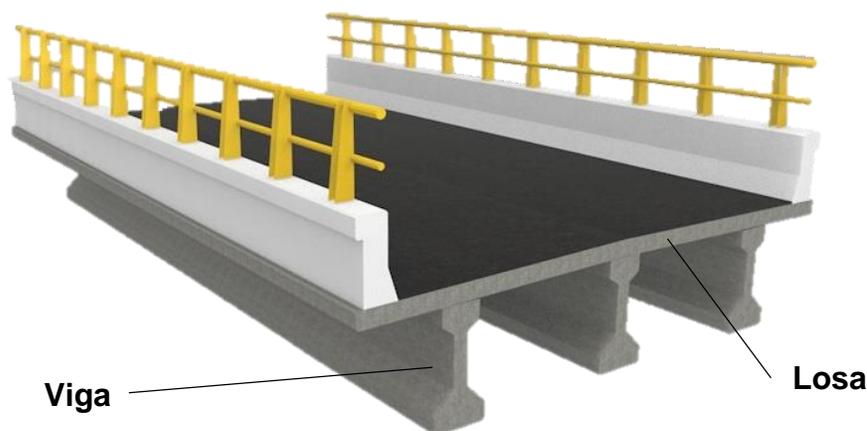


Figura 73. Superestructura de losa sobre vigas

### 3.6.2.6 Losa sobre armadura espacial (estereoestructuras)

Este sistema hace uso del concreto y el acero para dar solución a la superestructura, consiste en el elemento sobre el cual transitan las cargas la losa y el elemento portante que está compuesto por una armadura de tipo espacial.

El principio de funcionamiento es sencillo. Se consideran la flexión (compresión y tensión), la torsión (sólo en forma secundaria) y el cortante. La losa de concreto toma los esfuerzos de compresión ocasionados por la flexión que pueden ir por arriba o por abajo si hubiere inversión de momentos; la tensión ocasionada por la misma flexión se toma con el acero; la torsión, con el armado transversal, y el cortante con las diagonales espaciales (no contenidas en planos verticales) de diferentes perfiles estructurales de acero, que trabajan a tensión y compresión puras.

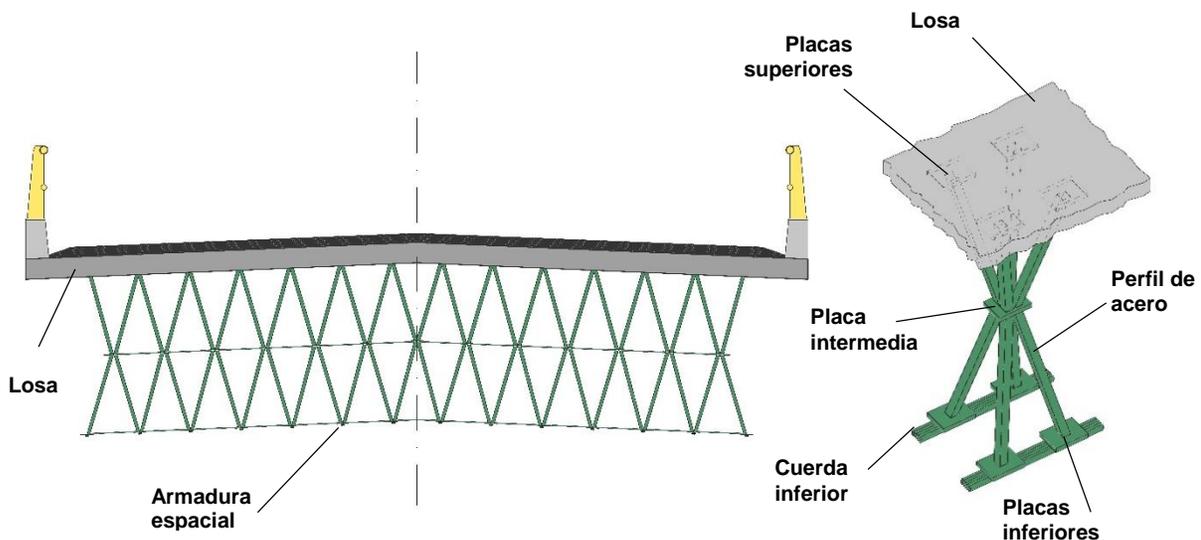


Figura 74. Superestructura de losa sobre armadura espacial y detalle de piña

### 3.6.2.7 Losa sobre traves tipo cajón

Superestructura formada por una la losa de concreto que es el elemento donde transitan las cargas y a su vez las transmite a las traves, en donde estas últimas tendrán una sección de tipo cajón, generalmente de concreto reforzado o presforzado y serán los elementos estructurales principales encargados de soportar las cargas sobre la subestructura.

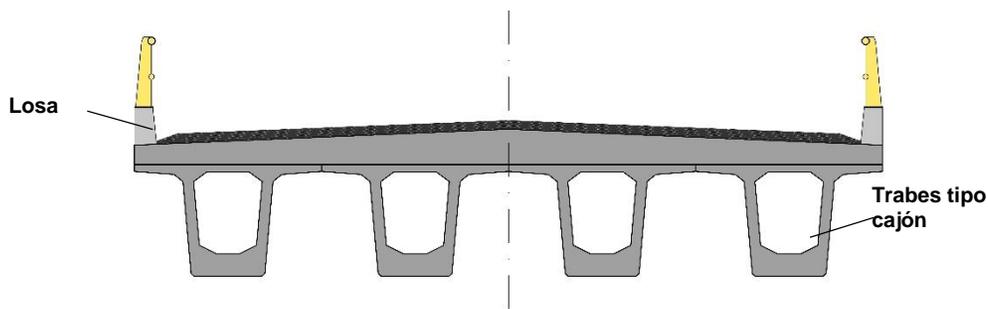
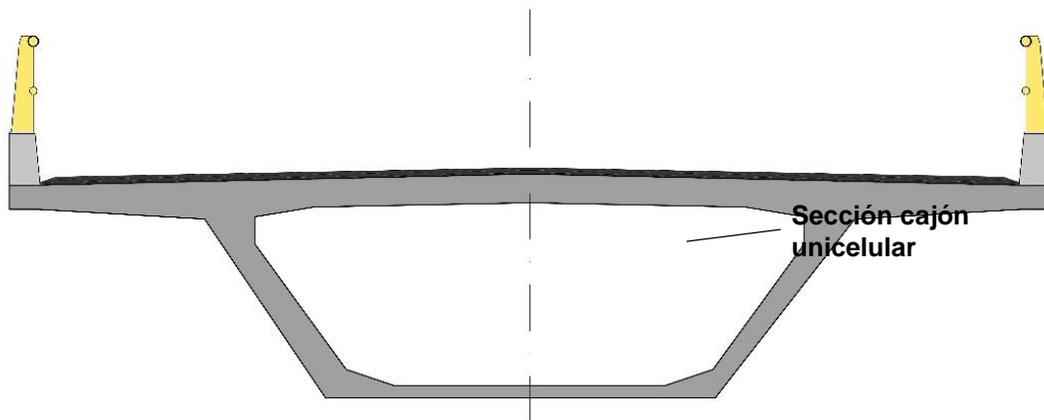


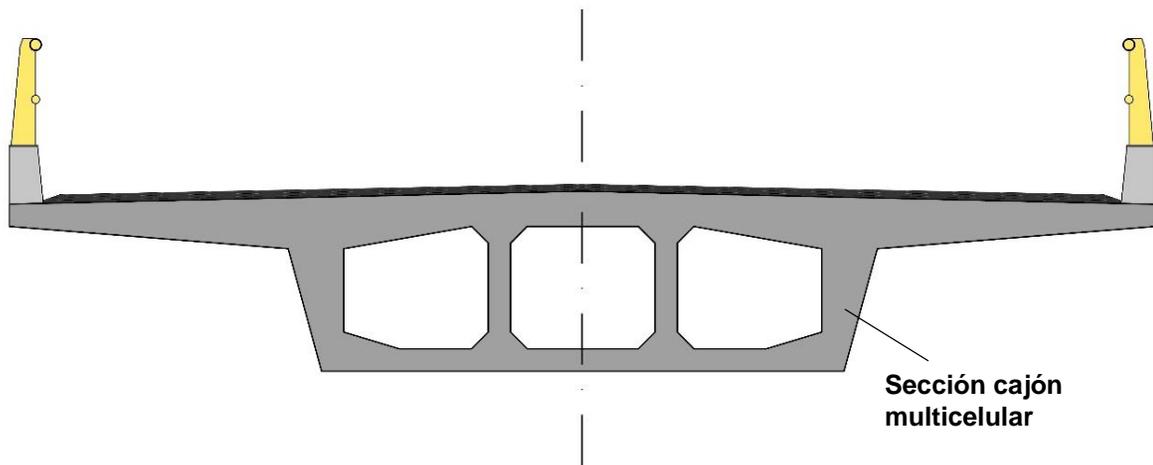
Figura 75. Superestructura de losa sobre traves tipo cajón

### 3.6.2.8 Cajón unicelular y multicelular

Son tableros compuestos por una superestructura con sección cajón de una o varias celdas esta puede ser de concreto, acero o mixtos.



*Figura 76. Superestructura de cajón unicelular*



*Figura 77. Superestructura de cajón multicelular*

### 3.6.2.9 Armadura paso superior

En las superestructuras de paso superior los vehículos pasan por encima de las armaduras y tienen un tablero compuesto por una losa apoyada sobre vigas longitudinales de acero y estas a su vez en vigas transversales de acero. Estas últimas se apoyan en los nodos de las cuerdas superiores de la armadura, para que no generen cargas de flexo-compresión en dichos elementos.

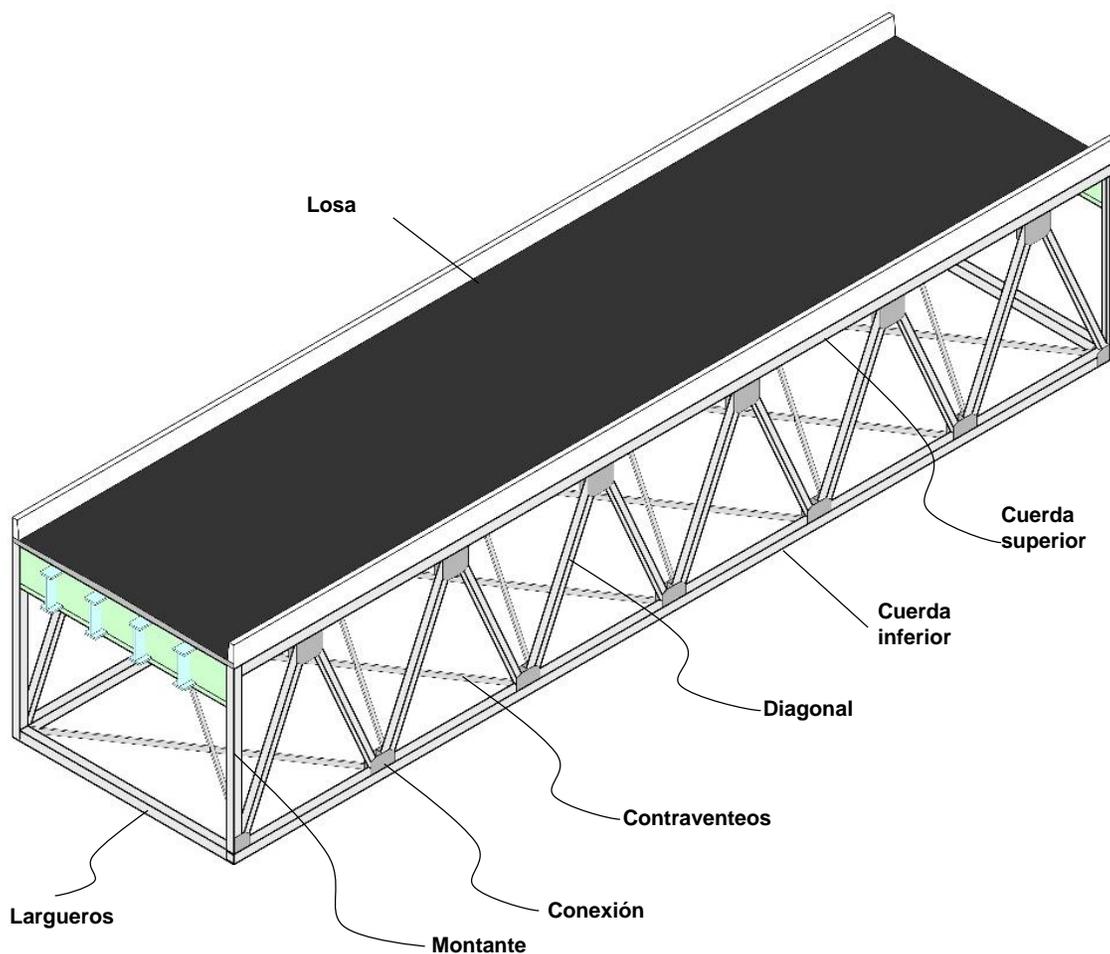


Figura 78. Elementos de una armadura paso superior

### 3.6.2.10 Armadura paso a través

Estas estructuras están compuestas por armaduras laterales y arriostramientos horizontales en la parte inferior y superior. Su tablero está compuesto por una losa, vigas longitudinales y transversales de acero que se apoyan sobre el cordón inferior de las armaduras.

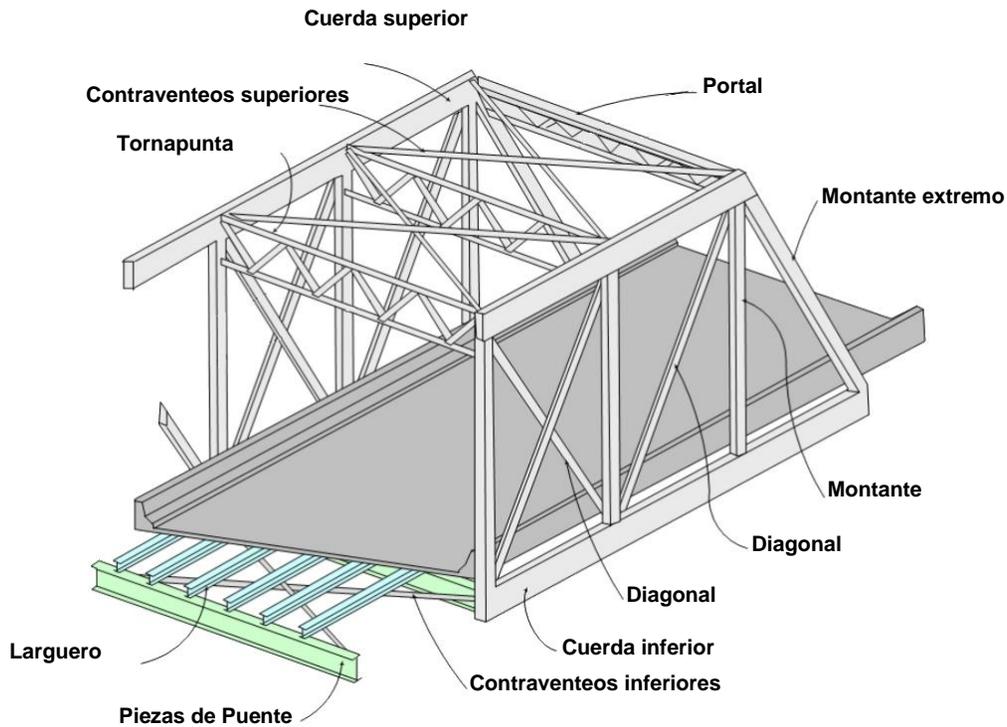


Figura 79. Elementos de una armadura paso a través

### 3.6.2.12 Superestructura tipo arco

Son estructuras que constan de un tablero, el cual transmite la carga a unos arcos que son los elementos estructurales principales y que a su vez estos se apoyan o anclan en los estribos. Existen dos tipos, los de paso superior y los de paso inferior. En los primeros el tablero transmite las cargas a los pendolones y estos al arco. Los de tipo paso inferior generalmente son de acero y constan de dos arcos laterales con arriostramiento superior, pendolones y vigas de rigidez, y un tablero en la parte inferior sobre las vigas de rigidez.

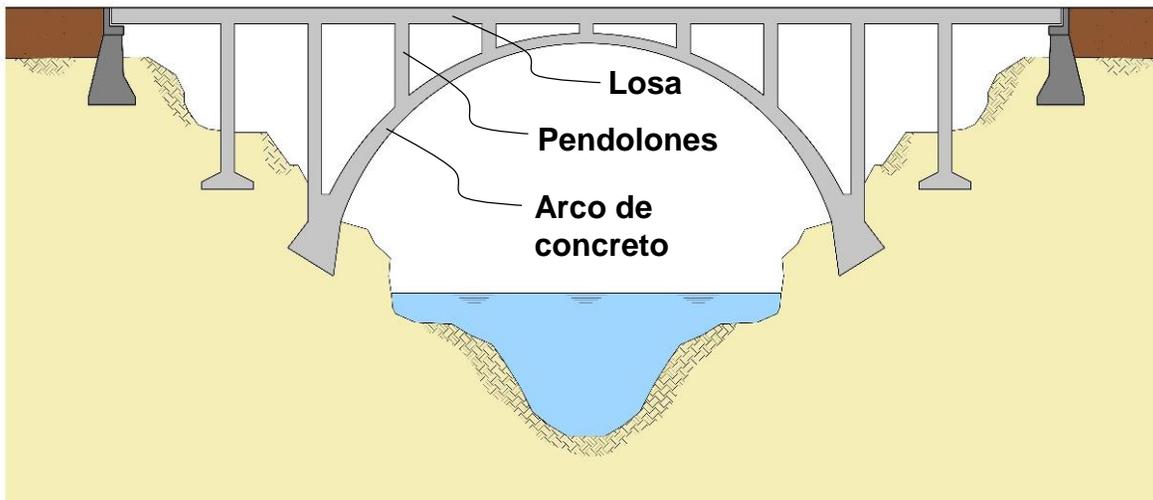


Figura 80. Superestructura tipo arco de paso superior

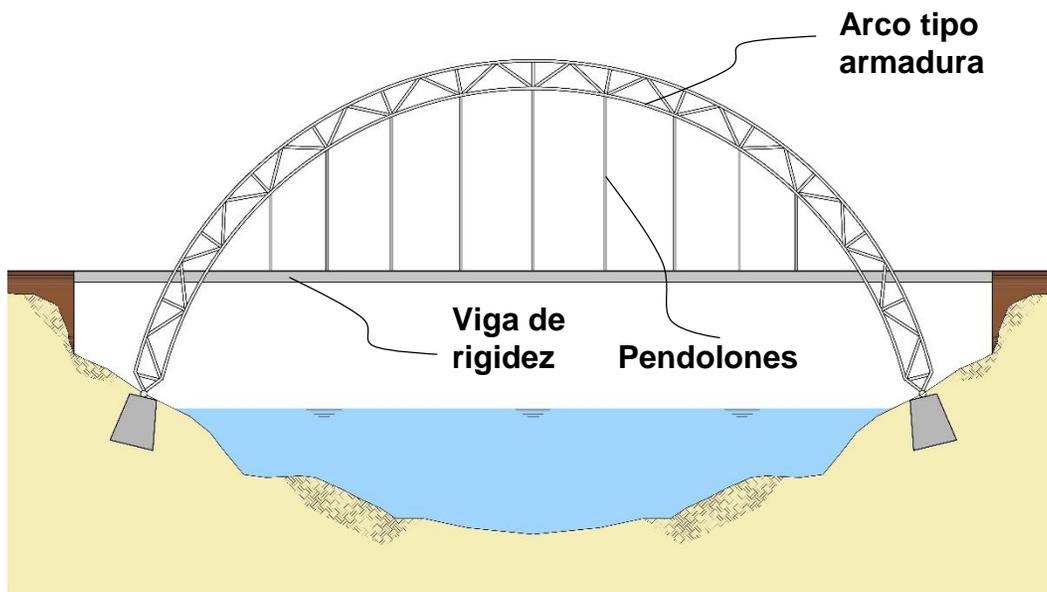


Figura 81. Superestructura tipo arco de paso inferior

### 3.6.2.13 Colgante

Este tipo de puentes son estructuras compuestas por un cable principal llamado catenaria, del cual salen algunos pendolones o cables verticales que se conectan a una viga de rigidez para darle soporte al tablero. Dichos cables principales se soportan sobre una torre central y un bloque macizo en concreto generalmente enterrado, el cual debe ser capaz de soportar la carga que asume la catenaria transmitida de estos pendolones.

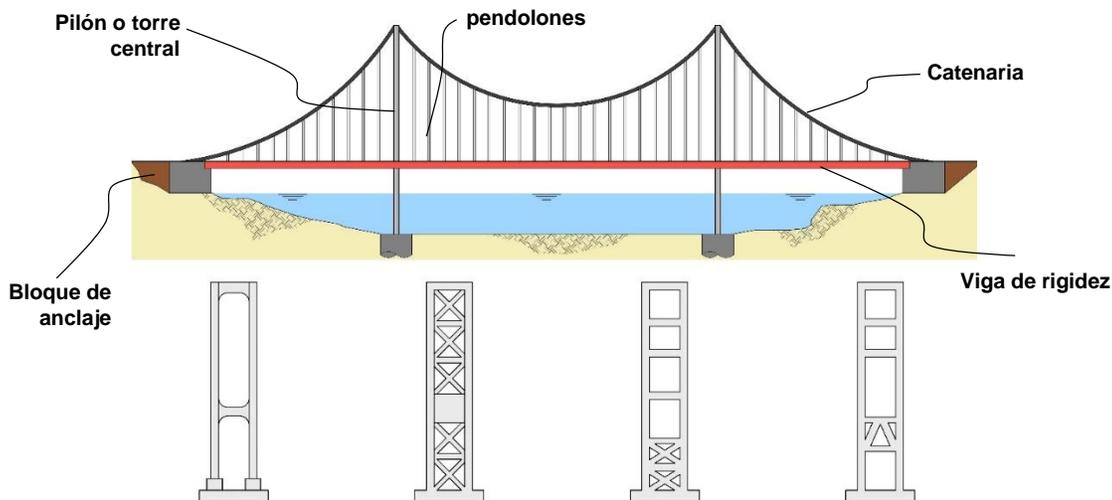


Figura 82. Partes de un puente colgante y tipo de pilones

### 3.6.2.14 Atirantado

Son puentes constituidos por uno o varios pilones que deben soportar las cargas transmitidas por tirantes, los cuales transmiten las cargas de los tableros mixtos (acero y concreto) o de concreto postensado.

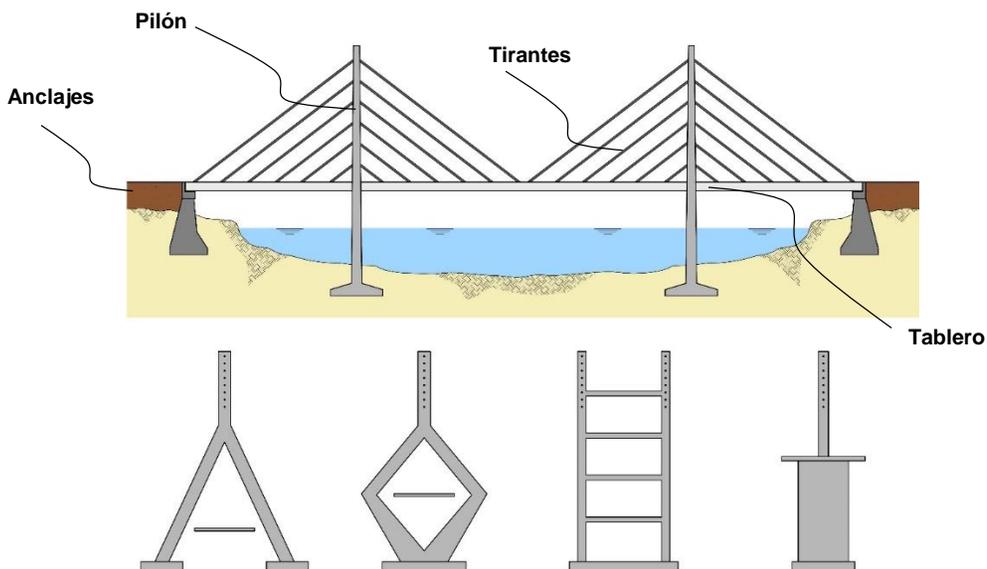


Figura 83. Partes de un puente atirantado y tipo de pilones

### 3.6.3 Subestructura

Se le denomina subestructura a los elementos que integran un puente, que se encargan de soportar la carga de la superestructura y transmitirla a la cimentación. Existen principalmente dos tipos, los apoyos extremos y los apoyos intermedios donde se encuentra una gran variedad de ambos tipos, a continuación, se hará mención de algunos de los apoyos más comunes en nuestro país, sin embargo, pueden existir otros tipos de subestructura, ya que existe un sin número de soluciones para los puentes.

#### 3.6.3.1 Estribos

Los estribos son apoyos que soportan la carga vertical de la superestructura del puente en los extremos, además tienen la función de soportar conjuntamente con los aleros, los empujes horizontales (estáticos y dinámicos) producidos por el suelo de relleno. Al estar sometidos a fuerzas horizontales, pueden sufrir deslizamientos y/o volcamientos, se deben diseñar y dimensionar de tal forma que cumplan todos los requisitos de estabilidad.

A continuación, se presentan algunos esquemas de los tipos de estribos más comunes y las partes que los integran.

#### Estribos con Aleros Integrados

Este tipo de estribo es aquel que posee aleros para soportar lateralmente el terraplén de acceso y estos se encuentran contruidos monolíticamente al cuerpo del mismo.

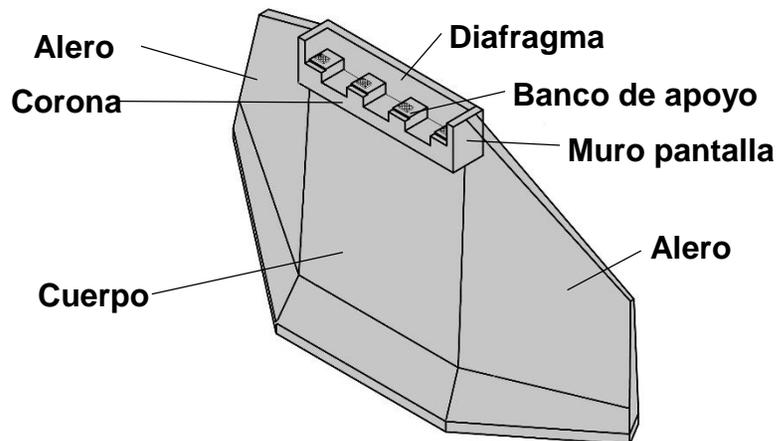


Figura 84. Elementos que conforman un estribo con aleros integrados

### Estribos con Aleros separados

Este tipo de estribo es aquel que posee aleros para soportar lateralmente el terraplén de acceso y estos no se encuentran contruidos monolíticamente al cuerpo del mismo, esto quiere decir que existe una separación entre el cuerpo del estribo y los aleros.

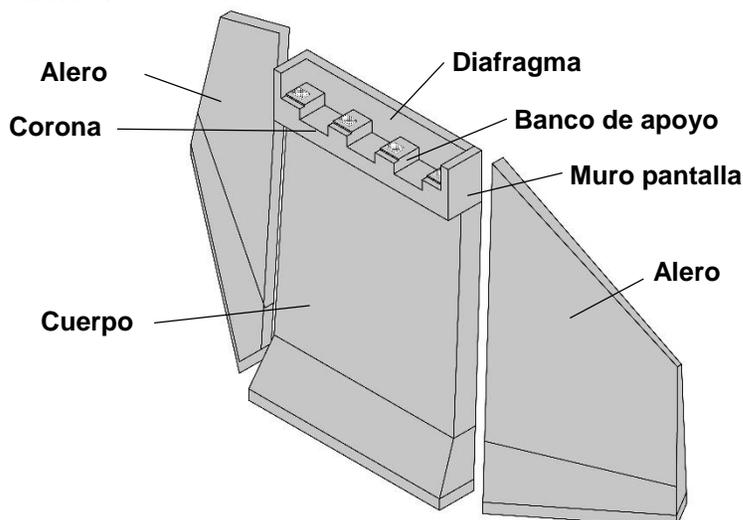


Figura 85. Elementos de un estribo con aleros separados

### Estribos enterrados

El cuerpo de estos estribos se encuentra debajo del terreno natural y solo se observa la corona del mismo, puede o no tener aleros y generalmente cuando tiene son en forma de "U".

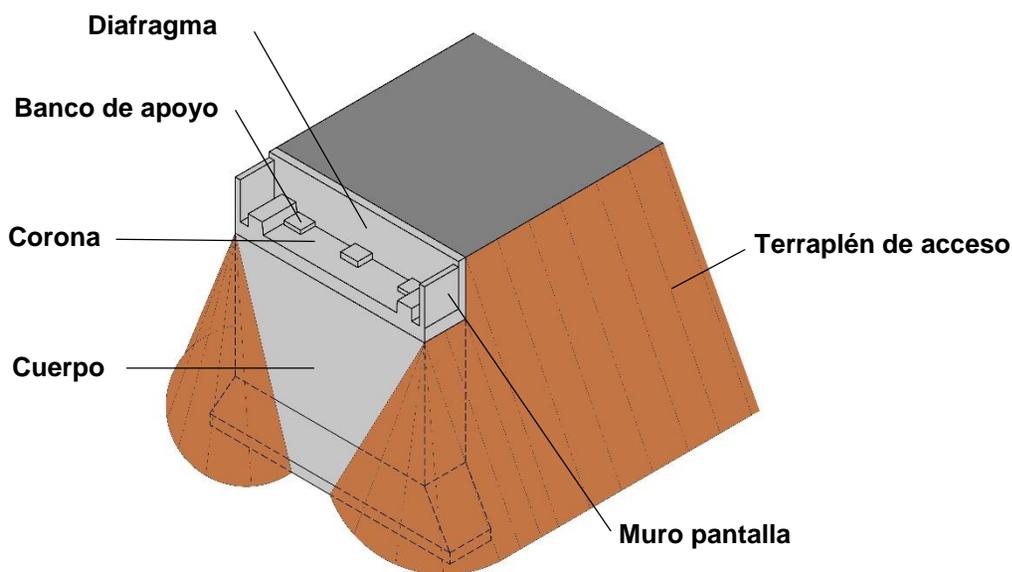


Figura 86. Elementos de un estribo enterrado

### Estribos con Aleros en “U”

Los aleros de este tipo de estribos son perpendiculares al cuerpo del mismo, para darle soporte lateral al suelo de relleno del terraplén de acceso.

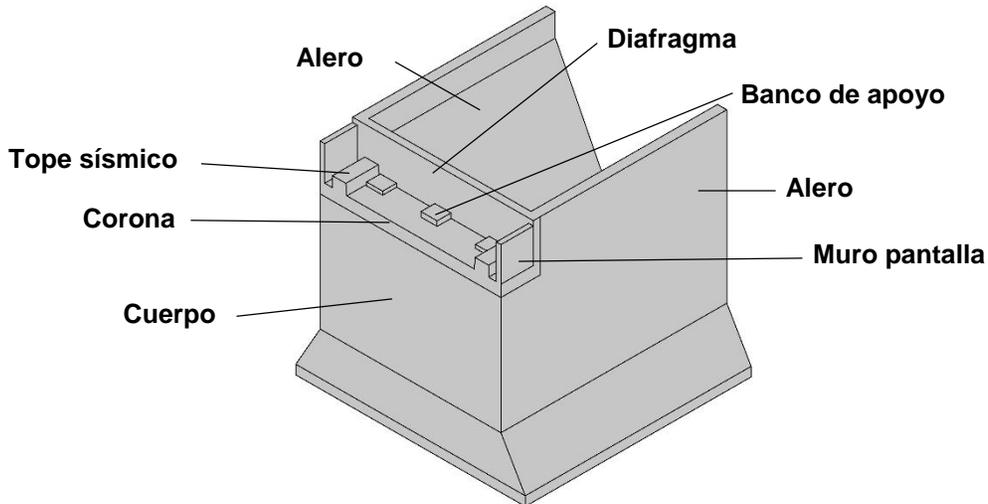


Figura 87. Elementos de un estribo con aleros en “U”

### 3.6.3.2 Caballete

Los caballetes son apoyos que soportan la carga vertical de la superestructura del puente en los extremos, están conformados por columnas y un cabezal, estos únicamente oponen una resistencia parcial a los empujes horizontales del suelo por lo que generalmente van acompañados de conos de derrame que se colocan para evitar pérdida de material del terraplén de acceso.

#### Caballete con Cimentación Profunda

Este tipo de caballetes son aquellos en donde las columnas que los componen también hacen la función de cimentación, generalmente son de sección circular por motivos de procedimiento constructivo y se desplanta a grandes profundidades.

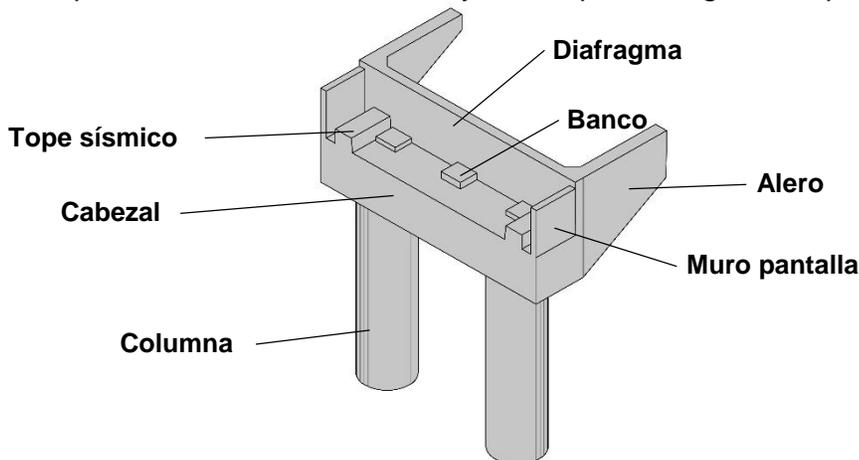


Figura 88. Elementos de un caballete con cimentación profunda

### Caballete desplantado superficialmente

Este tipo de caballetes son aquellos en donde las columnas que los componen se desplantan sobre una cimentación superficial generalmente una zapata.

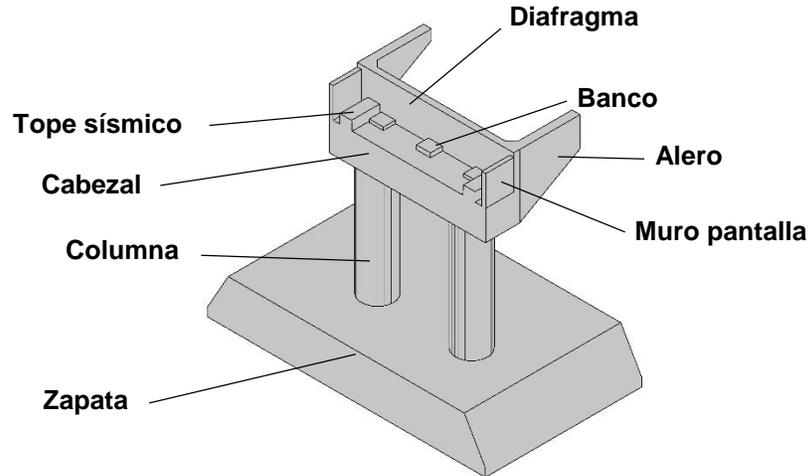


Figura 89. Elementos de un caballete con cimentación superficial

### 3.6.3.3 Pilas

La pila es un componente estructural que tiene la función de soportar las cargas verticales que le transmite la superestructura y las de origen sísmico sobre el puente. Puede tener una cimentación superficial o profunda, de acuerdo con las características del suelo, la capacidad de carga y las condiciones de socavación.

#### Pila tipo muro

Son aquellas compuestas por una corona y una sección sólida o equivalente a un "muro" la cual tiene la función de soportar las cargas de la superestructura y transferirlas a la cimentación.

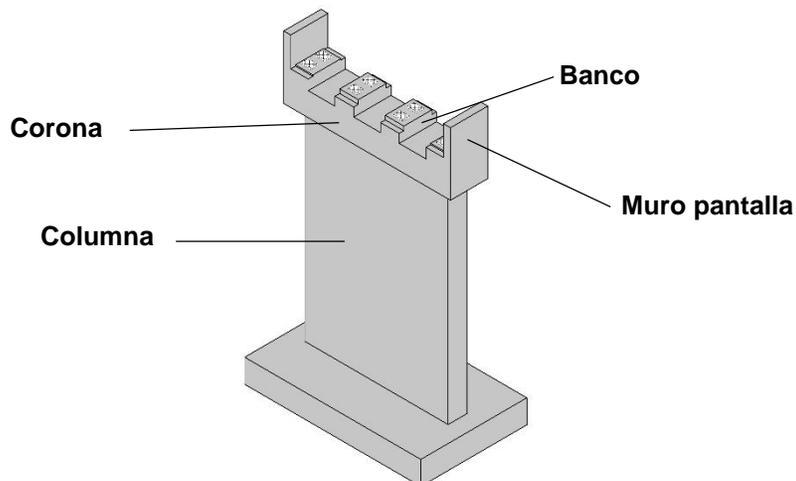


Figura 90. Elementos de una pila tipo muro

### Pila tipo columna

Son aquellas compuestas por un cabezal en voladizo y una columna la cual transmite la carga del cabezal a la cimentación.

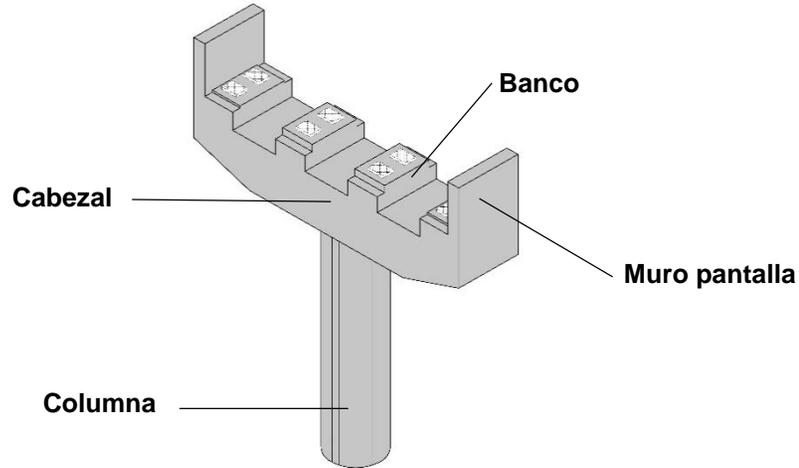


Figura 91. Elementos de una pila tipo columna

### Pila tipo marco rígido

Este tipo de elementos está conformado por un cabezal, el cual forma un marco con las columnas, las cuales tienen la función de soportar las cargas y transmitir las a la cimentación, en ocasiones las columnas de la pila pueden utilizarse como cimentación profunda.

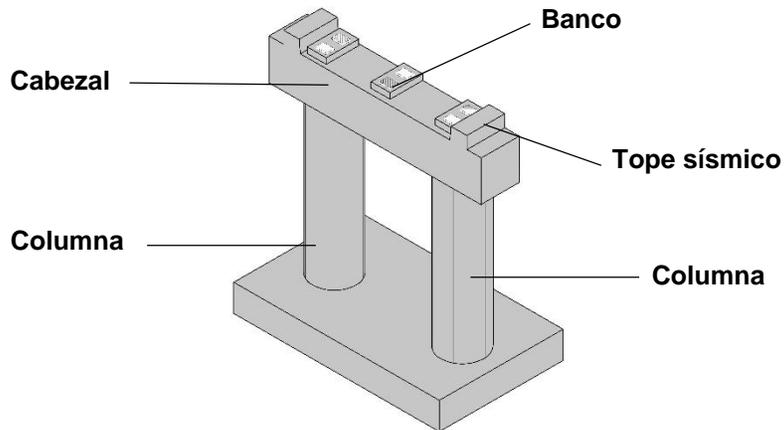


Figura 92. Elementos de una pila tipo marco rígido

### 3.6.4 Cimentación

Se le denomina cimentación a los elementos que tienen como función proporcionar el medio para que las cargas procedentes de la subestructura se transmitan al terreno produciendo en este un sistema de esfuerzos que puedan ser resistidos con seguridad sin producir asentamientos o con asentamientos tolerables. Existen varios tipos de cimentaciones, entre las cuales se pueden diferenciar las de tipo superficial y las de tipo profundo a continuación se mencionarán los tipos de cimentaciones más empleados en los puentes de México.

#### 3.6.4.1 Zapatas

Son elementos generalmente cuadrados o rectangulares y casi siempre de concreto o mampostería. Su función básica es ampliar el área de apoyo de un elemento estructural de la subestructura, para transmitir al terreno los esfuerzos procedentes de toda la estructura adecuadamente de acuerdo a las características del terreno.

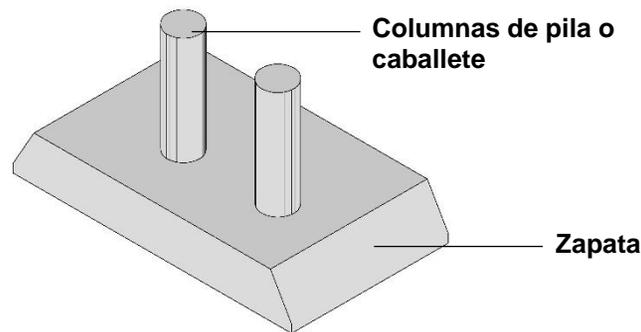


Figura 93. Zapata

#### 3.6.4.2 Cajones de cimentación

Son elementos de forma cuadrada o rectangular de pared gruesa y de concreto, cuentan con una losa de cimentación, una losa tapa, retícula de contratrabes y muros de contención. Sirven para cargas de mediana magnitud y su función es transmitir la carga de la estructura al suelo de cimentación, compensando el peso de la estructura con el del suelo desalojado pudiendo ser parcialmente compensando o totalmente compensado.

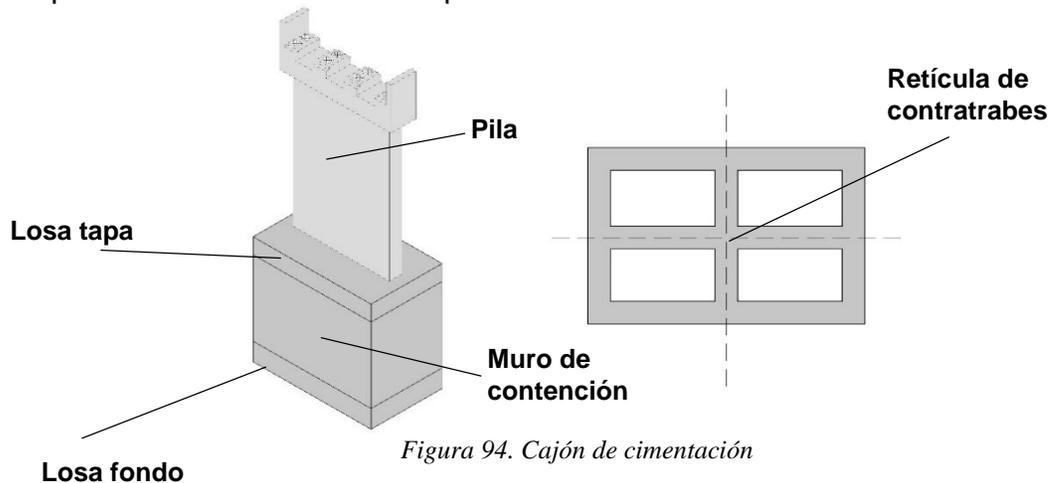


Figura 94. Cajón de cimentación

### 3.6.4.3 Cilindros de cimentación

Los cilindros de cimentación son elementos huecos de grandes dimensiones. Se utilizan generalmente para la cimentación de los apoyos de grandes puentes y de otras estructuras pesadas. En vista de las grandes dimensiones de estos elementos, se aplican procedimientos de construcción especiales que consisten en hincarlos haciendo fallar el terreno por resistencia al corte en su base.

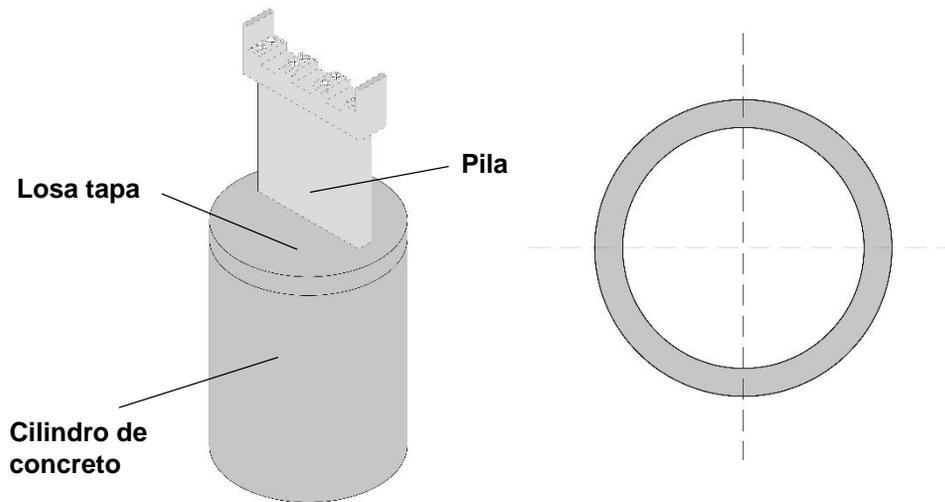


Figura 95. Cilindro de cimentación

### 3.6.4.4 Pilotes

Son pilotes son elementos estructurales esbeltos o alargados que se utilizan para transmitir las cargas de una estructura a estratos profundos más resistentes que los mantos superficiales, o bien cuando la estructura deba construirse en un sitio cubierto por agua.

Los pilotes pueden clasificarse atendiendo a diferentes causas:

- a) Respecto a los materiales empleados en su elaboración
  1. De madera
  2. De acero
  3. De concreto
- b) Respecto al lugar de su construcción
  1. Prefabricados: cuando el pilote se fabrica en un lugar distinto al lugar donde será hincado
  2. Colados en el lugar

c) Respecto a la sección transversal

- |    |            |   |
|----|------------|---|
| 1. | Cuadrado   |  |
| 2. | Circular   |  |
| 3. | Octogonal  |  |
| 4. | Triangular |  |
| 5. | Perfiles   |  |
| 6. | Tubos      |  |

d) Respecto a su apoyo

1. Pilotes de fricción: cuando la mayor parte de la capacidad de carga del pilote es proporcionada por la fricción en el fuste del pilote.
2. Pilotes de punta: cuando la mayor parte de la capacidad de carga del pilote se transmite por apoyo directo de la punta del pilote a un estrato de suelo resistente.
3. Pilotes mixtos: cuando parte de la capacidad de carga del pilote se proporciona por fricción y el resto por apoyo directo.

e) Respecto a su dirección

1. Pilotes verticales
2. Pilotes inclinados

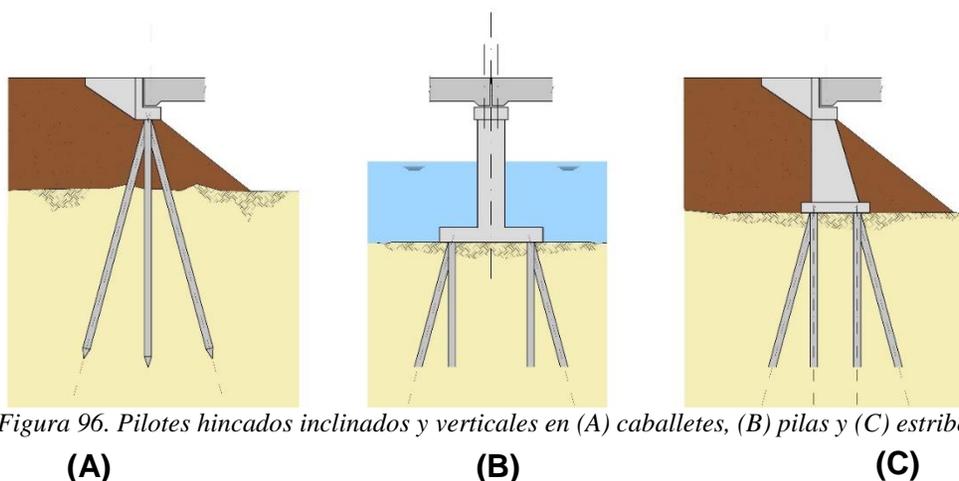
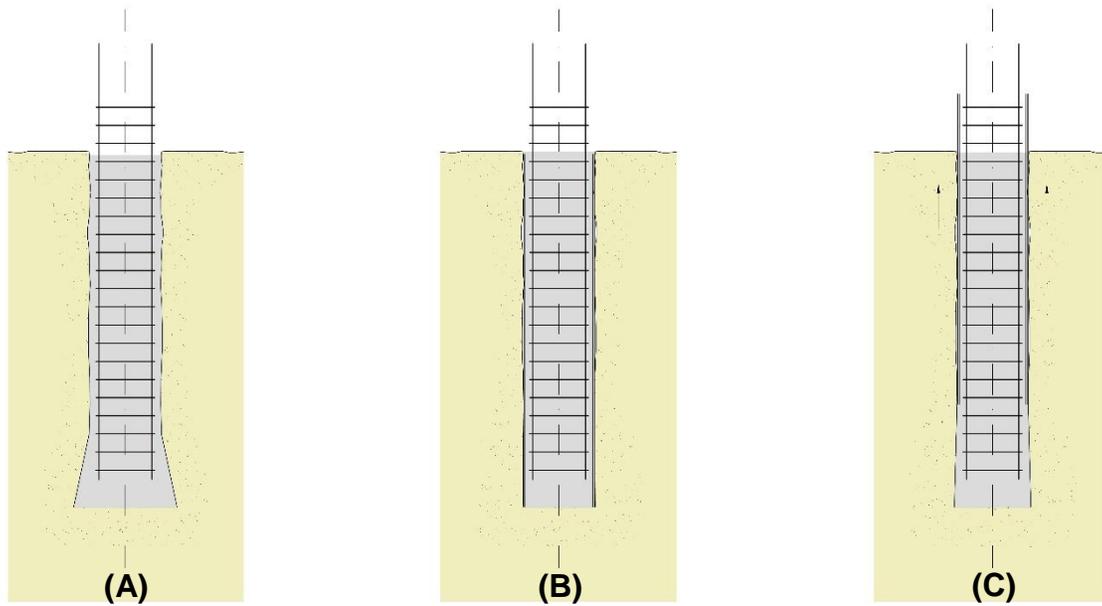


Figura 96. Pilotes hincados inclinados y verticales en (A) caballetes, (B) pilas y (C) estribos

(A)

(B)

(C)



*Figura 97. Pilotes colados en sitio (A) con campana, (B) con ademe perdido y (C) con ademe recuperable*

### 3.6.5 Dispositivos de apoyo

Son los elementos encargados de transmitir en forma adecuada las cargas de la superestructura (vigas, armadura, etc.) a los componentes de la subestructura (Estribos, caballetes y pilas), permitiendo la expansión y rotación de la superestructura si fuera el caso. Existe una gran variedad de dispositivos a continuación se enunciarán los de uso más común en nuestro país.

#### 3.6.5.1 Apoyos de Neopreno

Es un dispositivo estructural que transmite carga y permite la traslación y rotación compuesto de polychloropreno (neopreno). Dentro de esta categoría existen variantes entre los apoyos teniendo entre estos los apoyos elastoméricos que tienen espesores de 13 mm (1/2") o menores y están compuestos únicamente por **neopreno**. Los apoyos de espesores mayores, deben ser compuestos por capas alternadas de elastómero y refuerzo de acero íntegramente unidas entre sí y se les conoce como **Neoprenos integrales**. Otra variante de estos son los apoyos elastoméricos deslizantes que consisten en una placa metálica superior y una superficie de contacto de acero inoxidable sobre una almohadilla rodeada de una capa de Polytetraflouroethylene (Teflón).

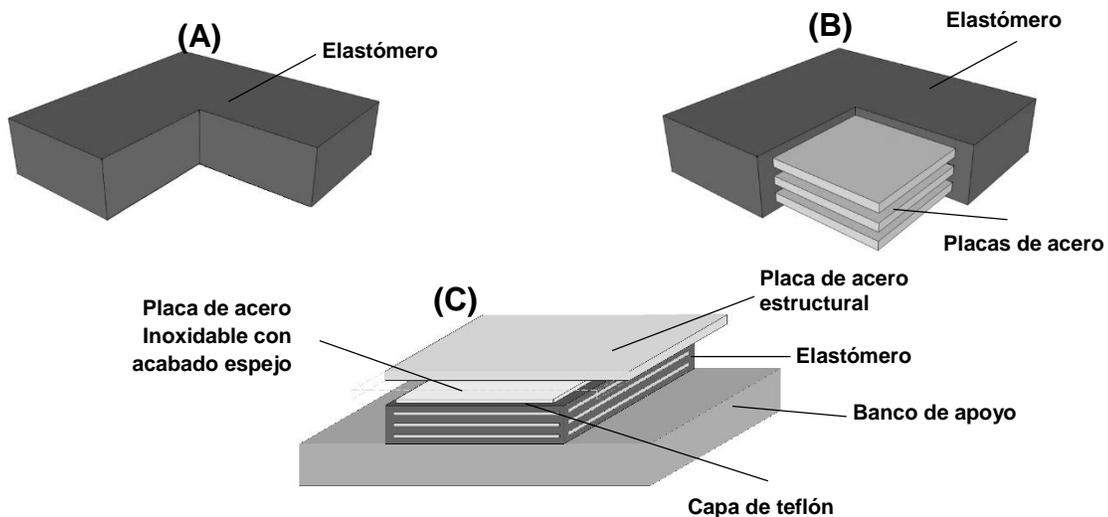


Figura 98. Tipos de apoyos de neopreno (A) Neopreno, (B) Neopreno integral y (C) Neopreno deslizante



Figura 99. Tipos de apoyos de neopreno (A) Neopreno, (B) Neopreno integral y (C) Neopreno deslizante

### 3.6.5.2 Apoyos de acero

Es un dispositivo estructural fabricado de acero o alguna aleación metálica que transmite carga y puede o no permitir la traslación y rotación. Existen distintos tipos de apoyos metálicos entre los principales se encuentran los fijos, los de tipo mecedora, los de rodillos metálicos y los de tipo pasador.



Figura 100. Tipos de apoyos metálicos, (A) fijos, (B) de tipo mecedora, (C) tipo pasador y (D) rodillos metálicos

### 3.6.5.3 Apoyos de plomo

Son dispositivos de apoyo generalmente de tipo fijo los cuales están compuestos por dos placas de acero y una placa de plomo en el centro la cual al ser un metal más blando es capaz de observar ciertas deformaciones bajo la acción de las cargas verticales de la estructura.

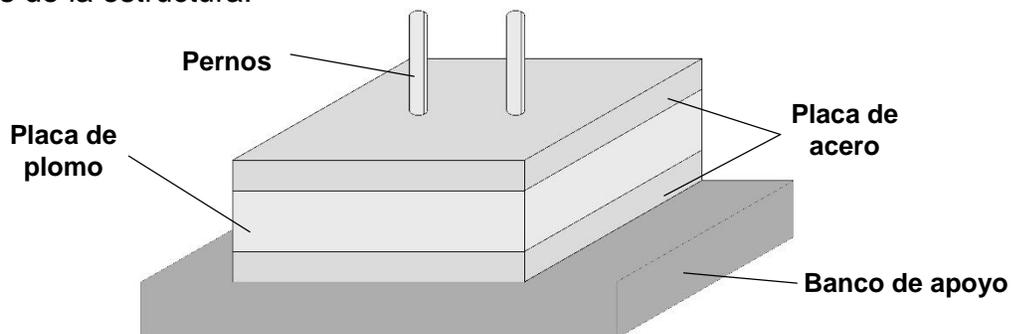


Figura 101. Apoyo de plomo

### 3.6.5.4 Apoyos tipo cazoleta o pot

Es un dispositivo formado por un disco de elastómero inserto entre un cilindro de acero y un pistón circular, que puede soportar grandes cargas. Estos apoyos permiten rotaciones de la estructura debido a la deformación del disco de elastómero ya que posee baja resistencia a la deformación.

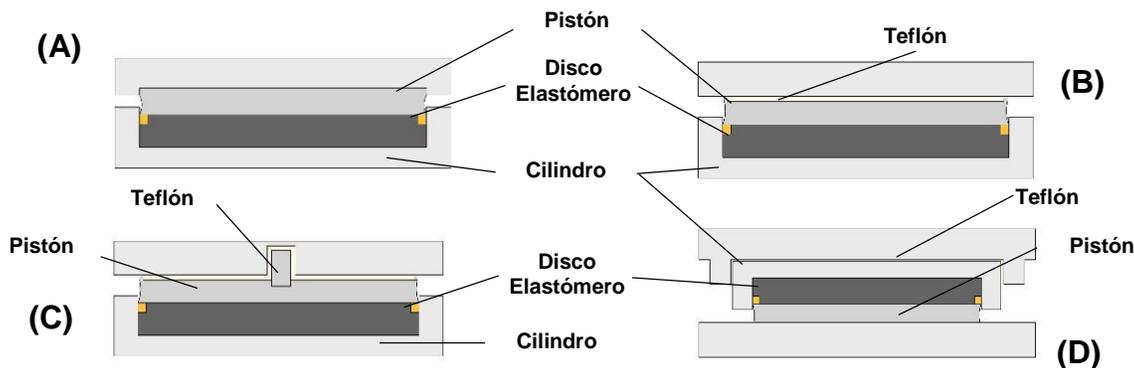


Figura 102. Tipos de apoyo cazoleta o pot (A) apoyo fijo, (B) apoyo multidireccional, (C) apoyo unidireccional y (D) unidireccional con guiado exterior.



Figura 103. Apoyos tipo cazoleta o pot

### 3.6.5.5 Apoyos esféricos

Los apoyos esféricos no sólo soportan las cargas verticales elevadas, sino también las rotaciones importantes. No incluyen componentes de elastómero y la rotación se realiza sobre una superficie convexa y otra cóncava por contacto entre un material deslizante (teflón) y una superficie en acero cromado.

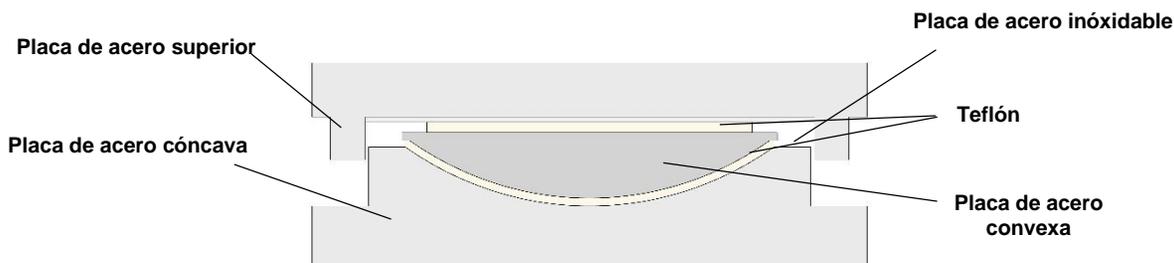


Figura 104. Apoyo esférico

### 3.6.6 Elementos complementarios y de operación de la estructura

Otros elementos que son parte de la estructura o son necesarios para su operación adecuada son los siguientes:

#### 3.6.6.1 Accesos

Es la obra o el conjunto de obras que se hacen dentro del derecho de vía de un camino, para permitir de forma provisional o permanente la entrada y salida a una estructura. La forma de los accesos puede variar según si se encuentran en terraplén, corte, balcón o tierra mecánicamente estabilizada.

Los accesos deben de tener ciertos elementos necesarios para su funcionamiento adecuado como son, drenaje el cual se conforma de cunetas, bordillos y/o lavaderos. Debe de poseer una superficie de rodamiento adecuada, defensa metálica para la seguridad de los usuarios, pueden o no poseer losas de acceso para evitar hundimientos en la entrada al puente y en el caso de los puentes en terraplén, estos pueden o no contar con protección de concreto.



Figura 105. Elementos existentes en el acceso de un puente o estructura similar

#### 3.6.6.2 Gálibos

Existen algunos conceptos que son importantes, ya que deben tenerse en cuenta al proyectar una estructura para que esta opere correctamente. Estos son el **gálibo horizontal o espacio libre horizontal** que se define como la distancia entre los paramentos de los estribos, entre los paramentos de un estribo y una pila, entre los paramentos de dos pilas o columnas contiguas, entre los ceros de los conos de derrame o entre los ceros de un cono de derrame y el paramento de una pila, medida normalmente al eje longitudinal del cuerpo de agua, la carretera o vía férrea que se

cruce. El otro concepto es el **gálibo vertical** el cual será la distancia mínima vertical entre el intradós o cara inferior de la superestructura y cualquier punto de la superficie de la calzada y de sus acotamientos o la parte superior del riel más alto. Es importante señalar que estas distancias deben basarse en la norma N·PRY·CAR·6-01-002 referente a Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares

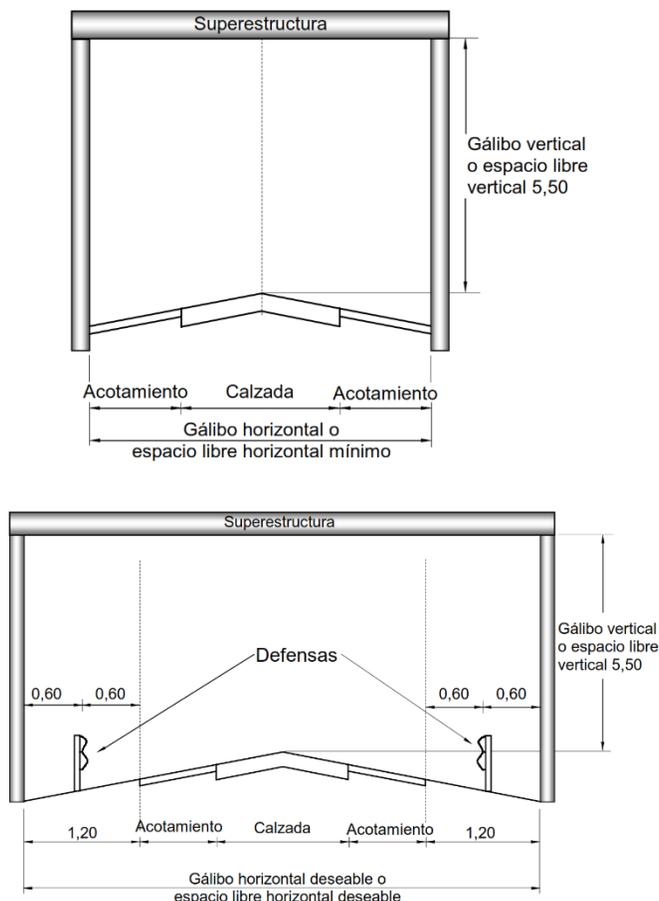


Figura 106. Esquemas de gálibo horizontal y gálibo vertical

### 3.6.6.3 Señalamiento

El señalamiento son aquellos elementos que permiten regular el uso vial de la estructura, facilitando a los usuarios su utilización segura y eficiente. Según su propósito y ubicación, el señalamiento se clasifica de la siguiente manera:

#### El señalamiento horizontal

Se le denomina de esta forma al conjunto de marcas y dispositivos, que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de la vialidad de las estructuras y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén

instalados dentro del derecho de vía, con el fin de regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas pueden ser rayas, símbolos, leyendas o dispositivos.



Figura 107. Diversos elementos de señalamiento horizontal

## El señalamiento vertical

El señalamiento vertical es el conjunto de tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integrados con leyendas y símbolos que tienen el propósito de regular el uso de la carretera o vialidad urbana, indicar los principales destinos, la existencia de algún sitio turístico o servicio, o transmitir al usuario un mensaje relativo a la carretera, vialidad urbana o la estructura en cuestión. Este tipo de señalamiento lo podemos encontrar en dos tipos las señales bajas que son señales en postes o dos postes y las señales elevadas que son las que se encuentran en bandera, bandera doble o en la superestructura de un puente.



Figura 108. Ejemplo de señales elevadas



Figura 109. Ejemplo de señales bajas

### 3.6.6.4 Limitaciones al tránsito

Con base en la operación de la estructura algunas de ellas cuentan con limitaciones de tráfico, las cuales como su nombre lo indica, tienen la función de limitar la cantidad de vehículos que pueden ingresar en la estructura. Existen limitaciones al tráfico permanentes y otras temporales, las primeras se encuentran en las estructuras que por su tipo de operación tienen que cerrar la circulación en un horario como es el caso de algunos puentes internacionales. Para el caso de las limitaciones temporales se dan principalmente cuando se le está dando mantenimiento a la estructura en alguna zona de la calzada o para proteger a los trabajadores.

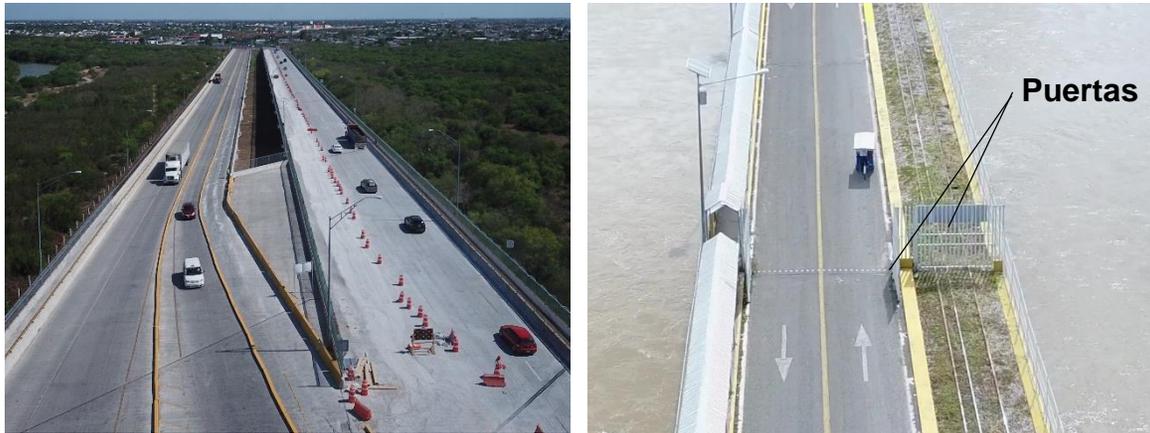


Figura 110. Ejemplo de limitaciones de tráfico temporal y permanente

### 3.6.6.5 Cauce

Se llama cauce al lecho de un arroyo o de un río, es decir, a la depresión del terreno que contiene el agua. Puede decirse que el cauce es el lugar físico donde fluye el agua en su curso, entre las orillas o riberas.

Dentro del ámbito de los puentes es necesario conocer las condiciones del cauce, para proyectarlos y para inspeccionarlos de manera adecuada. Existen algunos puntos en la trayectoria del cauce que son relevantes y son conocidos como aguas arriba y aguas abajo que con relación a la estructura serán los puntos situados retrocediendo en el sentido de la corriente y avanzando en el sentido de la corriente respectivamente, estos puntos son de interés para conocer el comportamiento del cauce. Otro aspecto relevante son los niveles del tirante, los cuales son importantes conocer para saber si la capacidad hidráulica del puente es adecuada.



Figura 111. Elementos presentes en un cauce

### **3.7 Clasificación de las inspecciones**

La inspección de puentes es considerada la primera acción de conservación de puentes y se denomina como conjunto de actividades técnicas realizadas de manera sistemática conforme a un plan previo que facilite el levantamiento de datos necesarios para estimar las condiciones de conservación del puente al momento de su realización.

#### **Objetivo de la inspección de puentes:**

Detectar de manera eficaz los deterioros y patologías a tiempo, dar seguimiento y poner en marcha las acciones de conservación lo antes posible para asegurar en todo momento la seguridad de los usuarios, la optimización de las inversiones y preservar el patrimonio de la infraestructura.

De esta manera se tienen distintos tipos o niveles de inspección en los puentes que dependen del estado de conservación del mismo, de acuerdo con lo siguiente:

#### **3.7.1 Inspección visual**

La inspección visual consistirá en efectuar los trabajos de reconocimiento diagnóstico y levantamiento de daños de cada uno de los elementos estructurales, accesorios, accesos y cauce que integran la estructura en estudio teniendo en claro la complejidad de esta tarea tratando al puente en su conjunto e incluyendo las zonas de interacción con el medio y la descripción de los recursos necesarios para su realización. Lo que requiere preparar con antelación la inspección, de ser posible analizando todos los datos existentes en anteriores inspecciones y auscultar el puente visualmente, lo cual también requiere poder acceder a todas las partes que se necesitan inspeccionar.

En este tipo de inspecciones se trata de una observación de los elementos del puente, en primera instancia visibles, que no precisen la utilización de medios especiales auxiliares. Se utilizarán elementos auxiliares sencillos: escalera, martillos, plomadas, cintas métricas, aparatos ópticos (lupas, prismáticos, cámaras fotográficas, cámaras de video, etc.).

Lo que se pretende en este tipo de inspecciones es obtener los datos geométricos generales, detectar daños o problemas, y establecer el estado de conservación. También se deben determinar problemas que pueden preverse, es decir el levantamiento de daños también considera el levantamiento de cantidades de conceptos de obra para la conservación menor o preventivo, es decir, esta inspección además de la evaluación del estado de conservación finaliza con un catálogo de conservación menor con sus respectivas especificaciones y costo.

Los informes técnico y fotográfico correspondiente, el dictamen con la calificación se realizarán en formato electrónico.

### **3.7.2 Inspección visual de puentes especiales**

En el sentido estricto la inspección visual de puentes especiales tiene los mismos objetivos y alcances de una inspección visual de puentes tradicionales, no obstante, el grado de dificultad es mayor, para entenderlo mejor en primera instancia se tiene que establecer la definición y/o características de un puente especial.

Para este trabajo y para fines prácticos de inspecciones visuales se establece que un puente especial presenta las siguientes características:

**Tipo de puente:** puentes colgantes, puentes atirantados, armaduras de grandes claros, levadizos, basculantes, giratorios

**Por su procedimiento constructivo:** continuos de grandes claros, en doble volado, empujados, armaduras espaciales

**Por su longitud total y por su altura:** puentes de cualquier tipo con longitud mayor a 100 m y/o altura mayor a 30 m.

**Por su situación operativa:** puentes de cualquier tipo, los cuales tengan importancia por el tipo de operación que tienen.

La inspección visual del puente especial, tiene como finalidad el reconocimiento y levantamiento general de todos los problemas, daños, deterioros, deficiencias o mal funcionamiento de cualesquiera de los elementos que componen a estas estructuras y sus elementos complementarios (accesos, cauce, sistemas de alumbrado, señalamiento, etc.). Revisar las condiciones geotécnicas del puente, los taludes, cortes y posibles fallas en el cauce, en la barranca o cañada que se está cruzando. Incluyendo una determinación lo más aproximada posible de los materiales más adecuados para repararlos, tales como: resina para inyección de fisuras, morteros, juntas de calzada, apoyos, elementos o dispositivos de anclaje, etcétera; así como la determinación de las principales características geométricas del puente, tanto de la superestructura como de la subestructura sus accesos y el cauce, empleando para ello equipo de medición, manual o electrónico y equipo de precisión. Se podrá hacer uso de los planos del proyecto original como guía en la ejecución de los trabajos, pero de ninguna manera se exime de la realización del levantamiento en campo y de su responsabilidad en los datos asentados en el reporte. Por lo que respecta al levantamiento de daños, se realizará un levantamiento cuantitativo de longitud y grosor de grietas, dimensionamiento de desconches, etc., siendo necesario reportar el tipo de daño, su ubicación y su magnitud; para la ejecución de este trabajo el licitante deberá prever el equipo de acercamiento necesario para tener acceso a los elementos por inspeccionar (pasarelas, brazos mecánicos, escaleras, cuerdas, equipo aéreo remoto, etc.), así como del personal profesional y técnico necesario para su ejecución y los equipos de transporte y de ingeniería. Lo que se pretende en este tipo de inspecciones además de detectar daños o problemas, y establecer el estado de conservación también se deben determinar problemas que pueden preverse, es decir el

levantamiento de daños también considera el levantamiento de cantidades de conceptos de obra para la conservación menor o preventivo, es decir, esta inspección además de la evaluación del estado de conservación finaliza con un catálogo de conservación menor con sus respectivas especificaciones y costo.

Los informes técnico y fotográfico correspondiente, el dictamen con la calificación, se realizarán en formato electrónico.

### **3.7.3 Inspección detallada**

Este tipo de inspección se realiza a cualquier puente, tradicional o especial, en la mayoría de los casos la inspección detallada viene precedida de una inspección visual en la que se detecta algún daño o comportamiento que requiere de una auscultación técnica más profunda apoyada de estudios y pruebas a los materiales, en muchos casos también se programan inspecciones detalladas en puentes especiales de manera periódica ante la sensibilidad del puente, la importancia estratégica del mismo o bien basada en el manual de conservación del mismo puente.

La Inspección Detallada al igual que la inspección visual realiza el reconocimiento y levantamiento general de todos los problemas, daños, deterioros, deficiencias o mal funcionamiento de cualesquiera de los elementos que componen a estas estructuras y sus elementos complementarios (accesos, cauce, sistemas de alumbrado, señalamiento, etc.). Revisar las condiciones geotécnicas del puente, los taludes, cortes y posibles fallas en el cauce, en la barranca o cañada que se está cruzando, pero particularmente lo hace de una forma detallada cuidando de definir adecuadamente las zonas que presenten daños o patologías, así como la naturaleza y magnitud del daño o patología a fin de poder determinar los materiales y procedimientos de construcción a emplear para su reparación. En algunos elementos como juntas de dilatación y dispositivos de apoyo este tipo de inspecciones consideran la medición y observación del funcionamiento de estos elementos en distintos periodos y horarios diarios, ya que estos elementos deben su razón de ser a los cambios térmicos a lo largo del día y las temperaturas promedio. Desde luego además de utilizar elementos auxiliares sencillos: escalera de mano, martillos, plomadas, cintas métricas, aparatos ópticos (lupas, prismáticos, cámaras fotográficas, cámaras de video, etc.), también deben de ocuparse equipos de aproximación para tener un acceso adecuado a los elementos por inspeccionar (pasarelas, brazos mecánicos, escaleras, cuerdas, equipo aéreo remoto, alpinistas etc.). Por lo que respecta al personal técnico especializado prácticamente debe de cubrir las principales áreas de la ingeniería civil, por lo que se convierte en un trabajo multidisciplinario.

Lo que se pretende en este tipo de inspecciones es atender un daño previamente detectado, en una inspección visual, además de detectar todos los daños y problemas que existan al tener mayor información de la estructura o bien dimensionar la problemática, para este caso el diagnóstico y definición del estado

de conservación cuenta con el apoyo de estudios específicos de los cuales podemos mencionar los siguientes:

#### **3.7.4 Estudios requeridos para casos particulares**

- Estudios Topográficos
- Estudios de materiales (concreto, acero de refuerzo, acero estructural, reacciones químicas, etc.)
- Estudio hidráulico e hidrológico
- Estudio de mecánica de suelos
- Estudio de capacidad de carga
- Inspección subacuática
- Pruebas de carga
- Calculo de la socavación general y local
- Verificación de la profundidad de desplante de la cimentación
- Análisis estructural para determinar la capacidad de la cimentación (zapatas, pilotes o cilindros)

En la mayoría de los casos para el informe resumido de la inspección y la calificación de la estructura se utilizan formatos electrónicos preestablecidos, no obstante, para los informes específicos de cada elemento se permiten formatos libres propuestos y avalados por la propietaria, concesionaria o la SCT.

Finalmente este tipo de inspecciones detalladas deben de considerar la elaboración de proyecto ejecutivo de mejoramiento de las condiciones de conservación de la estructura, desarrollado conforme a las directrices técnicas establecidas para cada caso y en apego a la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la SCT para el diseño de puentes; y/o las que resulten aplicables; deberá contener las cantidades de obra, memorias de cálculo, el procedimiento constructivo, las normas y especificaciones técnicas, y todo lo que comprende un proyecto ejecutivo completo y suficientemente detallado para su correcta construcción, así como el costo del mismo.

#### **3.7.5 Evaluación de la capacidad de la estructura**

Después de realizar la inspección detallada y los estudios previos referidos en el inciso anterior, se hará una evaluación que debe incluir el aspecto estructural y el funcional. En el primero, se determina la capacidad remanente de carga, o bien se define el margen de seguridad entre las acciones aplicadas y las resistencias de los elementos estructurales.

En el aspecto funcional, se determinan las capacidades hidráulica y vial del puente y se comparan con las solicitaciones respectivas.

Para conocer la capacidad resistente de un puente determinado es necesario realizar los cálculos de revisión estructural que sean necesarios para corroborar el

comportamiento y condiciones de los diferentes elementos, o bien realizar un modelo matemático del mismo, de la manera más fiel posible. La confección de este modelo se divide en dos partes: la primera, se refiere a las características geométricas de vinculación con la vialidad y el entorno, determinadas por la tipología del puente en estudio. La segunda, consiste en determinar cuáles son las propiedades resistentes del material que lo constituye. El área, la inercia, el módulo de elasticidad no son sino las manifestaciones más elementales del modelo de material que constituye un puente; estas propiedades se pueden suponer cuando se trata de obra nueva, pero en un estado determinado de deterioro, es difícil suponer dichas propiedades.

Se deduce que la determinación de la capacidad resistente de un puente en un momento determinado, no deja de ser una aproximación más o menos exacta y que sin embargo es imprescindible realizar para que la toma de decisión esté lo más fundamentada posible.

Se hace la revisión de la capacidad de carga de la estructura en las condiciones actuales, por momento flexionante y cortante, considerando la carga móvil de diseño y la carga muerta, así como los elementos mecánicos resistentes en la sección estructural original, para obtener la diferencia entre los elementos mecánicos actuantes y los elementos mecánicos resistentes, ya mencionados, la que se tomará con los elementos de refuerzo.

De todo puente en servicio se puede evaluar lo siguiente: por un lado, determinar qué capacidad de carga tiene, lo que proporciona sus características resistentes actuales y previsibles en un futuro próximo y, por otro, cuáles son sus características funcionales.

Estas dos propiedades resistentes y funcionales deben compararse con las exigencias mínimas, o aceptables que debe tener un puente para que cumpla su función dentro de la red vial. De esta comparación saldrá una política a seguir que permita establecer las prioridades, sobre qué puentes se deben mantener, cuales reparar o rehabilitar y cuales sustituir y en qué plazo.

La última tarea es evaluar las deficiencias existentes y determinar si deben ser reparadas y en caso afirmativo asignar las actuaciones de mantenimiento tipificadas que procedan y un grado de urgencia para efectuarlas. Ya definidas las condiciones estructurales, funcionales y el estado de deterioro de la estructura, podrá tomarse una decisión sobre las diferentes alternativas, las cuales se analizarán principalmente desde el punto de vista de nivel de atención y costos de reparación y mantenimiento, eligiéndose finalmente la opción más adecuada que posteriormente se desarrollará en un proyecto ejecutivo.

### **3.8 Sistemas de gestión de puentes**

Los puentes son elementos muy importantes en la red carretera del país, por lo que es necesario conocer la condición del estado físico en que se encuentran para garantizar una administración adecuada de la infraestructura y la seguridad de los usuarios de las carreteras. Por este y otros motivos en diferentes países han surgido los Sistemas de Gestión de Puentes (SGP).

La gestión de puentes se define, como el conjunto de acciones a llevar a cabo para garantizar la seguridad y calidad de servicio de las estructuras gestionadas y optimizar el uso de recursos disponibles. No obstante, esta gestión no debe limitarse a la fase de servicio del puente, y debe establecerse tan pronto como sea posible, preferiblemente en la fase de diseño, proyecto y ejecución de la obra.

Los sistemas de gestión de puentes, según se puede extraer de las aplicaciones desarrolladas en los diferentes países que ya los tienen implementados, se plantean como herramientas cada vez más desarrolladas como resultado de la evolución de las computadoras y su capacidad de procesamiento. Generalmente presentan una estructura modular, con una serie de elementos comunes, que forman los siguientes módulos básicos:

- **Inventario.**
- **Inspección y evaluación.**
- **Catálogo de daños.**
- **Apoyo a las decisiones y la administración.**

Entre los países que han implementado estos sistemas se pueden mencionar: Finlandia (FBMS-Finnish Bridge management system), Dinamarca (DANBRO), Suiza (KUBA), Portugal (GOA-Gestao de Obras de Arte), Canada (OBMS- Ontario Bridge Management System), Estados Unidos (PONTIS-AASHTOWare Bridge Management-BRIDGIT), Alemania (GMBS-German Bridge Management System), Reyno Unido (HiSMIS), México (Sipumex-SIAP), entre otros.

Estos sistemas deben ayudar al gestor a tomar decisiones basadas en la información recopilada durante las inspecciones y determinación de la condición de los puentes, simulando varios escenarios de acción para poder predecir el nivel de conservación futuro de cada elemento y optimizar los recursos económicos para realizar acciones que prolonguen la vida útil de los puentes de la red y mantengan un nivel de servicio adecuado. En la siguiente figura se muestra esquemáticamente el planteamiento conceptual de los efectos de la aplicación de estrategias de conservación en mantenimiento, frente a políticas de no inversión:

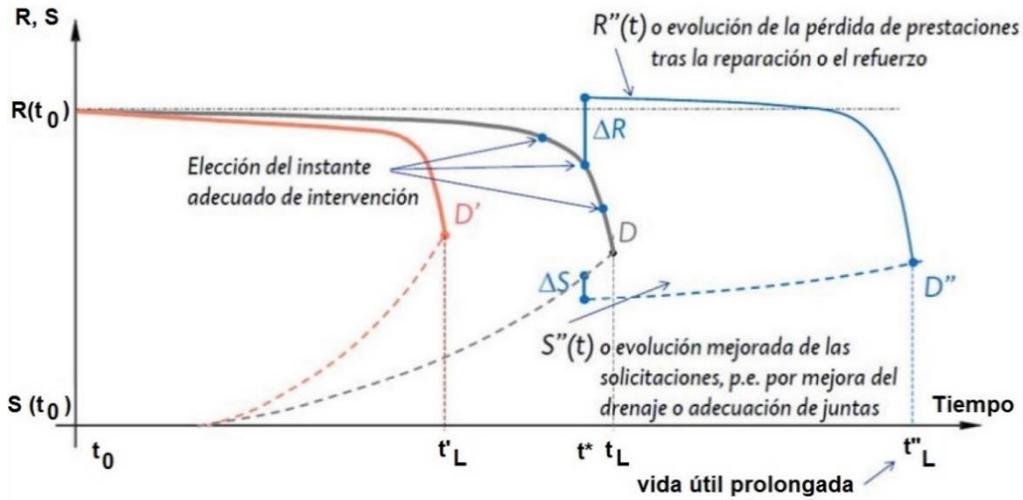


Figura 112. Concepto de vida útil y su gestión. León González (2008)

El flujo de trabajo en un SGP puede representarse esquemáticamente de la siguiente forma:

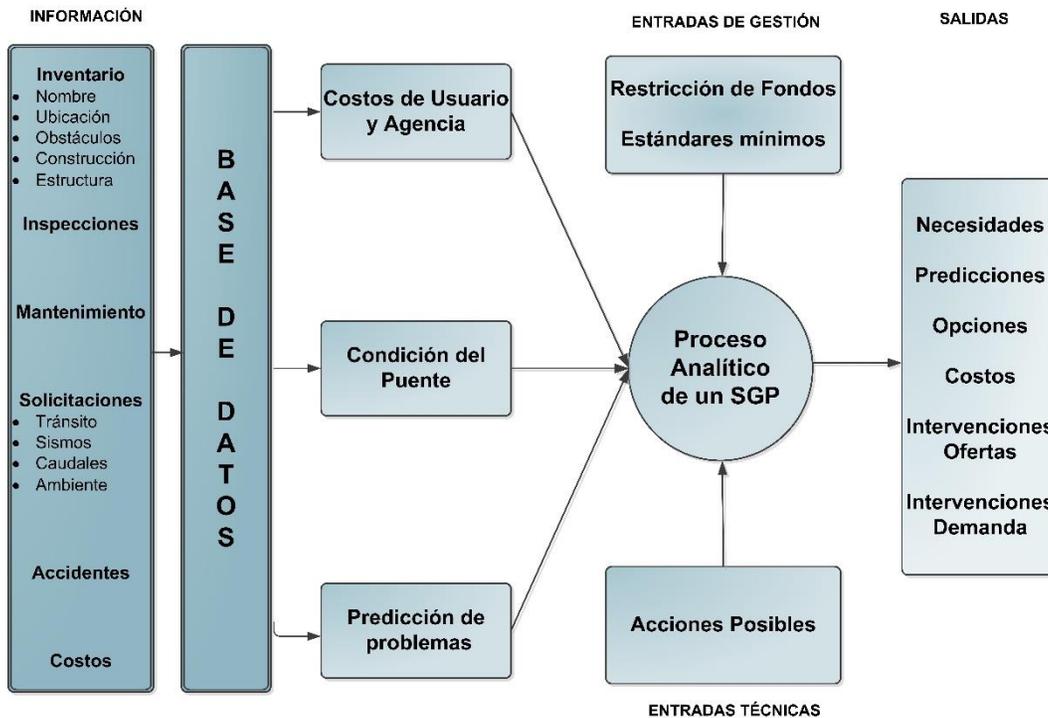


Figura 113. Componentes de un sistema de gestión de puentes (Austroads, 2002)

Un SGP es una herramienta de gestión de recursos que se emplea para almacenar información detallada sobre el inventario de puentes y su estado físico y que además se puede emplear para establecer el programa de mantenimiento. El

objetivo por el que se utiliza un SGP es el de la vigilancia y control del estado de los puentes para que sigan cumpliendo las funciones para las que fueron diseñados a lo largo de su vida útil, con mejor administración de las inversiones de conservación.

Los sistemas de gestión de puente basan su funcionamiento en tres elementos:

- Inspecciones visuales de la estructura y sus alrededores. Este rubro es de vital importancia, la obtención de datos reales fidedignos y su actualización constante proveerán el insumo del principal para la generación de estadísticas y materiales de apoyo en la toma de decisiones.
- Determinación de la evolución del estado físico del puente en el tiempo, hacia el pasado mediante los registros del historial de reparaciones y hacia el futuro en base a modelos de deterioro probabilísticos o mecanicistas.
- Priorización del mantenimiento según las consecuencias de los posibles escenarios según el estado actual y futuro de las estructuras y el análisis económico de acciones de conservación de distinta magnitud durante la vida útil del puente.

A nivel global un SGP debe ser capaz de proveer:

- Información completa cuando se necesite, de las características estructurales y de funcionamiento de la estructura de cada puente (Inventario de Puentes).
- El Seguimiento detallado al comportamiento estructural de los puentes. (Historial de conservación y reparaciones)
- Facilidad en la evaluación y detección de daños, en especial, después de la ocurrencia de eventos extraordinarios (inspecciones visuales periódicas).
- Aumento en la eficiencia y eficacia de los trabajos de conservación y del ejercicio de su presupuesto.

A nivel particular un SGP debe:

- Considerar a la infraestructura como inversión.
- Administrar en forma eficiente la información.
- Organizar toda la información generada, de ser posible de una manera gráfica.
- Proporcionar información estadística necesaria para la elaboración de modelos económicos de la conservación de los puentes.
- Facilitar el manejo de la información mediante la generación automática de informes, realizando consultas selectivas de datos concretos y obteniendo estadísticas.
- Priorizar las estructuras a intervenir de acuerdo a su estado físico y su importancia.

- Estimar la capacidad de carga y vida útil de las estructuras.
- Determinar el grado de deterioro de los elementos de cada obra de paso y la repercusión sobre su capacidad estructural y funcional.
- Evaluar alternativas de conservación y sugerir acciones o intervenciones.
- Ayudar a la generación de programas de inspección y rehabilitación.
- Dar seguimiento a los resultados de las acciones de conservación.

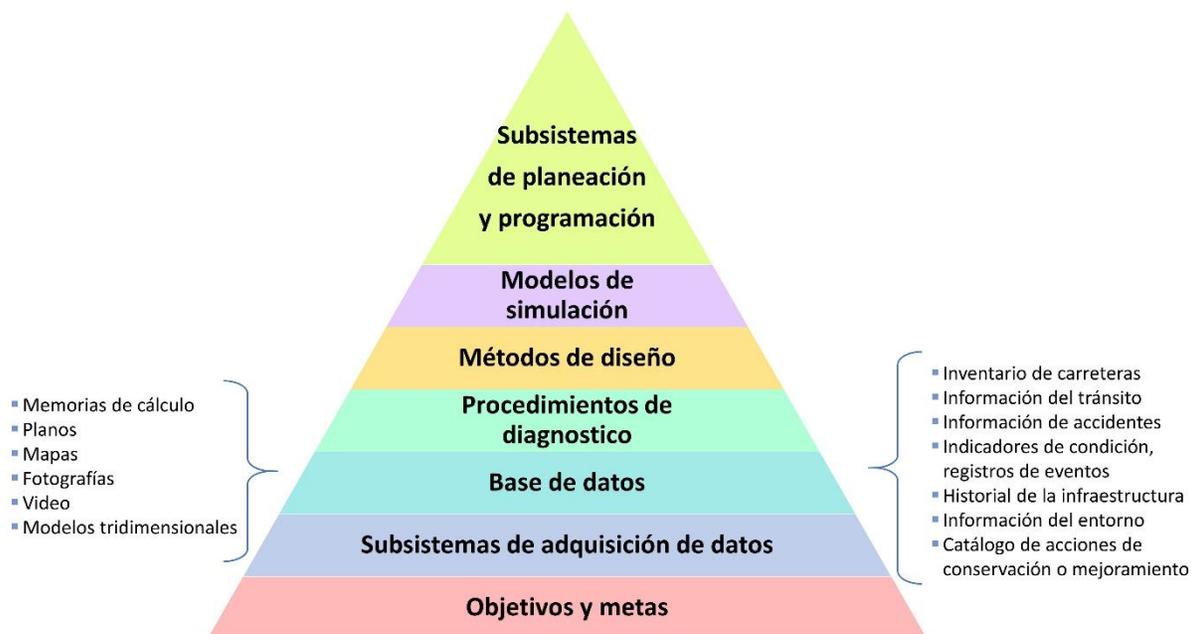


Figura 114. Estructura del sistema de gestión

El establecimiento de un SGP implica la necesidad de sostener relaciones con otras disciplinas como son:

- Gerencia de proyectos
- Desarrollo de sistemas
- Servicios tecnológicos
- Asistencia técnica permanente
- Capacitación y desarrollo de proveedores
- Validación de procesos y evaluación de proveedores

Los SGP aumentan su utilidad si son asociados con otros sistemas de gestión, se puede:

- Complementar, con el sistema de gestión de pavimentos (HDM-4, por ejemplo), y formar en conjunto un sistema de gestión integral de la infraestructura carretera.
- Desarrollar una plataforma para la gestión de riesgos: identificación de zonas de riesgo o vulnerables, y el desarrollo de planes de emergencia.
- Integrar a sistemas inteligentes de control e información en carreteras (ITS).
- Reforzar el control de cargas que circulan por la red de carreteras si se utilizan algunos puentes como pesadoras dinámicas, para la vigilancia del peso de los vehículos de carga.

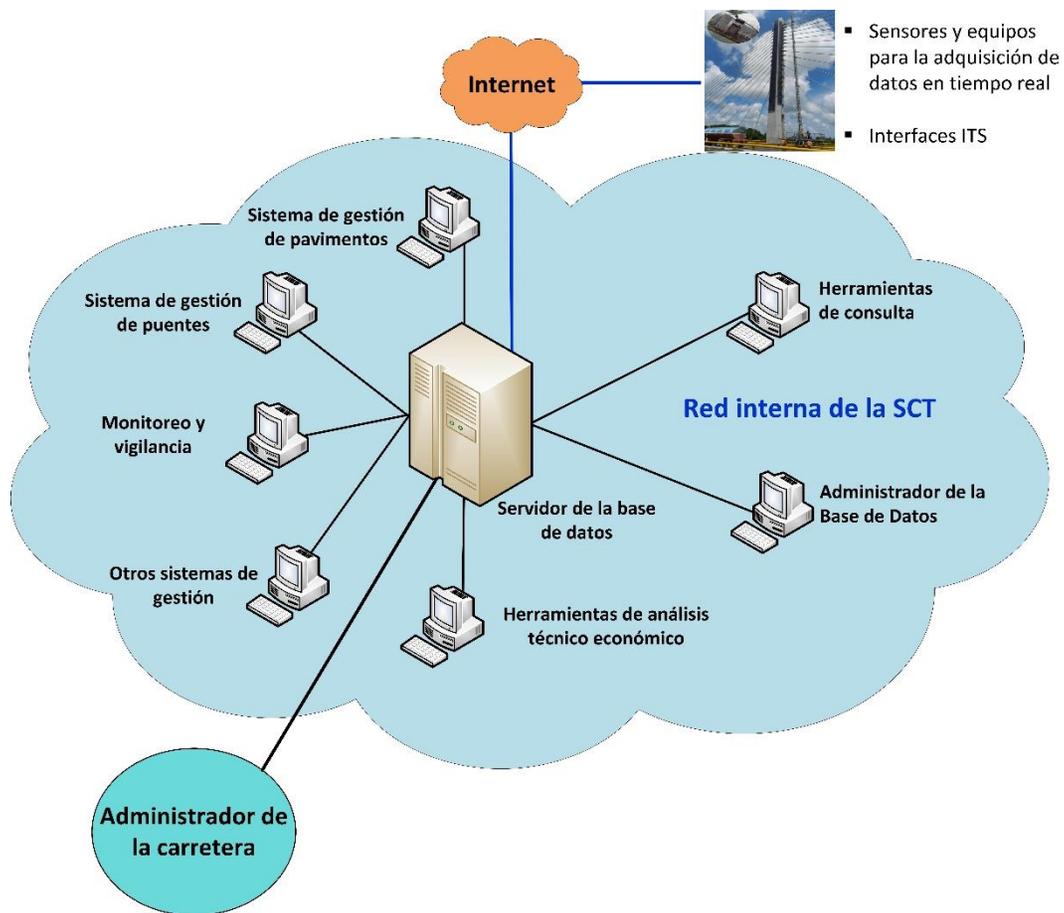


Figura 115. Arquitectura de cómputo

Para el caso de México es necesario considerar algunas circunstancias especiales que han condicionado la implementación de un SGP único.

Hay diferentes redes administradas por diferentes entidades con requerimientos económico y financieros muy diferentes, existe la red federal de carreteras libres de peaje (Administrada por la DGCC de la SCT a través del SIPUMEX), la red de

autopistas de cuota (Administrada por BANOBRAS-CAPUFE con implementación parcial del SIAP proporcionado por la DGDC de la SCT), la red de autopistas concesionadas a particulares entre los cuales han implementado sistemas de administración individualizados.

Independientemente de la red, para la implementación de los SGP las diferentes administraciones responsables se han encontrado con problemas como los siguientes:

- Escases de recursos para este tipo de controles.
- Falta de cultura de la administración y gestión de la calidad.
- Falta de preparación de los profesionales de la ingeniería de puentes
- Para más del 80% del inventario de puentes, los pesos de los vehículos de carga que circulan actualmente, exceden las cargas que se consideraron para su diseño.
- Más del 50% de los puentes tienen más de 30 años de servicio. Lo cual ha derivado en una amplia gama de procesos constructivos y consideraciones especiales.
- Las cargas vivas, en términos de volumen de carga, tránsito y configuraciones vehiculares, se incrementan cada vez más de manera desorganizada.
- Para planear la rehabilitación, el reforzamiento o la sustitución de los puentes, es necesario evaluar la capacidad de carga de los puentes y estimar su vida remanente, proceso que solo se ha realizado en un porcentaje mínimo de las estructuras.

Para dar solución a la problemática descrita anteriormente surge la necesidad de tomar acciones entre la que podrían considerarse:

- El control de pesos y dimensiones de vehículos de carga y evitar la sobrecarga.
- Necesidad de actualizar la normatividad para diseño, mantenimiento y regulación.
- Oficializar el uso de un sistema de gestión de puentes único para todos los administradores responsables de infraestructura.

Los sistemas de gestión de puentes deben aportar criterios objetivos para determinar en qué momento compensa tomar la decisión de llevar a cabo medidas de conservación, teniendo en cuenta los beneficios de la inversión y los riesgos de

que los deterioros puedan crecer con el tiempo y suponer costos de reparación mucho más elevados.

Por tanto, aunque no es tarea sencilla, pues siempre hay un cierto condicionamiento del contexto económico por el que pueda atravesar la administración gestora, que pudiera tener que restringir el gasto por debajo de límites que garantizaran la optimización de las labores de gestión, se proponen las siguientes etapas generales descritas en diferentes metodologías de sistemas de gestión de puentes:

1. Definición de los elementos estándar en un puente
2. Inventario y creación de una base de datos de puentes y elementos existentes.
3. La identificación mediante labores de inspección de puentes de las anomalías de cada elemento y el desarrollo de modelos para predecir el futuro deterioro.
4. Desarrollo de acciones de conservación y mantenimiento para cada conjunto de elementos y cada una de las tipologías de anomalía detectadas.
5. Desarrollo de modelos de optimización y toma de decisiones.

En general, existe un avance importante, llevado a cabo en los últimos años en países desarrollados, en lo que a las etapas de inventariado y creación de bases de datos se refiere, existiendo lagunas y líneas de acción pendientes en lo que se refiere a las etapas finales de implementación de sistemas de gestión (modelos de predicción y toma de decisiones), siendo esta última la línea de investigación que ayudará a la optimización de los recursos disponibles, como culminación del desarrollo de la técnica en cuanto a gestión, conservación y mantenimiento de los puentes.

---

---

# Manual para Inspección de Puentes

## ***CAPÍTULO 4 – Recomendaciones para Seleccionar el Tipo de Inspección***

---

	<b>Sección</b>	<b>Página</b>
4.1. Orientación para la selección de la intervención		117
4.2. Análisis y Diagnóstico de la situación del estado físico de la estructura		121
4.3. Propuesta de Estudios Especializados		127



#### 4. RECOMENDACIONES PARA SELECCIONAR EL TIPO DE INSPECCIÓN

Las cuadrillas de personal de mantenimiento y el cuerpo de inspectores de puentes deben trabajar en coordinación. Los inspectores son la fuente principal para identificar las necesidades de mantenimiento.

Una inspección bien documentada es esencial para determinar los requerimientos de mantenimiento y dar recomendaciones prácticas, sugiriendo acciones para corregir las deficiencias o impedir el incremento de estos defectos. Inspecciones regulares deben considerarse como una responsabilidad primordial en el mantenimiento.

Además de los defectos que pueda haber, las inspecciones deben buscar las condiciones que puedan indicar posibles problemas futuros.

Para que un sistema de gestión de puentes brinde resultados confiables, es necesario que la información recopilada sea lo más certera posible, el presente tema se elabora para que los ingenieros e inspectores de puentes lo utilicen como herramienta para unificar criterios de inspección y evaluación. Por tal motivo se deben entender todos los aspectos que involucra, comenzando por realizar a cada estructura la inspección que le corresponde.

Se debe comprender el funcionamiento y comportamiento del puente a inspeccionar por lo que es necesario, indagar sobre su estructuración, la manera como administran las fuerzas originadas por las diversas cargas que actúan sobre la estructura., por lo tanto antes de llevar a cabo la inspección es necesario, en la medida de lo que sea posible, recabar información de las estructuras a inspeccionar; como el proyecto ejecutivo, reportes de inspecciones anteriores, entre otros. Sabemos que existen diversos organismos que llevan el control de las estructuras del país, para facilitar la búsqueda, a continuación se indica el organismo donde se puede solicitar dicha información.

Tabla 4.1 Organismos Responsables

Tipo de carretera	Organismo Responsable
Red carretera Federal libre	Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC)
Caminos Rurales y alimentadores	Dirección General de Carreteras (DGC)
Caminos y Puentes	Dirección General de Desarrollo Carretero (DGDC)

concesionados

Caminos y Puentes Federales de Ingreso y Servicios Conexos (**CAPUFE**)

Cabe mencionar que para las estructuras que se encuentren dentro de los municipios o dentro de la Ciudad de México, el organismo que se debe consultar es el propio gobierno de estos.

Una vez analizada la información recopilada y dependiendo del tipo de petición, se procederá a realizar la inspección ya sea de tipo visual o Detallada.

Puede darse el caso de que no se encuentre información de la estructura en estudio, dado esta situación se recomienda realizar en primera instancia una inspección visual para así conocer el estado en que se encuentra la estructura.

Entre los factores que influyen en el tipo de inspección a realizarse en una estructura de puente, se tienen los siguientes:

- Tipo de estructura de la que se trate, si es de estructura tradicional o especial conforme a las definiciones indicadas en el tema 3.7 Clasificación de las Inspecciones, inciso 3.7.2.
- Tipo de patologías que presenta la estructura.
- Gravedad de los deterioros que presente la estructura.
- El nivel de seguridad estructural que la estructura requiera.
- Importancia funcional y económica.
- Importancia histórica, social y política.

Los criterios para calificar el estado de los puentes que se proponen en este manual son aplicables a evaluaciones visuales y por ende están sujetos a las limitaciones que este tipo de valoración conlleva.

Los criterios de calificación se fundamentan en un análisis integral de los deterioros observados en cada elemento del puente para determinar su condición; esto se basa en el tipo, la severidad y la extensión de los daños en cada uno de ellos y las consecuencias de la falla de los mismos sobre el sistema del puente.

La caracterización del daño se basa principalmente en la experiencia y criterio del inspector encargado, sin embargo, se puede homogenizar mediante un catálogo de daños para puentes.

A partir de la calificación asignada al puente se dan lineamientos generales sobre la urgencia de atención y medidas de conservación, reparación, readecuación o remplazo que se recomiende para un puente específico. Los resultados son útiles para apoyar decisiones administrativas sobre las labores que se requieran realizar para cada puente.

Finalmente, el análisis inicial de la condición física de la estructura brinda parámetros valiosos para proponer la realización de estudios especializados.

#### 4.1. Orientación para la Selección de la Intervención

Se recomienda que los puentes en servicio sean evaluados 2 veces por año, antes y después de la temporada de lluvias, sin embargo actualmente se establece que por lo menos deben ser evaluados una vez al año, por parte de personal capacitado específicamente para la identificación y evaluación de daños; la época más recomendable para realizar esta inspección es al término de la temporada de lluvias, cuando la disminución de los niveles de agua facilite el acceso bajo las obras y se puedan observar los indicios de socavación, que es causa principal del colapso de los puentes.

Se recomienda que los componentes sumergidos del puente sean inspeccionados cada tres (3) años, como máximo, por personal especializado como son buzos o inspectores equipados con equipo remoto como cámaras sumergibles.

La Inspección podrá ser visual o detallada, a continuación se indican las circunstancias para la elección del tipo de inspección.

##### 4.1.1. Casos para realizar una inspección visual

La inspección visual de un puente tiene dos objetivos, asegurar el tráfico sin riesgo sobre la estructura, y detectar las deficiencias estructurales existentes, recomendando las acciones para corregirlas.

La necesidad de una inspección visual puede tener lugar en diferentes casos y por diferentes motivos, como son:

- **Para Inventario Inicial:** Destinada para estructuras nuevas, esta inspección se deberá realizar en los primeros 45 días naturales, a partir de la fecha declarada como Inicio de Operación. El objetivo principal de esta inspección es el de completar los Formularios del Inventario Básico de Puentes, incorporando la información general de todas las obras faltantes o inconclusas que no fueron atendidas durante el proceso de la construcción. Asimismo, se deberá detectar por simple inspección, los tipos de daños preexistentes que puedan generar inestabilidad en la estructura o que representen peligro para los usuarios de la vía, defectos de construcción en vigas, columnas, losas, arcos u otros elementos que a criterio de los ingenieros inspectores, requieran intervención inmediata.
- **Para trabajos de mantenimiento normal o rutinario:** Será efectuada durante el resto de la vida útil de la estructura y se realizará periódicamente (en forma anual), con el objetivo de obtener la información necesaria para completar y actualizar los Formularios de Inventario y del Estado Físico de la

Condición Estructural del Punte. (estos formatos se pueden consultar en el apéndice B)

- **Para permiso de tránsito de cargas especiales:** Debido al desarrollo de nuestro país, se ha tenido la necesidad de transportar cargas con exceso de peso y dimensiones, para ello se deben inspeccionar todos los puentes localizados en la ruta o rutas escogidas, determinando normas, especificaciones y preceptos que deben cumplirse durante la trasportación, incluyendo apuntalamientos o reforzamientos que se requieran de acuerdo con un dictamen técnico que deberá integrar el responsable del transporte, avalado por un especialista del ramo de las estructuras.
- **Por emergencias:** Por fenómenos meteorológicos, como ciclones, lluvias torrenciales, sismos, colisiones o impactos provocados principalmente por accidentes, se presentan situaciones de emergencia, como asentamientos, erosiones, socavaciones etc., que deben evaluarse inmediatamente.
- **Petición Especial:** Esta inspección será realizada conjuntamente con el personal de la SCT y la Administración Responsable de la Estructura, previo requerimiento de alguna de las partes. Los motivos, alcances y fines de la inspección serán acordados por ambas partes y pueden ser de muy diversa naturaleza.

#### 4.1.2. Casos para realizar una inspección detallada

La necesidad de una inspección Detallada puede tener lugar en diferentes casos y por diferentes motivos, como son:

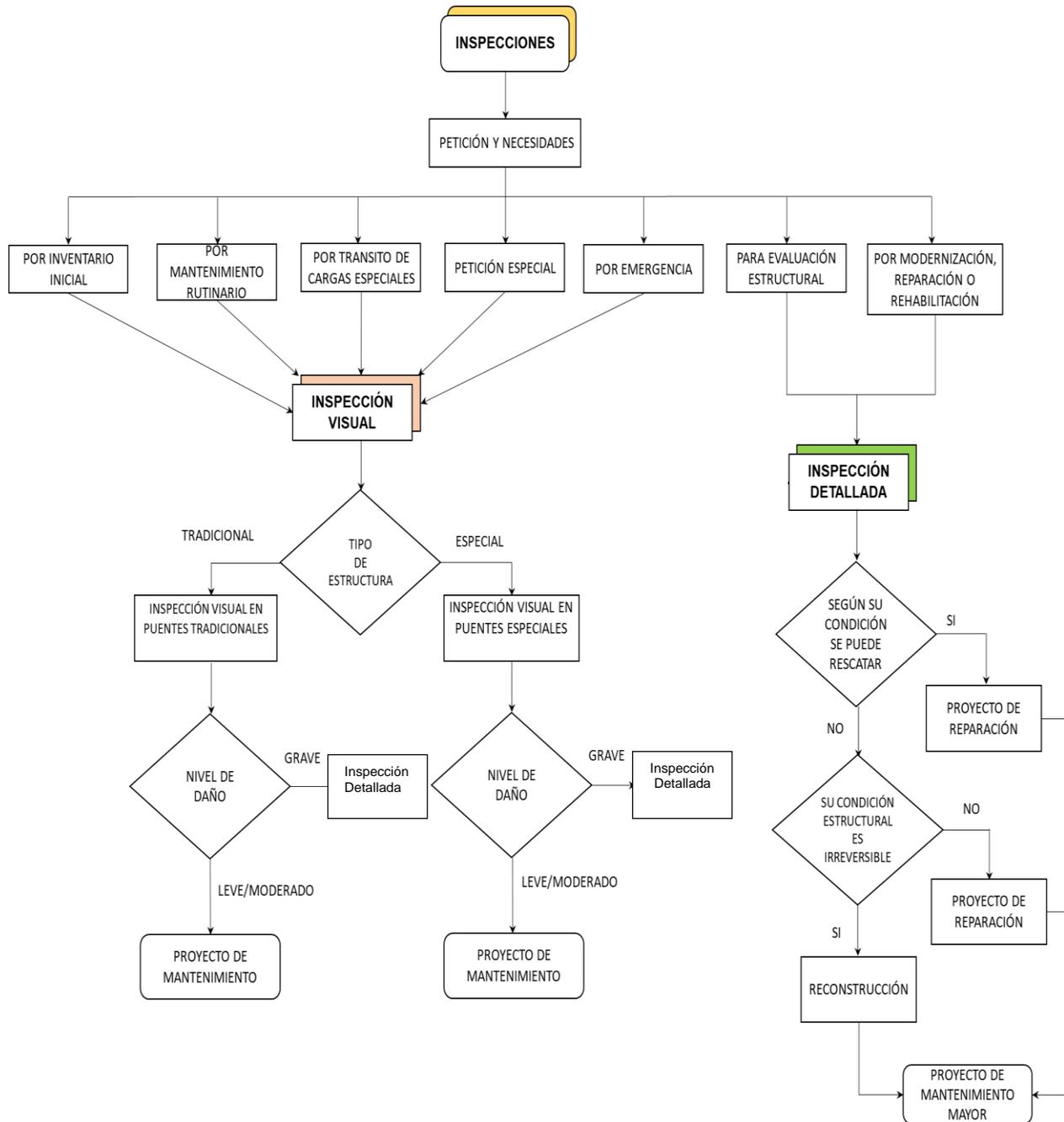
- **Para evaluación estructural:** Esta inspección se recomienda realizarlas cada 2 a 4 años, sin embargo, los puentes de condición dudosa o con deficiencias conocidas, se vigilan con mayor frecuencia. Por ser este tipo de inspecciones de carácter minucioso, se requieren herramientas y equipo apropiados.
- En aquellos puentes que hayan sido clasificados en el grupo “A” o con calificación inferior a 3 (SIAP) durante la inspección visual.
- Se realizara en aquellos puentes que por su estado físico o situación operativa requieran ser modernizados, reparados o rehabilitados y tendrá por objeto recabar los datos necesarios para la realización del proyecto ejecutivo correspondiente.

Este tipo de inspección es la más especializada y específica, se deberá realizar por personal altamente especializado, estará compuesta de una serie de actividades específicas para cada situación en particular, se puede decir que depende de cada

tipo de estructura y la problemática que presente en una situación en especial. (en el capítulo 7 se amplía el detalle de esta inspección.)

Es recomendable que los alcances de una inspección detallada sean consecuencia de una inspección visual puesto que en esta inspección ya se tienen elementos cualitativos de los deterioros existentes, así como de la naturaleza de los mismos.

En la siguiente figura se muestra la metodología de orientación a la selección de la intervención.



*Figura 4.1. Orientación para la Intervención.*

### **4.1.3. Planificación y ejecución de las inspecciones**

Los inspectores deberán trabajar en equipo, realizando las inspecciones conjuntamente a una misma estructura, coordinando las actividades específicas que cada especialista deba realizar, lo anterior se recomienda para optimizar el uso de los equipos de aproximación, que por lo general, su disponibilidad en la zona de trabajos representa un alto costo.

Dependiendo de la cantidad de estructuras a inspeccionar, el inspector deberá planificar una ruta adecuada para revisar una cantidad de puentes que le permita hacerlo correctamente, de acuerdo al tiempo disponible para el tipo de inspección que se ejecuta. Dicha ruta deberá ser programada, en la medida de lo posible, en función del tipo de inspección programada, la ubicación de los puentes, su complejidad y la accesibilidad para realizar cada una de las inspecciones.

Se deberán estudiar previamente, los formularios que son requeridos y que se indican en este manual así como la información existente relacionada con las obras a inspeccionar.

Las inspecciones se deberán realizar en horas diurnas, en las que exista suficiente luz natural para efectuar una correcta revisión de los elementos estructurales y de las condiciones generales del puente u obra de paso. En caso de que no sea posible efectuar la inspección con luz natural, se deberá contar con el equipo adecuado para obtener una visión clara de los elementos a inspeccionar.

Los inspectores deberán revisar que todo el equipo necesario esté a disposición y en buen estado antes de iniciar el recorrido de inspección.

En todo momento, el inspector debe tener en cuenta las medidas necesarias para ejecutar el trabajo de forma segura, debiendo satisfacer cualquier requerimiento en cuanto al equipo de seguridad e higiene ocupacional que se necesita para efectuar la inspección. Será obligación de los inspectores la elaboración de los informes señalados en este documento.

#### 4.2. Análisis y Diagnóstico de la situación del estado físico de la estructura.

Al término de la inspección, el jefe de la brigada procederá a dar una calificación del estado global del puente de acuerdo a los grados A, B y C indicados en la *Tabla 4.2 Calificación General del Puente*, para llegar a esta calificación general se deberá tomar como base la calificación particular de los daños y el deterioro de cada parte que integran al puente (superestructura, subestructura, cimentación, superficie de rodamiento, accesos y socavación), de acuerdo con lo indicado en la *Tabla 4.3. Niveles para la calificación de puentes*.

Tabla 4.2 Calificación General del Puente

Grado de deficiencias	Descripción	Necesidad de Atención
Grado "A"	Puentes o estructuras que presentan una o más deficiencias graves que impliquen un peligro inminente para la seguridad pública o que puedan ocasionar la interrupción prolongada del tránsito sobre el puente.	Requieren de atención inmediata.
Grado "B"	Aquellos que presenten una o varias deficiencias importantes, que de no atenderse pueden evolucionar hacia deficiencias graves.	Requieren atención a mediano plazo (seis años).
Grado "C"	Los que solo presenten deficiencias menores con evolución lenta.	Mantenimiento Rutinario

*Basado en la "Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México 2014", Secretaría de Comunicaciones y Transporte.*

El Sistema de Administración de Puentes (SIAP), propone niveles para la calificación de puentes. En virtud de la escasez de información y de la superficialidad de la inspección, no es posible adoptar un sistema cuantitativo sofisticado de calificación, por lo que en forma práctica recomienda que la superestructura, subestructura, superficie de rodamiento, cimentación (socavación), y demás elementos estructurales que componen el puente, se califiquen en alguno de los niveles mostrado en la *Tabla 4.3 Niveles para la calificación de puentes*, se debe asignar una calificación a cada concepto, es decir una sola calificación para la subestructura, otra para la superestructura, otra para la superficie de rodamiento y otra para la cimentación.

Tabla 4.3. Niveles para la calificación de puentes.

Nivel	Descripción
5	Condición Excelente
4	Condición buena
3	Condición Aceptable
2	Condición regular
1	Condición mala o defectuosa
0	Condición de falla

Tabla 3.1.-Niveles para la calificación de puentes, Sistema de Administración de Puentes (SIAP), Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Publicación Técnica No. 49

Esta primera calificación, puede modificarse posteriormente o ratificarse, de acuerdo con el análisis más a detalle de las evidencias que se recopilen durante la inspección física realizada y la investigación que proporcione elementos como el historial de reparaciones o inspecciones anteriores, sin embargo es importante clasificar las estructuras de manera preliminar para que se tomen acciones inmediatas para las estructuras que signifiquen un riesgo durante su operación.

En la *Tabla 4.4. Criterios para la calificación general de puentes* y en el *apéndice A*, se indican los criterios recomendados para calificar de forma general la estructura del puente, tomando como base los daños más significativos, cabe mencionar que estos no son limitativos ya que los puentes están conformados de distintos materiales, estructuración, así como condiciones de operación muy particulares en algunos casos.

Para homologar las calificaciones propuestas por el Sistema de Administración de Puentes (SIAP) y las indicadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (mencionada en la "Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014), se propone lo siguiente:

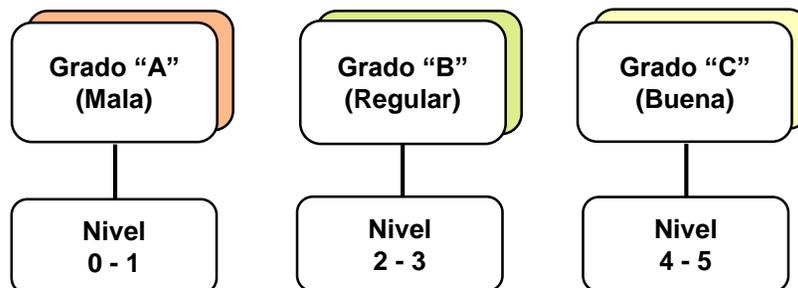


Figura 4.2. Correlación entre la calificación.

Tabla 4.4. Criterios para la calificación general de puentes.

Aspectos	Condición General					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
Hundimientos	Cuando la condición estructural se encuentra colapsada o cuando la capacidad del servicio del elemento es nulo y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios.	Quando el hundimiento sea muy perceptible visualmente y afecte la operación y/o la seguridad estructural del elemento.	Quando el hundimiento sea perceptible visualmente pero no afecte la operación ni ponga en riesgo la seguridad.	Quando sea apenas perceptible a la vista	Ninguno	Ninguno (Nueva)
Desplome		Quando se observe desviado significativamente de la alineación y es necesaria la revisión estructural.	Se a desviado de la alineación (perceptible visualmente), pero que no pone en riesgo la seguridad	Quando se haya desviado ligeramente de la alineación (muy poco perceptible visualmente)	Ninguno	Ninguno (Nueva)
Socavación		Quando se encuentre expuesto más del 25% del elemento, por causa de la socavación (cimentación profunda). Quando se observe que alguna parte de la cimentación no este desplantada sobre el terreno (cimentación superficial).	Quando se encuentre expuesto del 10 al 25% del elemento, por causa de la socavación (cimentación profunda). Quando se observe la cara superior de la cimentación y exista inicios en el peralte de la misma. (Cimentación superficial)	Quando existan inicios de socavación, con menos del 10% del elemento expuesto (cimentación profunda). Quando sea apenas perceptible partes de la cara superior de la cimentación (cimentación superficial)	Ninguna	Ninguna (nueva)
Flechas		Quando sean notoriamente visibles y que por su condición pongan en peligro la seguridad, por lo que se necesitaría una revisión estructural.	Quando sean notoriamente visibles pero que su condición no ponga en peligro la seguridad.	Quando sea apenas perceptible visualmente	Ninguno	Ninguno (Nueva)
Corrosión		Quando partes del elemento estén reducidas o hay perdida de sección por la corrosión, cuando existe más del 20% de corrosión y sea necesario una revisión estructural	Quando el 20 % del elemento presenta corrosión pero no ponen en riesgo la seguridad.	Se observan inicios de corrosión en el elemento	Ninguno	Ninguno (nueva)
Otro		El elemento tiene daño por impacto. El daño afecta el funcionamiento estructura del puente y es necesario realizar una revisión estructural.	El daño por impacto es notorio, existe perdida de material o acero expuesto pero no afecta el funcionamiento estructura del puente.	Apenas notorio el daño por impacto.	Ninguno	Ninguno (Nueva)

Ejemplos de daños en Puentes:



*Figura 4.3, daño de hundimiento: nivel 1 (mala o defectuosa).*



*Figura 4.4, daño de desplome: nivel 1 (mala o defectuosa).*



*Figura 4.5, daño por Socavación Nivel 1 (mala o defectuosa)*



*Figura 4.6, daño de flecha: Nivel 2 (regular)*



*Figura 4.7, daño de corrosión nivel 2 (regular)*

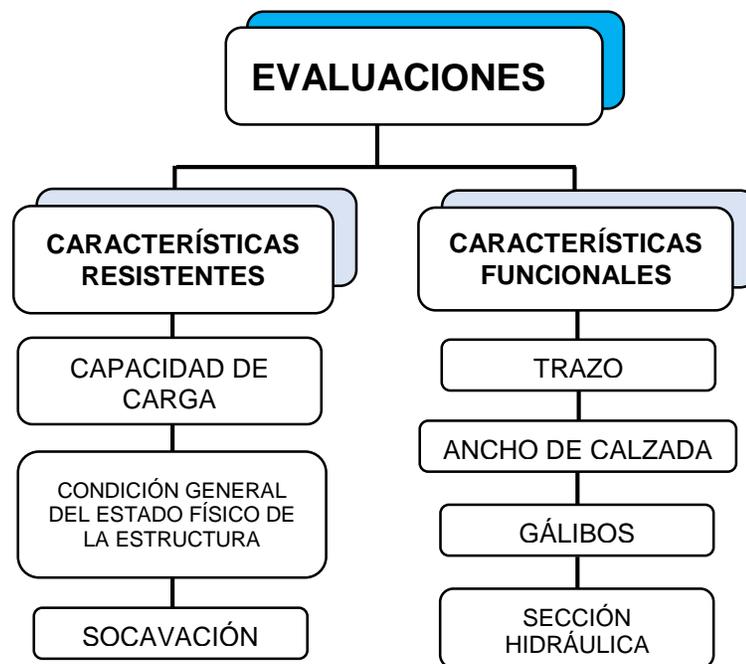


*Figura 4.8, daño de impacto nivel 1 (mala o defectuosa)*

Es importante mencionar que el Sistema de Administración de Puentes (SIAP) indica que la evaluación del puente debe incluir dos aspectos fundamentales; por un lado evalúa sus características resistentes actuales y previsibles en un futuro próximo y por otro sus características funcionales, destacando el tipo de trazo, su ancho de calzada, su galibo y su sección hidráulica entre otros.

Estas propiedades de resistencia y funcionalidad, deben compararse con las características mínimas aceptables o deseables que debe tener un puente para que cumpla su función dentro de la red vial.

En las Figuras 4.9 y 4.10 se presenta esquemáticamente la manera en que el SIAP lleva a cabo las evaluaciones de los puentes.



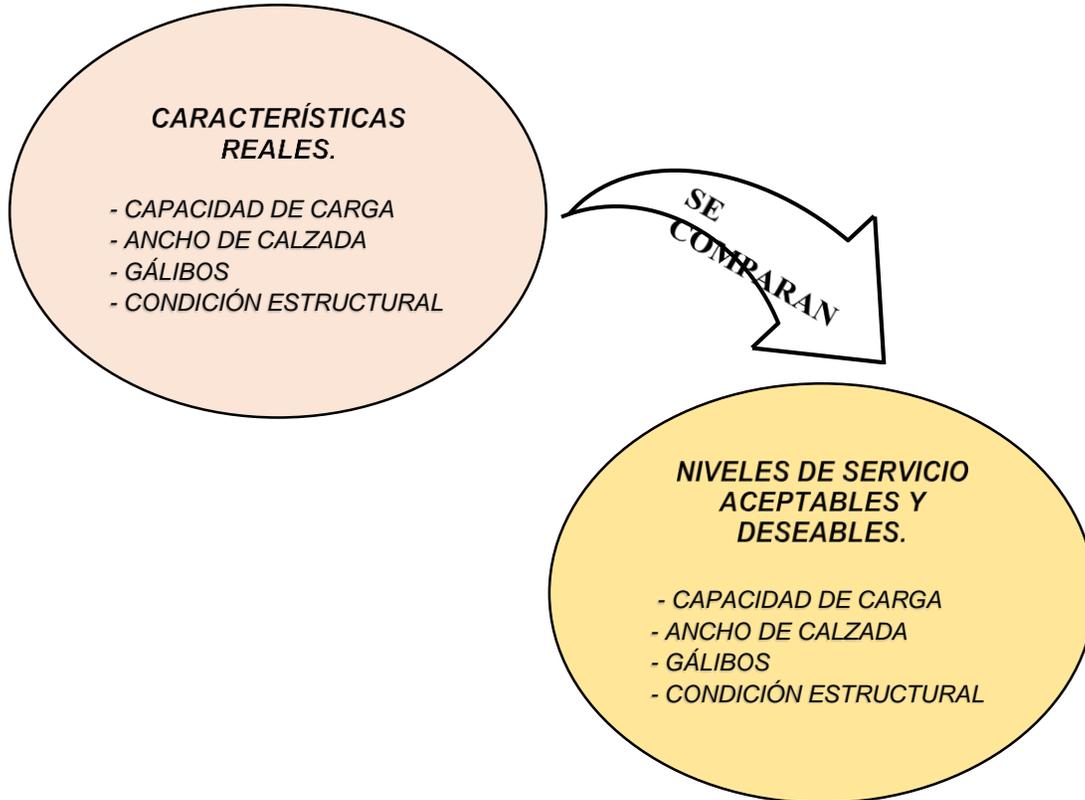
### ***CAPACIDAD RESISTENTE***

- ANÁLISIS ESTRUCTURAL MODELANDO LA GEOMETRÍA DEL PUENTE Y SUPONIENDO VALORES A LAS CONSTANTES DEL MATERIAL ACORDE CON EL NIVEL DE DETERIORO DEL PUENTE
- MEDICIÓN DE VIBRACIONES CON EL OBJETO DE OBTENER PARÁMETROS REALES, TALES COMO PERIODOS DE VIBRAR, Y CON ESTOS CALIBRAR LOS MODELOS TEÓRICOS.
- MÉTODOS SIMPLISTAS TALES COMO LA "FORMULA FUENTE" QUE DAN VALORES DEL PBV QUE PUEDE CIRCULAR POR EL PUENTE.

*Figura 4.9. Sistema de evaluación de los puentes.*

Basada en la figura 3.3- Sistema de evaluación de los puentes propuesta por el SIAP. Instituto Mexicano del Transporte (IMT),  
Publicación Técnica No. 49.

## ¿CÓMO REALIZA LA EVALUACIÓN?



**SE OBTIENE:  
EL NIVEL DE DEFICIENCIA DE PUENTE**

Figura 4.10. Esquema general de evaluación de los puentes.

Basada en la figura 3.4- Esquema General de evaluación de los puentes en el SIAP, Instituto Mexicano del Transporte (IMT),  
Publicación Técnica No. 49.

Para mayor información se puede consultar los Niveles de servicio, criterios de priorización, Índices de priorización y definición de acciones, en la publicación técnica No. 49, del Instituto Mexicano del Transporte, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

#### 4.2.1. Propuesta de estudios especializados

En primer lugar, para que el dictamen que se da sobre el estado del puente sea confiable, es importante seguir los procedimientos de inspección recomendados en este manual.

La exactitud del dictamen de la inspección depende en gran medida del análisis de los daños y defectos a corregir que haga la persona responsable de emitir el fallo o la calificación del deterioro actual del puente.

Es importante señalar que otras variables que se podrían tomar en cuenta para la calificación del puente y que no se han considerado en esta propuesta son las labores de inspección y las prácticas de mantenimiento. La valoración de la condición del puente depende inicialmente de una apropiada inspección visual objetiva, llevada a cabo siguiendo un procedimiento estandarizado. Obviar daños importantes durante la inspección o sobrevalorar los daños conlleva calificaciones erróneas. La práctica de labores de inspección periódicas ayuda a detectar daños incipientes y propiciar su atención. Las inspecciones periódicas efectivas afectan de forma positiva la condición del puente ayudando a comprender las necesidades de conservación y causas del deterioro.

En este manual se incluyen recomendaciones asociadas a la urgencia de atención de la estructura, labores de reparación y mantenimiento, o la necesidad de realizar estudios adicionales. Dentro del alcance de la metodología propuesta se contempla, como se detallará posteriormente, una serie de recomendaciones generales mínimas necesarias según el estado en que se encuentra la estructura. Es preciso profundizar en este aspecto a futuro con el fin de generar una serie de prácticas estandarizadas y codificadas (ej: evaluación en Reino Unido (HA 2007)) vinculadas a un manual de conservación de estructuras de puentes

#### 4.3. Propuesta de Estudios Especializados.

Para planificar una reparación o mantenimiento de un puente, en algunos casos es necesario obtener más información de la condición del material existente de la que se puede obtener con la inspección visual.

Normalmente el Supervisor no ejecuta estas pruebas, pero si debe saber cuándo son necesarias y conocer lo que se determina con ellas. Por esta razón, es importante que el Inspector revise los conceptos técnicos sobre pruebas en los Componentes de un Puente, para facilitar su trabajo de inspección en campo y la preparación de su Informe de Inspección.

- **Reconocimiento de la corrosión del acero de refuerzo.**

Hay varias pruebas para investigar el deterioro de un elemento debido a la corrosión del acero de refuerzo.

El reconocimiento de la delaminación se hace golpeando el tablero de concreto para que aparezcan las fisuras internas causadas por la corrosión del acero de refuerzo, quedando las marcas en la superficie; la superficie usualmente se sondea mediante una cadena de arrastre, mostrando la delaminación.

Las áreas que presentan este tipo de deterioro, quedan marcadas en la superficie y el mapa se usa como un informe de reconocimiento. La cantidad de delaminación es medida como porcentaje del área de la superficie tratada.

No se incluyen las cavidades que se han producido por otros motivos.

- **Medición del recubrimiento del acero de refuerzo.**

Hay instrumentos comercialmente disponibles que usando un campo magnético, detectan dentro del concreto la presencia de las barras de acero de refuerzo. Si se conoce el diámetro de la barra, el instrumento puede determinar el espesor de concreto sobre la barra.

La estimación de la profundidad a la que se encuentran las barras de refuerzo es útil cuando hay que remover parte de la superficie para trabajos de mantenimiento.

Para ayudar a comprobar la precisión y calibrar el instrumento, se expone una barra de refuerzo y se compara la lectura con la profundidad hallada.

Esta práctica es útil puesto que el concreto puede contener partículas magnéticas que afectan las medidas dadas por el instrumento.

- **Contenido de cloruros.**

Es una Inspección Especial que se efectúa recogiendo muestras del polvo de concreto por efecto de taladrar la superficie y analizando las muestras obtenidas a varias profundidades.

El contenido de sales de cloro se puede medir en kg/m<sup>3</sup>. El umbral de contaminación empieza con 16 kg/m<sup>3</sup> (una libra por pie cúbico).

- **Reconocimiento del potencial de corrosión.**

El procedimiento para medir el potencial de corrosión del acero de refuerzo, es conectando una sonda a un detector de corrosión. La superficie estará usualmente mojada para un mejor contacto eléctrico. Esta prueba no es recomendable cuando el tablero está armado con acero galvanizado o cubierto con material epóxico.

- **Mapa de contorno de corrosión.**

Las pruebas de corrosión están típicamente circunscritas a un cuadrado de 1.3 m de lado (cuatro pies) establecido en el tablero del puente. Los resultados de la prueba se registran en la misma ubicación mostrada en un esquema del tablero y los contornos muestran las áreas que tienen delaminación, contaminación por cloruros y corrosión activa.

- **Nuevas pruebas de corrosión.**

Los tableros de concreto, deteriorados por contaminación con sales de cloro, aumentan el costo del mantenimiento en puentes. La investigación y los esfuerzos que se desarrollan para hallar métodos de detección y cuantificación de daños por corrosión, en forma más confiable y rápida, hacen más efectiva la administración para el mantenimiento de puentes.

Actualmente se ha desarrollado un índice de la medida de corrosión basada en la determinación de la polarización potencial del acero de refuerzo. Otro método de prueba, es por medio de la permeabilidad del concreto, indicado por la carga eléctrica que pasa a través de este material.

## **PRUEBAS EN CONCRETO SIN RELACIÓN A LA CORROSIÓN.**

- **Extracción de corazones de concreto.**

Del material endurecido que forma el tablero o cualquier otra parte de la estructura serán extraídos corazones de concreto mediante taladros, estos serán probados en un laboratorio o en campo, para obtener la resistencia a la compresión siguiendo los lineamientos indicados en la normativa vigente y en el Manual *M.MMP.2.02.058, Resistencia a la Compresión Simple de Cilindros de Concreto*.

Sin embargo, como la mayoría de los problemas tiene más relación con la durabilidad que con la resistencia, raramente estos testigos se ensayan a compresión simple y, más bien, son usados para análisis petrográficos de aire incorporado y para pruebas de contaminación química. Como esta prueba es costosa y destructiva, los testigos se extraen solo cuando es necesario efectuar investigación adicional.

- **Reactividad alcalina de los agregados.**

Algunos agregados reaccionan con el cemento creando un gel en el concreto endurecido; con el tiempo, este gel se expande causando fisuras y desintegración de la adherencia entre los ingredientes del concreto. Una prueba con luz ultravioleta y acetato de uranio permite determinar la presencia del gel. Poco puede hacerse para prevenir este problema en los puentes existentes, excepto hacer lo posible para impedir el uso de agregados reactivos en las futuras reparaciones.

## **PRUEBAS PARA PROBLEMAS ESPECIALES**

Hay pruebas consideradas muy costosas para ser usadas en forma rutinaria. Sin embargo algunas pueden ser usadas en situaciones especiales, tales como:

- **Velocidad de pulso ultrasónico.**

Con esta medición se obtiene el tiempo de transmisión de energía de un pulso ultrasónico a través de una cierta distancia de concreto. Esta velocidad es

proporcional al módulo dinámico de elasticidad o endurecimiento, el cual a su vez es un indicador de la resistencia del concreto. La prueba evalúa la homogeneidad y determina la ubicación de las fisuras. El resultado puede ser afectado por muchos factores, incluyendo la variación de los agregados y la ubicación del acero de refuerzo. Se obtienen resultados cuantitativos, pero ellos son de naturaleza relativa, por lo que es necesario correlacionarlos con testigos, para conseguir valores absolutos.

- **Inspección radiográfica.**

Puede usarse para ubicar fisuras, acero de refuerzo y vacíos internos en el concreto. Se puede penetrar hasta 200 mm dentro del concreto. Es un método no destructivo pero requiere acceso a la parte posterior del elemento. Es muy costoso y debe ser usado con cuidado por el potencial de riesgo a la salud de los rayos X.

- **Tomografía computarizada.**

Esta prueba emplea una fuente nuclear para obtener una sección transversal del elemento. Entrega información sobre la ubicación de los agregados, fisuras, vacíos, densidad y extensión de la corrosión. Es un método no destructivo y puede ser usado para observar elementos de hasta un metro de espesor. Es muy costoso, no da medidas directas de resistencia y tiene un alto riesgo para el usuario.

## **PRUEBAS EN ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL**

Existen varios métodos de prueba para evaluar los problemas que tienen los elementos de acero. Es importante conocer la resistencia del acero, sus ingredientes y la presencia de fallas o fisuras que no se pueden observar a simple vista.

- **Placas Muestra.**

Se pueden extraer muestra del área de un elemento donde no cause problema a la estructura (determinada por un especialista estructural calificado). La muestra puede ser probada a esfuerzos de tracción y análisis de sus ingredientes (para capacidad de carga y soldabilidad). La prueba es destructiva por lo que su uso es restringido.

- **Tintes de penetración**

Esta prueba es usada para identificar y aumentar la visibilidad de las fisuras en la superficie de elementos de acero. La prueba es simple y no es costosa. Fotografiando las fisuras se obtiene un registro duradero.

- **Pruebas con partículas magnéticas.**

Con esta prueba se ubican fisuras en la superficie de elementos de acero, introduciendo un campo magnético. Las partículas magnéticas son fluorescentes y

están suspendidas en un líquido espeso. El campo magnético atrae las partículas hacia las discontinuidades de la superficie de acero. El método es rápido y de bajo costo, aunque sólo es aplicable a defectos superficiales.

- **Pruebas ultrasónicas.**

Este método emplea ondas de sonido para ubicar fisuras o fallas dentro de miembros de acero. Es comúnmente usado en uniones soldadas terminales de platabandas, partes de péndolas con pines. Es más efectiva en la identificación de fisuras que son perpendiculares, más que paralelas, a la dirección de la onda de sonido. Es una prueba no destructiva y puede ser usada para medir espesores de elementos.

- **Inspección radiográfica.**

Se localizan fisuras con empleo de películas y una fuente de rayos X o rayos gamma, colocada en el lado opuesto del elemento, obteniendo un registro permanente. Se puede penetrar hasta 350 mm en el acero. El método es costoso, difícil de usar, con riesgo de salud para el operador, a menos que se tomen cuidados extremos durante su aplicación.

- **Holografía Acústica.**

Con este método se ubican fisuras empleando transductores ultrasónicos que producen una figura multidimensional y un registro permanente. La prueba es costosa y algo experimental.

## **PRUEBAS EN ELEMENTOS DE MADERA.**

La madera es uno de los materiales antiguos más usados en los puentes. A pesar de su larga historia, aún están en desarrollo métodos de prueba para añadir a esos actualmente en uso:

- **Punzón de prueba.**

Un punzón (Picahielos) puede ser usado para que, en forma subjetiva, se mida la calidad de la madera.

- **Perforaciones.**

Se emplean para obtener muestras del interior de una pieza de madera ya que el deterioro empieza en el interior de un elemento tratado. Con esta prueba se define si el elemento debe ser cambiado como parte de una operación de reparación.

- **Pruebas avanzadas de madera.**

Las siguientes son dos de las muchas pruebas que se han desarrollado para evaluar la capacidad de los elementos de madera.

- **Prueba de velocidad de pulso sónico.**

Con este método se **obtiene** la resistencia relativa de la madera y la pérdida de sección como un solo valor, basándose en la velocidad del pulso, que es proporcional a la densidad y al módulo de elasticidad. Para obtener valores absolutos es necesario correlacionar los resultados con muestras de conocida resistencia.

- **Medidores manuales de humedad.**

Con estos medidores se obtiene la humedad contenida en una pieza sólida, incluyendo madera laminada. Estos aparatos pueden ser de medición dieléctrica o de conducción. Con ello se obtiene una medida rápida del contenido de humedad y también proporcionan información sobre resistencia, basándose en parámetros eléctricos, aunque esa información no es confiable. Las medidas deben ser comparadas con una curva de calibración, para obtener una medida indirecta del contenido de humedad. Ciertos preservantes (creosota) y adhesivos (cola de madera laminada) pueden afectar las lecturas.

## **PRUEBAS DE CARGA.**

La mayoría de los métodos de medición de capacidad de un elemento de un puente, predicen el esfuerzo que puede producirse en ese elemento por el peso de un vehículo.

La predicción se basa en una simple aplicación de la teoría estructural, combinada con factores experimentales. Las lecturas de los medidores de deformación, aplicados en ciertos puntos de la estructura, son convertidas a esfuerzos, registrando los producidos por diferentes cargas.

Este método es aplicable en caso que exista duda del estado de un puente y debe realizarse con un proceso específico.

---

---

# Manual para Inspección de Puentes

## ***CAPÍTULO 5 – Alcances Generales de la Inspección***

---

	<b>Sección</b>	<b>Página</b>
	5.1. Inventario de la Estructura.	135
	5.2. Informe Fotográfico de Inventario.	149
	5.3. Historial de Reparaciones	153
	5.4. Reporte de Inspecciones	154
	5.5. Reporte Fotográfico de Daños.	164
	5.6. Planos	169
	5.7. Evaluación del Estado Físico de la Estructura	171



## 5. ALCANCES GENERALES DE LAS INSPECCIONES

Al término de las inspecciones se deben de entregar una serie de informes necesarios para la correcta evaluación, en este tema se describirá el tipo de formatos y la descripción de estos, cabe mencionar que se tomó como base la organización implementada en la base de datos del Sistema de Administración de Puentes (SIAP). En el apéndice “B” se encuentran los formatos indicados en este tema.

### 5.1. INVENTARIO DE LA ESTRUCTURA

El inventario debe incluir exclusivamente datos de carácter casi permanente como descripción general y datos históricos, útiles para tomar decisiones básicas y no para decisiones de ingeniería. Es importante mencionar que las cuestiones referentes a la detección y evaluación de daños deben separarse del reporte de inventario. A continuación se indica la información que debe tener el inventario de la estructura:

- Datos generales
- Datos geométricos
- Datos sobre la estructura
- Datos de operación

#### 5.1.1. Datos Generales

Estos corresponden a la ubicación de la estructura que incluyen los códigos referentes al estado federativo; la localidad; el número del puente; el año de construcción y reconstrucción, si es que se ha dado; quien lo construyo etc. En otras palabras, son datos que describen, de manera general, ciertas características permanentes de la estructura

##### 1. Código estatal.

Se registra el código estatal, este campo estará formado por cinco dígitos que corresponden a la abreviatura del estado.

##### 2. Nombre de la localidad

En este apartado se registrara el nombre de la localidad o nombre que se le da al sitio específico en donde se encuentra ubicada la estructura.

##### 3. Localización de la Carretera

En esta parte se registran los datos de la carretera que pasa sobre el puente, el origen y el destino de la carretera, el origen y el destino del tramo, el número de carretera y tipo de ruta.

##### 3.1. Origen de la carretera: nombre de la localidad que da origen a la carretera.

- 3.2. Destino de la carretera: nombre de la localidad del destino de la carretera.
- 3.3. Origen del tramo: nombre de la localidad que da origen al tramo correspondiente.
- 3.4. Destino del tramo: nombre de la localidad del destino correspondiente a este tramo.
- 3.5. Número de la carretera: En este campo se anota el número de la carretera de acuerdo a la numeración oficial utilizada por la SCT.
- 3.6. Tipo de ruta: puede corresponder a los siguientes términos
  1. Carretera Federal
  2. Autopista
  3. Carretera Estatal
  4. Camino Rural
  5. Calle Urbana
  6. Ferrocarril
  7. Otra
- 3.7. Nivel de servicio: se identifica el nivel de servicio para el camino o ruta conforme a lo siguiente.
  1. Troncal
  2. Alimentador
  3. Rural
  4. Ninguno de los de arriba

#### 4. Número del Puente

Se forma de acuerdo a la numeración existente, o bien, si no existe, se hará de acuerdo a algún criterio que convenga a la SCT. Este número debe ser único en cada puente.

#### 5. Nombre del Puente

Se indicara el nombre del puente, será conveniente manejar exclusivamente solo un nombre para cada puente.

#### 6. Año de construcción

En caso de que no se tenga disponible el dato se puede anotar uno que se aproxime al año en que se terminó la construcción.

#### 7. Nombre del constructor

Es importante tener el nombre de la compañía o dependencia que realizó la construcción del puente ya que el constructor puede proporcionar mayor información si se requiere.

#### 8. Coordenadas Geográficas

Estas coordenadas deben ubicarse al centro de la estructura.

8.1. Latitud: se anotara compuesta de grados, minutos y decimas de minutos.

8.2. Longitud: se registrará en grados, minutos y decimas de minutos.

#### 9. Kilometraje al centro del puente

Este será ubicado de acuerdo al sentido del cadenamiento y al centro del puente.

#### 10. Origen del cadenamiento

Se registra el nombre de la localidad que da origen al cadenamiento

#### 11. Significado Histórico

Se especificará si el puente tiene o no un significado histórico.

#### 12. Datos de las rutas bajo el puente

Ruta bajo el puente se refiere a la carretera o cualquier otra vía que pasa por debajo del puente. Se definirá máximo tres rutas, si existen más, se elegirán las más importantes.

##### 12.1. Tipo de ruta

Puede corresponder a los siguientes términos

1. Carretera Federal
2. Autopista
3. Carretera Estatal
4. Camino Rural
5. Calle Urbana
6. Ferrocarril
7. Vía Pluvial o río
8. Barranca
9. Otra

##### 12.2. Nivel de servicio

Se identifica el nivel de servicio para el camino o ruta conforme a lo siguiente.

1. Troncal
2. Alimentador
3. Rural
4. Otro

#### 13. Tipo de estructura

---

Se especificara a que tipo corresponde la estructura según lo especificado en la Norma N-PRY-CAR-6-01-001, Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares

- B.1.Puente
- B.2.Viaducto
- B.3.Paso Superior Vehicular (PSV)
- B.4.Paso Inferior Vehicular (PIV)
- B.5.Paso Superior de Ferrocarril (PSF)
- B.6.Paso Inferior de Ferrocarril (PIF)
- B.7.Paso Inferior Peatonal (PIP)
- B.8.Paso Inferior Ganadero (PIG)
- B.9.Puente Canal
- B.10.Puente Ducto
- Paso Superior Ganadero
- Entronque

#### **5.1.2. Datos Geométricos**

En esta parte se registran los datos del diseño geométrico de la estructura. Los elementos a identificar serán los siguientes:

##### 14. Accesos

Se dará la información concerniente a los anchos en metros de los accesos al puente.

##### 14.1. Dimensión de la sección a la entrada del puente.

1. Ancho de corona en metros
2. Ancho de carpeta en metros
3. Ancho del camellón en metros
4. Ancho de acotamientos

##### 14.2. Dimensión de la sección a la salida del puente.

1. Ancho de corona en metros
2. Ancho de carpeta en metros
3. Ancho del camellón en metros
4. Ancho de acotamientos

##### 15. Longitud total del puente

Se define como la longitud en metros sobre la superficie de rodamiento soportada por la estructura del puente, desde la junta del apoyo inicial (estribo 1 generalmente) hasta la junta del apoyo final (estribo “n”. (Ver figura).

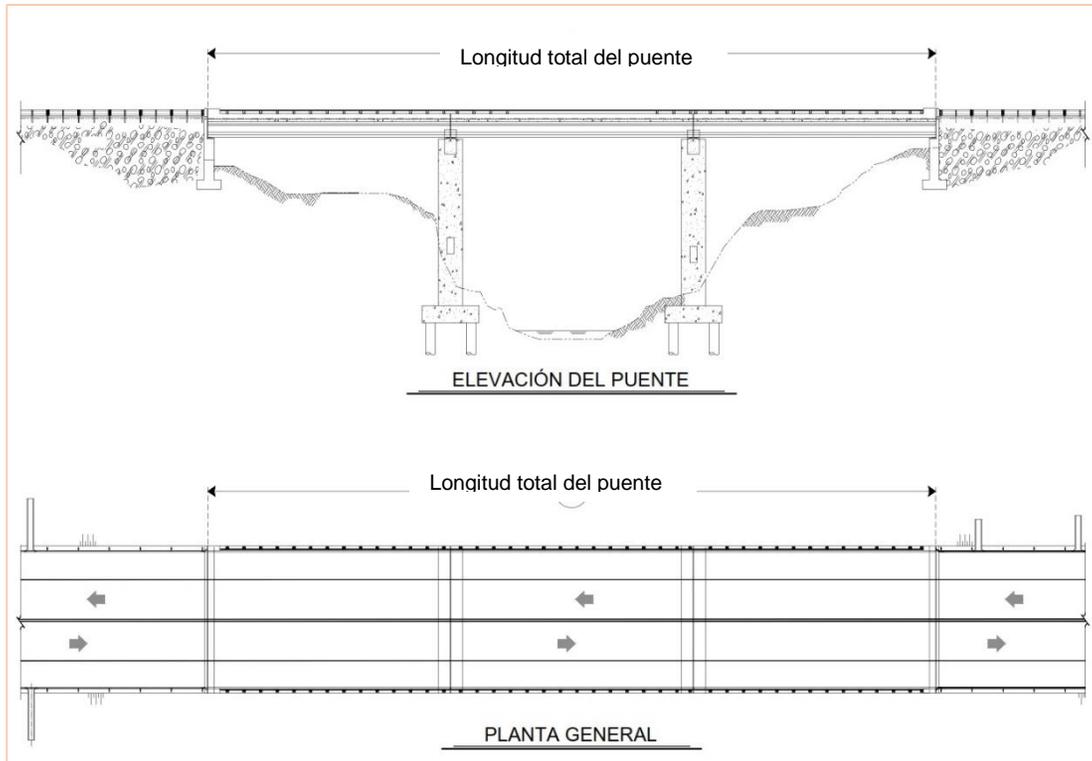


Figura 5.1-1 Longitud del puente.

16. Longitud del claro máximo.

Se registra, en metros la longitud del claro mayor. Esta distancia es a ejes de columnas o pilas.

17. Ancho total de la superestructura.

En este campo se registra, en metros el ancho total de la superestructura.

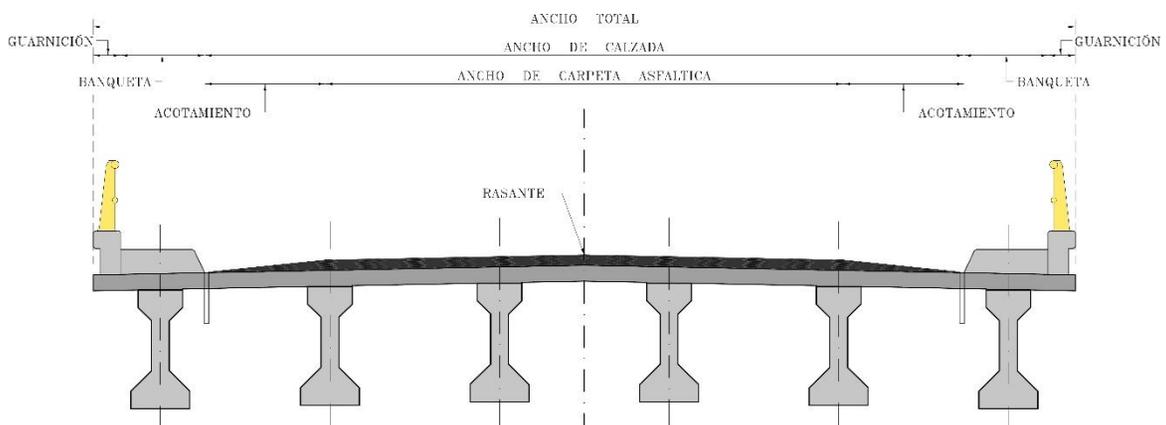


Figura 5.1-2 Ancho de la Superestructura.

### 18. Ancho de la superficie de rodamiento.

En esta parte se registra, en metros, el ancho de la superficie de rodamiento del Puente.

### 19. Angulo de esviaje

Para puentes que no sean esviados se deberá registrar un ángulo de  $0^\circ$ . Cuando la estructura está en una curva, o si el ángulo de esviaje varía por la misma razón, puede ser registrado el promedio de los ángulos.



Figura 5.1-3 Angulo de Esviaje.

### 20. Trazo geométrico

Esta parte registra si el puente está en curva horizontal o vertical.

#### 20.1. Alineamiento vertical

1. Tangente
2. Tangente con pendiente
3. Curva en cresta
4. Curva en columpio

#### 20.2. Alineamiento Horizontal

1. Tangente
2. Curva

### 21. Galibo Vertical Sobre el Puente



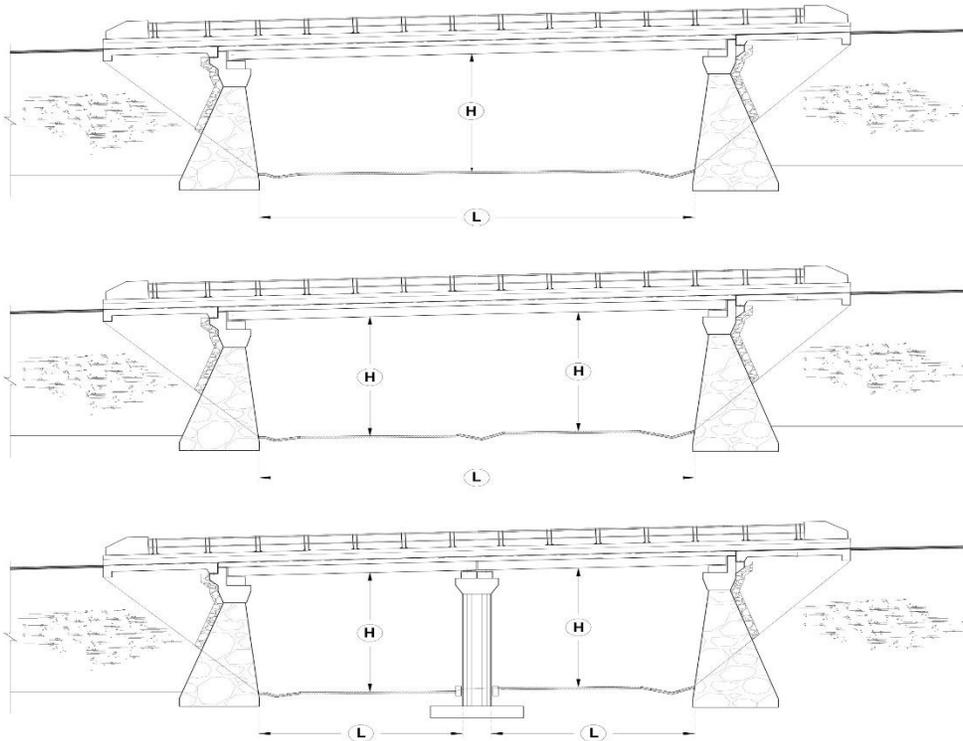
La información a registrar es el gálibo mínimo vertical que existe sobre el puente. Este galibo se puede deber al contraventeo superior en el caso de puentes de acero superiores o bien a cualquier impedimento que exista.

### 22. Galibo Vertical Bajo el Puente.

Se anotara el gálibo inferior del puente, en metros. (Ver figura).

### 23. Galibo horizontal bajo el puente

Se registrara la medida del gálibo horizontal, expresada en metros.



**H** = Altura libre del lecho bajo de las traves a la superficie de rodamiento  
**L** = Longitud libre entre apoyos

Figura 5.1-4 Gálibos

### 5.1.3. Datos sobre la estructura

En esta parte se indicara la información concerniente al tipo de estructura, al material empleado, al sistema de piso, el número de claros, el tipo de cimentación, la carga de diseño, etc., es decir la información relacionada con el proyecto estructural.

#### 24. Tipo de Puente

Se definirá el tipo de puente

1. Losa simplemente apoyada
2. Superestructura isostática
3. Superestructura continua
4. Pórtico o marco rígido
5. Armaduras
6. Arco
7. Colgante
8. Atirantado
9. Viga Gerber
10. Otro

#### 25. Número de claros.

Se registrara el número de claros con que cuenta la estructura

##### 25.1. Longitud de claros

Se colocara la longitud en metros, de cada claro.

#### 26. Tipo de superestructura

Se indicara el tipo de superestructura y el tipo de material, en caso de tener vigas o sección cajón se debe indicar el número de estas por claro, así como el número de diafragmas y su material.

##### 26.1. Tipo de superestructura

1. Losa plana Maciza
2. Losa Aligerada
3. Losa Nervada
4. Losa sobre Vigas
5. Losa sobre Armadura Espacial
6. Losa sobre Trabes Cajón
7. Armadura Paso Inferior
8. Armadura Paso Superior

9. Armadura Paso a Través
10. Arco paso Inferior
11. Arco paso Superior
12. Arco Paso a Través
13. Colgante
14. Atirantado
15. Sección Tipo Cajón Unicelular o Multicelular
16. Otro

#### 26.2. Tipo de material

1. Concreto reforzado
2. Concreto presforzado
3. Acero soldado
4. Acero remachado
5. Mampostería
6. Mixto-concreto reforzado y acero
7. Mixto-concreto presforzado y acero
8. Otro

#### 26.3. Numero de vigas o sección cajón, por claro.

#### 26.4. Numero de Diafragmas por claro.

#### 26.5. Material del Diafragma

1. Concreto reforzado
2. Concreto Presforzado
3. Acero
4. Otro.

#### 27. Tipos de sistema de piso.

El sistema de piso proporciona la capacidad portante del sistema de cubierta. En este campo se registra el tipo de sistema de piso usado.

1. Losa de concreto reforzado
2. Concreto precolado
3. Concreto presforzado transversalmente
4. Placas de acero
5. Rejilla
6. Ortotrópico
7. Otro

#### 28. Tipo de superficie de rodamiento

En este campo se registra el tipo de material utilizado en la superficie de rodamiento.

1. Concreto Hidráulico
2. Mezcla Asfáltica
3. Otros

#### 29. Apoyos extremos

Se registra el tipo de apoyo en los extremos, el material con que está constituido el cuerpo y también el de la corona.

##### 29.1. Tipo de apoyo

1. Estribos con Aleros integrados
2. Estribos con Aleros Separados
3. Estribos Enterrados
4. Estribos con Aleros en "U"
5. Caballetes
6. Cargadores
7. Otro

##### 29.2. Material del cuerpo

1. Mampostería
2. Ladrillo
3. Concreto Ciclópeo
4. Concreto Simple
5. Concreto reforzado
6. Concreto presforzado
7. Acero
8. Otros

##### 29.3. Material de la corona

1. Mampostería
2. Ladrillo
3. Concreto Ciclópeo
4. Concreto Simple
5. Concreto reforzado
6. Concreto presforzado
7. Acero
8. Otros

#### 30. Apoyos intermedios

Las pilas son los apoyos intermedios y se clasifican según su tipo de remate, material del cuerpo y material del remate.

30.1. Número de Apoyos Intermedios.

30.2. Altura de Pila

30.3. Tipo

1. Muro
2. Columnas
3. Marco Rígido
4. Otro (describirlo)

30.4. Sección del cuerpo

1. Rectangular
2. Cilíndrico
3. Sección constante
4. Sección Variable
5. Cajón
6. Mástiles o Puntales
7. Otro (describirlo)

30.5. Extremo final o remate.

1. Corona
2. Cabezal en Voladizo
3. Otro tipo (describirlo)

30.6. Material del cuerpo

1. Mampostería
2. Concreto
3. Acero
4. Otro (describirlo)

30.7. Material de corona o cabezal

1. Mampostería
2. Concreto
3. Acero
5. Otro (describirlo)

31. Cimentación

En este campo se señala el tipo de cimentación del puente, según los siguientes:

31.1. Tipo

1. Zapatas
2. Pilas
3. Pilotes
4. Micropilotes

5. Cilindros
6. Cajones
7. Mixta
8. Desconocida
9. Otro

### 31.2. Material

1. Mampostería
2. Concreto Reforzado
3. Concreto Presforzado
4. Acero.
5. Mixto
6. Otro (describir)

### 32. Carga de diseño

Se define la carga viva con que la estructura fue diseñada:

1. H-10
2. H-15
3. HS-15
4. H-20
5. HS-20
6. T3-S3
7. T3-S2-R4
8. IMT 66.5
9. IMT 20.5
10. Otro

### 33. Dispositivos de apoyo

Se define el tipo de dispositivo de apoyo, tal como se muestra a continuación:

#### 33.1. Dispositivo Móvil

1. Mecedora de acero
2. Mecedora de concreto
3. Rodillos metálicos
4. Neopreno
5. Neopreno Integral
6. Neopreno con acero y teflón
7. Placas de Acero
8. Tipo Cazoleta
9. Otro

#### 33.2. Dispositivo Fijo

1. Acero
2. Plomo
3. Neopreno
4. Articulación
5. Otro

#### 34. Juntas de Dilatación

En este campo se define el tipo de junta de dilatación

1. Compriband
2. Elastómero
3. Asfáltica
4. Bloque de Neopreno
5. Acero sin Sello Fijo de Neopreno
6. Acero con Sello de Neopreno Comprimido
7. Dentada de Acero
8. Ángulos o Placas de Acero
9. Lámina de cobre
10. Inexistente
11. Otro

#### 35. Parapetos

Se colocara el tipo de parapeto y el material que lo conforma.

##### 35.1. Tipo.

1. Para Vehículos automotores
2. Para Peatones
3. Para Bicicletas

##### 35.2. Material.

1. Concreto Reforzado
2. Acero
3. Mixto
4. Defensa Metálica
5. Otro (Especificar)

#### 36. Conos de derrame

##### 36.1. Tipo de protección del cono de derrame.

Se colocara el tipo de protección que tiene el cono de derrame conforme a lo siguiente:

1. Concreto Simple
2. Concreto Reforzado
3. Zampeado

4. Jardinado
5. Natural
6. Otro (Especificar)

#### 36.2. Área del cono de derrame

#### 37. Tipo de Acceso y Salida

En este campo se define el tipo entrada y salida, conforme a lo siguiente.

1. Losa de Acceso
2. Terraplén
3. Otro (Especificar)

#### **5.1.4. Datos de operación**

En este campo se registran los datos referentes a la operación de la estructura; es decir; el tráfico promedio diario; la distancia de desvío en caso de que el paso sea cerrado; si el puente está o no cerrado al tráfico y el tipo de administración.

#### 38. Tráfico promedio diario anual

Se registra el tráfico promedio diario anual

#### 39. Año del tráfico promedio diario anual

Registrar el año en que se estimó el tráfico promedio diario anual

#### 40. Limitaciones de tráfico

Se anota si existe o no alguna limitación de tráfico.

##### 40.1. Comentarios

En este campo se puede describir en forma breve dicha limitación.

#### 41. Longitud de desvío en caso de daño

En este campo se registra la distancia en kilómetros que se tenga que recorrer para encontrar otro paso, en caso de que el puente tenga que ser cerrado por daño o reparación.

##### 41.1. Comentarios

En este campo se puede escribir alguna observación con respecto al desvío.

#### 42. Tipo de administración

En este campo se especifica el tipo de administración con el que opera el puente

1. Cuota
2. Libre
3. Concesionada
4. Otro (Especificar)

### 43. Señalamiento

Se indicara si existe señalamiento horizontal y vertical

#### 43.1. Señalamiento Vertical

#### 43.2. Señalamiento Horizontal

### 44. Alumbrado

Se indicara si existe alumbrado.

## 5.2. INFORME FOTOGRÁFICO DE INVENTARIO

El informe fotográfico de inventario debe tener exclusivamente fotografías que contengan imágenes de manera general, ciertas características permanentes de la estructura, por lo que en este informe se deben excluir las fotografías de daños, es importante mencionar que cada fotografía debe ir acompañada de una breve descripción de lo que se observa en la imagen. Las fotografías deben ser digitales a color, con buena resolución y del tamaño apropiado para que no se deformen al ajustarlas al Reporte Fotográfico de Inventario que se incluye en el Apéndice B de este Manual.

A continuación se indica el número y las imágenes que deben contener las fotografías para este informe de inventario.

- Fotografía panorámica de identificación
- Fotografía panorámica de contexto
- Fotografía de los accesos (entrada y salida)
- Fotografía general de superficie de rodamiento
- Fotografía de juntas de dilatación.
- Fotografía general de la superestructura
- Fotografía general de la subestructura
- Fotografía general del cauce (aguas arriba y aguas abajo) o vialidad que cruza la estructura.

### 5.2.1. Fotografía Panorámica de Identificación.

En esta fotografía se deberá observar la señal informativa que indica el nombre del puente, en caso de que dicha señal no exista se debe de escribir en un dispositivo adecuado el nombre y kilometraje de dicho puente.



Figura 5.2-1 Ejemplo de fotografía de identificación.



Figura 5.2-2 Ejemplo de fotografía de identificación (cuando no existe señalamiento).

### 5.2.2. Fotografía Panorámica de Contexto.

Corresponden a una toma general de la estructura donde se observe el mayor contexto alrededor de esta, en la imagen se deberá observar la configuración de la estructura como el número de claros que la integran, tipo de material que rige en la estructura; el cauce o vialidad que cruza, etc.



Figura 5.2-3 Ejemplo de fotografía panorámica de contexto.

### 5.2.3. Fotografía general de los accesos

Se debe tomar una fotografía general al acceso de entrada y de salida (conforme al cadenamiento y de ser posible sobre el eje de la vialidad), donde se pueda observar

el remate del parapeto, el tipo de geometría de los accesos, como están constituidos y la problemática que llegarán a presentar, etc.



Figura 5.2-4 Ejemplo de fotografía general en acceso de entrada.



Figura 5.2-5 Ejemplo de fotografía general en acceso de salida.

#### 5.2.4. Fotografía vista general de la superficie de rodamiento

Se debe capturar una vista de la superficie de rodamiento a lo largo del eje de la estructura (conforme al cadenamiento y de ser posible sobre el eje de la vialidad), en esta se debe observar de que material es la superficie de rodamiento, el tipo de parapeto, el señalamiento horizontal y vertical.



Figura 5.2-6 Ejemplo de fotografía, vista general de Superficie de Rodamiento.

#### 5.2.5. Fotografía de Juntas de Dilatación.

Se tomara una fotografía representativa de las juntas de dilatación, esto consiste en que si el sistema de juntas de dilatación es igual en todos los tramos se tomara solo una fotografía de aquella junta que describa dicho sistema. En caso de ser diferentes se tomara una fotografía por cada junta de dilatación diferente.



Figura 5.2-7 Ejemplo de Fotografía de Junta de Dilatación.

### 5.2.6. Fotografía general de la superestructura

En esta se deberá capturar una vista lateral y una vista inferior de la superestructura, donde se pueda observar su tipología, el material y si es posible el número de traveses que la conforman. En caso de que la tipología de los claros sea diferente, se deberá tomar una fotografía por cada diferencia.



Figura 5.2-8 a) Vista Lateral.



Figura 5.2-9 b) Vista Inferior.

### 5.2.7. Fotografía general de la subestructura.

Se deberá capturar una vista general de la subestructura donde se observe la tipología y el material de los apoyos extremos e intermedios. En caso de que la estructura tenga varios claros y no se pueda capturar en una sola toma se deberán realizar las tomas necesarias para su mejor comprensión.



Figura 5.2-10 Ejemplo de Fotografía General de la Subestructura.

### 5.2.8. Fotografía General del cauce (aguas arriba y aguas abajo) o de la vialidad que cruza la estructura.

Se tomara una fotografía en dirección aguas arriba y una en dirección aguas abajo o de la vialidad que cruza la estructura, donde se observe la situación del cauce o vialidad.



Figura 5.2-11, a) Vista aguas arriba, Ejemplo de fotografía General del cauce.



Figura 5.2-12, b) Vista Aguas abajo Ejemplo de fotografía General de cauce.

## 5.3. HISTORIAL DE REPARACIONES

Uno de los instrumentos más efectivos para mejorar la confiabilidad de los puentes es el análisis de la historia de las reparaciones de las que han sido objeto. Sin los registros del mantenimiento y reparaciones que se han realizado a las estructuras,

es difícil analizar las tendencias del deterioro, los problemas recurrentes o la vulnerabilidad de la estructura ante ciertos eventos que pudieran presentarse.

Cualquier plan de mantenimiento necesita anticiparse a futuras fallas y es de vital importancia conocer lo mejor que se pueda el comportamiento anterior de las estructuras, así como los trabajos que se han realizado en ellas.

De no contar con documentación relativa a reparaciones anteriores, es importante realizar una inspección por lo menos visual, en la cual podamos obtener evidencia de cualquier trabajo de mantenimiento realizado y documentar lo mejor que se pueda con información verdadera la reparación que hallamos detectado.

No es común encontrar antecedentes documentales de las reparaciones en las estructuras, generalmente los trabajos que se realizan están incorporados en otro programas de mayor aplicación, generalmente en los de las autopistas a las que pertenecen.

En términos generales es recomendable establecer un registro que contenga los datos esenciales de las reparaciones; se recomienda que incluya los siguientes:

- Datos generales de identificación de la estructura.  
Autopista, Ubicación (KM), Nombre del Puente, Responsable de Conservación.
- Año en que se realizó el mantenimiento (el más cercano por lo menos).
- Partida presupuestal a la que pertenece.
- Periodo de realización.
- Tipo de Conservación realizada.
- Nombre del responsable de la ejecución de los trabajos (interno o externo).
- Inversión ejercida.
- Observaciones y Conclusiones.
- Duración Estimada de cada tarea.

Es importante también especificar si el puente estuvo en operación o paralizado completamente. En el apéndice “B” se encuentra el formato F-5.3 que puede servir de guía para este efecto.

#### **5.4. REPORTE DE INSPECCIÓN**

Al elaborar el reporte hay que tener presente el lenguaje utilizado, deberá ser claro y conciso, en beneficio de la uniformidad, se utilizará la misma terminología hasta donde sea posible, para evitar ambigüedad en el significado. La información contenida en los reportes es obtenida de las inspecciones de campo y complementada con las referencias de los planos de “Construcción”.

En el reporte de inspección se indicaran las condiciones del deterioro de cada una de las partes que integran la estructura, la fecha en que se realizó, así como indicar la necesidad o no de hacer alguna inspección más detallada o algún estudio especial. Deberá elaborarse un reporte por cada puente inspeccionado aun cuando las condiciones existentes parezcan no ser importantes.

En seguida se describen los rubros que debe contener como mínimo el reporte de Inspección.

#### **5.4.1. Datos Generales de Ubicación**

Se indicará la ubicación de la estructura que incluyen: el nombre de la autopista, nombre del puente, kilometraje, etc. En otras palabras, son datos que permiten la correcta ubicación de la estructura.

1. Autopista
2. Nombre del puente
3. Kilometraje al centro del puente
4. Municipio
5. Entidad federativa
6. Localidad

#### **5.4.2. Condición General del Puente**

Se indicara la condición general del puente respecto a los deterioros, considerando principalmente los hundimientos, agrietamientos importantes, socavación, corrosión, desplomes y estado de los apoyos.

##### **7. Hundimiento**

En este campo se registra si existe algún tipo de hundimiento. Como se trata de una inspección visual, se manejará una escala sencilla para evaluación del daño, por lo que se deberá escoger alguno de los siguientes:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

##### **8. Desplome**

En este campo se registra si existe algún tipo de desplome. Como se trata de una inspección visual, se manejará una escala sencilla para evaluación del daño, por lo que se deberá escoger alguno de los siguientes:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia

5. No aplica

9. Socavación

En este campo se registra el nivel de socavación que tiene el puente.

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

10. Flechas

En este campo se registra si existe algún tipo de flechas. Como se trata de una inspección visual, se manejará una escala sencilla para evaluación del daño, por lo que se deberá escoger alguno de los siguientes:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

11. Corrosión

En este campo se registra cuál es la situación general del puente en cuanto a corrosión.

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

12. Cauce del río

En este campo se registra si existe algún tipo de obstrucción al cauce del río. Se escogerá alguno de los siguientes valores:

1. Obstruido ligeramente
2. Obstruido moderadamente
3. Obstrucción grave
4. Sin obstrucción

13. Otro

Se colocara cualquier otro deterioro que a juicio del inspector sea importante para la condición general del puente.

**14. Señalamiento que indique gálibos.**

Se registrara si existe señalamiento adecuado o no en relación a la información sobre gálibos.

**15. Señalamiento de seguridad**

En este se registrara si existe señalamiento vertical y horizontal adecuado o no y el nivel de deterioro. Este señalamiento se refiere a la velocidad de los vehículos sobre el puente, si existe o no reducción en los carriles, etc. Para indicar el nivel de deterioro se escogerá alguno de los siguientes.

1. Buena
2. Regular
3. Mala

**16. Comentarios**

En este campo se registraran los comentarios que a juicio del inspector sean convenientes.

**5.4.3. Superficie de rodamiento****17. Condición**

En este campo se registrara la condición de la superficie de rodamiento. Se escoge alguno de los siguientes:

4. Buena
5. Regular
6. Mala

**18. Espesor de la carpeta actual en centímetros.****19. Comentarios****5.4.3.1 Parapetos y guarnición**

En este campo se registrara la condición del parapeto y guarnición. Se escoge alguno de los siguientes:

**20. Condición**

1. Buena
2. Regular
3. Mala

**21. Comentarios**

#### 5.4.4. Superestructura de Concreto

##### 22. Agrietamiento en zonas de apoyos (grietas por cortante)

En este campo se registra si existe en algún elemento de soporte de la superestructura un agrietamiento importante. Se elegirá alguno de los siguientes:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

##### 23. Agrietamiento al centro del claro (grietas por flexión).

Se registra en este campo el agrietamiento en la zona central de los elementos de soporte de la superestructura. Se elegirá algunos de los siguientes:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

##### 24. Agrietamiento en losas

Se registra en este campo el tipo y la gravedad de los agrietamientos que presente la losa. Se elegirá algunos de los siguientes:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

##### 25. Agrietamiento en diafragmas

Se registra en este campo el tipo y la gravedad de los agrietamientos que presente el diafragma. Se elegirá algunos de los siguientes:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

## 26. Juntas de expansión

En este campo se registra el estado de las juntas de expansión. Se elige alguno de los siguientes:

1. Buen estado
2. Regular estado
3. Mal estado
4. No existen
5. No aplica

## 27. Dispositivos de apoyo

Se registra el estado de los dispositivos de apoyo de acuerdo a lo siguiente:

1. Buen estado
2. Regular estado
3. Mal estado
4. No existen
5. No aplica

## 28. Daño por impacto vehicular por deficiencia en gálibo

En esta parte se almacenan datos sobre el daño en la superestructura que provocan los vehículos, debido al gálibo deficiente.

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

## 29. Daño por impacto vehicular en general

Se indica el daño en cualquier parte de la superestructura provocado por un impacto vehicular. Se registra conforme a lo siguiente:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

## 30. Drenaje

En este campo se registra el estado del drenaje de la superestructura.

1. Buen funcionamiento
2. Regular funcionamiento
3. Mal funcionamiento
4. No se aprecia

5. No existe

31. Desconchamiento en la superestructura

Se registra si existen desprendimientos importantes en el concreto, los cuales puedan desencadenar problemas tales como corrosión en el acero de refuerzo.

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

31.1. Ubicación del desconchamiento

31.2. Dimensión del desconchamiento

Se indicara la dimensión total de los desconchamientos en la superestructura en cm<sup>2</sup> o bien cm horizontal x cm vertical.

32. Eflorescencia

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

32.1. Ubicación

33. Comentarios

**5.4.5. Subestructura de concreto**

34. Agrietamiento en apoyos intermedios

En este campo se almacena la información sobre el agrietamiento en los apoyos intermedios. Se escoge alguno de los siguientes:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

35. Agrietamiento en apoyos extremos

En esta parte se registra el agrietamiento en la zona de apoyos extremos. Se escoge alguno de los siguientes:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

#### 36. Desconchamiento en pilas o estribos

Se registra si existen desprendimientos importantes en el concreto, los cuales puedan desencadenar problemas tales como corrosión en el acero de refuerzo.

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

#### 37. Eflorescencia

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

#### 3.7.1. Ubicación.

#### 38. Comentarios

### 5.4.6. Puentes de Acero (Superestructura y Subestructura)

#### 39. Pintura anticorrosiva

En este campo se indicara si existe o no la pintura anticorrosiva y su nivel de daño conforme a lo siguiente.

1. Adecuada
2. Faltante
3. Defectuosa
4. No se aprecia
5. No aplica

#### 40. Corrosión

Se señala el grado de corrosión que presenta la estructura en general.

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia

5. No aplica

41. Elementos rotos

Se indicara la existencia de elementos rotos así como su ubicación.

42. Elementos faltantes

Se denotara la falta de elementos en la estructura, así como su ubicación.

43. Elementos deformados

Se indicaran los elementos deformados que se observen a simple vista, así como su ubicación.

44. Daño en soldaduras

En este campo se indica si existe un daño en la soldadura, conforme a lo siguiente:

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

45. Daño en pernos o remaches

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia
5. No aplica

46. Comentario de la superestructura

47. Comentario de la subestructura

**5.4.7. Puentes de Concreto presforzado**

**5.4.7.1. Superestructura**

48. Ductos o cables expuestos

En este apartado se **especifica**, si existen, el estado de exposición de ductos o cables, así como su ubicación.

49. Anclajes de presfuerzo sueltos

50. Cables rotos

51. Vainas o fundas rotas

52. Corrosión en cables

53. Comentario

#### **5.4.7.2. Subestructura**

54. Ductos o cables expuestos

En este apartado se coloca si existe el estado de exposición de ductos o cables, así como su ubicación.

55. Anclajes de presfuerzo sueltos

56. Cables rotos

57. Vainas o fundas rotas

58. Corrosión en cables

59. Comentario

#### **5.4.8. Calificación general del puente**

En esta sección se almacena la información referente a la calificación dada en la inspección de evaluación. Las calificaciones que se dan a cada parte del puente (superficie de rodamiento, superestructura, subestructura y el estado de socavación), son las indicadas en la *tabla 4.3. Niveles para la calificación de puentes*.

60. Socavación

61. Cimentación

62. Apoyos Extremos (Estribos)

63. Apoyos Intermedios (Pilas)

64. Sistema de piso (losas)

65. Vigas y diafragmas

66. Dispositivos de apoyo

67. Superficie de rodamiento

#### **5.4.9. Recomendaciones Generales**

A juicio del jefe de inspección se dará recomendaciones generales respecto a:

68. Inspecciones

1. Inspección visual a corto plazo (máximo 6 meses)
2. Inspección visual a mediano plazo (máximo 12 mese)
3. Inspección visual a largo plazo (máximo 3 años)
4. Inspección detallada
5. Otro (especificar)

69. Superficie de rodamiento

1. Mantenimiento
2. Mantenimiento mayor
3. Reparación
4. Sustitución
5. Pruebas especiales
6. Otro (especificar)

70. Superestructura

71. Subestructura

72. Comentarios

## **5.5. REPORTE FOTOGRÁFICO DE DAÑOS**

En este rubro se deben colocar las fotografías donde se pueda observar con claridad la condición de deterioro o la buena condición (según sea el caso) de cada uno de los elementos que conforman la estructura, cada fotografía debe ir acompañada de un pie de foto, donde se indique brevemente el tipo de daño, ubicación, dimensión aproximada y de ser posible el origen del mismo.

Deben ser por lo menos dos (2) fotografías de cada condición, la primera tendrá una vista general del daño y la segunda será una vista de detalle. Cada fotografía debe tener un elemento de referencia y/o escala, ya sea colocar junto al daño un objeto (pluma, regla, etc.) incluso la mano del propio inspector y proceder a capturar la imagen, esto para comprender la dimensión del daño. En algunos casos los detalles de importancia pueden ser poco claros en una fotografía, especialmente cuando se trata de la vista general, por lo que se puede apoyar con líneas, flechas, texto y cualquier otro trazo que se utilice para resaltar o indicar el daño, siempre y cuando no cause confusión al observador, ver Figura 5.5-7 y 5.5-13.

Si fuera el caso de que un tipo de situación se repita en varias partes del mismo elemento se podrá entregar solo una fotografía general y de detalle de dicho daño (siempre y cuando no sea un daño estructural), se indicara en las observaciones que el elemento en general se encuentra en esa condición, como ejemplo la falta de pintura en parapetos, los drenes no funcionan adecuadamente etc., ver Figura 5.5-11.

Las fotografías deben ser digitales a color, con buena calidad y del tamaño apropiado para que no se deformen al ajustarlas al Reporte Fotográfico de Daños que se incluye en el Apéndice B de este Manual.

En este reporte no se establece un límite mínimo o máximo de fotografías ya que esto depende directamente del tipo de inspección (visual o detallada), de los daños que presenten los elementos, del tipo de estructura, etc., sin embargo se recomienda que no sean escasas ya que entre mayor información visual se tenga se puede dar un diagnóstico certero.

El reporte debe incluir las fotografías de los daños en el orden que se enlista:

- Accesos: barreras de protección, superficie de rodamiento, terraplén, tierra armada o cualquier otro sistema, etc.
- Señalamiento horizontal y vertical.
- Juntas de dilatación.
- Parapetos, guarniciones, banquetas y camellones.
- Superficie de rodamiento.
- Drenaje (drenes, lavaderos, bordillos, etc.).
- Superestructura: losa, vigas, armaduras, diafragmas, y todo lo que conforme la superestructura.
- Dispositivos de apoyo.
- Subestructura: pilas, estribos y caballetes.
- Cauce.
- Otro elemento o dispositivo que pueda causar un problema a la estructura.

Cabe mencionar que todos los daños indicados en el reporte de inspección deben contar con un respaldo fotográfico plasmado en este reporte.

A continuación se muestran algunos ejemplos de las fotografías que debe contener este informe, estos ejemplos no son limitativos ya que se puede encontrar diferentes tipos de daños en un mismo elemento.



Figura 5.5-1 Vista general de daños en guarnición de la barrera de contención en acceso.



Figura 5.5-2 Vista de detalle



Figura 5.5-3 Vista general del daño en señalamiento horizontal.



Figura 5.5-4 Vista de detalle.



Figura 5.5-3 Vista general de daños en junta de dilatación.



Figura 5.5-4 Vista de detalle.





Figura 5.5-5 Vista general del daño en parapeto.



Figura 5.5-6 Vista de detalle.



Figura 5.5-7 Vista general del daño en superficie de rodadura.



Figura 5.5-8 Vista de detalle.



Figura 5.5-9 Vista general de la condición en drenes.



Figura 5.5-10 Vista de detalle.



Figura 5.5-11 Vista general del daño en drenes.



Figura 5.5-12 Vista de detalle.



Figura 5.5-13 Vista general del daño en diafragmas.



Figura 5.5-14 Vista de detalle.



Figura 5.5-15 Vista general del daño en estribo.



Figura 5.5-16 Vista de detalle.



Figura 5.5-17 Vista general de la condición del cauce.



Figura 5.5-18 Vista de detalle.

## 5.6. PLANOS

Consiste en ilustrar en un plano o planos necesarios la localización exacta de los daños (desconchamientos, grietas, caídos, etc.) para apreciar su magnitud real y hacer más seguro el cálculo del proyecto de rehabilitación.

Es recomendable que al inicio de la inspección el jefe de brigada realice un boceto del puente, esto para que en el transcurso se le pueda ir colocando las dimensiones generales de la estructura. Una vez estando en gabinete se procederá a realizar los planos de levantamiento geométrico y de daños, la información que proporcionan los trabajos de inspección será plasmada en planos.

A continuación se describe el contenido mínimo necesario en planos, asimismo, deben cumplir con lo indicado en la normativa SCT vigente (N.PRY.CAR.6.01.009, del capítulo Presentación del Proyecto de Nuevos Puentes y Estructuras Similares).

### 5.6.1. Plano de levantamiento geométrico.

Si se cuenta con los planos constructivos estos deben ser escaneados y anexados en el reporte, en caso de que no se tengan o que los planos recopilados no sean acorde a la configuración actual de la estructura, se debe realizar el plano geométrico con forme a lo siguiente.

- Debe contener una vista en elevación de la estructura, en donde se acotaran las dimensiones generales (longitud total, longitud de claros, altura de pilas, etc.), se indicaran kilometrajes, origen y destino, gálibos, etc.
- Vista en planta en donde se pueda observar que tipo de alineamiento horizontal tiene la estructura, el esviaje, origen-destino, etc.

- Vista de corte transversal al centro de la estructura, se indicaran dimensiones (ancho total, ancho de calzada, etc.).
- Colocar las vistas de la subestructura con dimensiones generales.

Los siguientes límites de precisión por lo general son suficientes para las mediciones en campo:

*Tabla 5.6-1 Límites de precisión*

<b>Elemento</b>	<b>Límite de precisión</b>
Elementos de madera	6 mm aprox.
Elementos de concreto	12 mm aprox.
Superficie asfáltica	12 mm aprox.
Secciones de acero laminado	Precisión requerida para identificar la sección

Longitud de los claros al décimo del metro más cercano.

El grado de precisión de las mediciones de un puente depende de la aplicación que se les pretenda dar. Mientras que para una inspección visual se requieren dimensiones generales, los planos para las inspecciones detalladas requieren mediciones mucho más complejas y precisas.

El número de planos no está limitado ya que existen diversas estructuras que pueden ser de grandes dimensiones como los puentes especiales (*ver capítulo 3.7.2 Inspección visual de puentes especiales*).

En el apéndice B se puede observar el ejemplo de un plano de levantamiento geométrico.

### **5.6.2. Plano de levantamiento de daños.**

Se plasmaran todos los daños en la estructura. Se podrá utilizar de base el plano de levantamiento geométrico y sobre este colocar los daños.

Se recomienda colocar fotografías de los daños más importantes, para los daños menores se podrá indicaran solo con un texto descriptivo.

En el apéndice B se puede observar el ejemplo de un plano de levantamiento de daños.

## 5.7. EVALUACIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE LA ESTRUCTURA

El principal objetivo de la inspección es la evaluación del estado físico de la estructura para poder asegurar la operación de los puentes, alertando de forma temprana sobre los daños observados y de esta forma salvaguardar la seguridad de los usuarios y optimizar en las inversiones de las labores de mantenimiento, reparación o reconstrucción.

En este manual se busca calificar la condición de los puentes no solo desde el punto de vista estructural, sino incluyendo temas también importantes como la seguridad vial y la durabilidad.

En el capítulo 4.2 *“Análisis y Diagnóstico de la situación del estado físico de la estructura”*, se encuentran los lineamientos para la evaluación de los deterioros, asimismo en el apéndice “A” se pueden consultar los criterios para la calificación de los deterioros en puentes.

Cabe mencionar que la evaluación inicial de la condición del puente da pauta para recomendar plazo y tipo de inspección siguiente, la decisión de realizar investigaciones más especializadas y las recomendaciones de mantenimiento.



---

---

# Manual para Inspección de Puentes

## **CAPÍTULO 6** – *Procedimientos generales para la inspección visual*

---

	<b>Sección</b>	<b>Página</b>
	6.1. Brigada de Inspección	175
	6.2. Equipamiento Básico Necesario.	176
	6.3. Protocolo de Inspección	177
	6.4. Medidas de Seguridad	181
	6.5. Procedimientos de Inspección	184



## 6. PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA INSPECCIÓN VISUAL

La forma de conocer la condición exacta y evaluar cada uno de los elementos de un puente, es mediante un programa de inspecciones. La inspección es una actividad compleja, que debe realizarse en forma organizada y sistemática, ya que de ella depende las recomendaciones para corregir los defectos, señalar restricciones de carga y velocidad y para minimizar la posibilidad de pasar por alto algunas deficiencias que pudieran convertirse en daños severos si no son reparados a tiempo.

En el ámbito público en que normalmente se contratan este tipo de inspecciones visuales, la contratación se realiza para inspeccionar cualitativamente las estructuras de puentes y pasos a desnivel, que se puedan encontrar en un tramo de carretera, para el mantenimiento normal y rutinario, así mismo, detectar estructuras que puedan tener algún riesgo.

Este tipo de inspecciones visuales se caracterizan, porque su realización es solo con el auxilio de binoculares, equipo menor de medición, videocámara, escalera y cámara fotográfica; es decir, no se cuenta con la ayuda de equipos de aproximación especial y sólo lo que la mirada y la cámara fotográfica alcanzan a apreciar, es lo que se reporta documental y fotográficamente.

Normalmente los daños que se aprecian son: desconches, fisuramientos, agrietamientos o filtraciones de agua en el concreto de la superestructura y subestructura; indicios de socavación en el cauce, erosión que pueden causar desplome de estribos, caballetes y pilas, flechas apreciables de superestructura y en general en un plan cualitativo, los daños que puedan ser apreciados visualmente.

### 6.1. Brigada de inspección

Para este tipo de inspección, la brigada normalmente se integra con cuatro miembros como mínimo:

- a. Un jefe de brigada
- b. Dos ayudantes (pasantes o técnicos)
- c. Un chofer



Figura 6.1-1. Brigada de inspección



Figura 6. 1-2. Brigada de inspección

Los miembros de la brigada deberán contar con el perfil estipulado en el capítulo 3 de este documento.

## **6.2. Equipamiento básico necesario**

Para determinar el equipo que se utilizará en una inspección es muy importante tener en cuenta el equipo existente y su utilidad. Existen muchos y muy variados pero los más útiles e imprescindibles son:

Herramienta y equipo disponible en caso de ser necesario, el cual no es indispensable que se lleve de forma personal:

- Botiquín de primeros auxilios
- repelente de insectos
- equipo de transporte
- botas de hule
- caja de herramientas
- cepillo de alambre
- martillo de alpinista
- escalera
- cuerdas
- chalecos salvavidas
- arneses
- laptop
- GPS portátil

Herramienta y equipo básico que utiliza la brigada y que es recomendable portar de forma personal para trabajo y seguridad:

- Binoculares
- Lupa ligera
- martillo ligero
- nivel de mano
- lámpara sorda
- navaja de bolsillo
- flexómetro
- vernier
- Plomada
- cintra métrica de 20 a 50 m
- distanciómetro
- cuaderno de campo
- cámara fotográfica y de video
- radios de comunicación
- grietómetros
- crayones, gises o marcadores

- lapiceros
- casco
- gafas de seguridad
- chaleco reflejante

Equipo de señalamiento, debe utilizarse y necesario cuando se inspeccionan las calzadas:

- conos de plástico
- triángulos reflejantes
- señales de seguridad
- banderas

### **6.3. Protocolo de inspección**

Para realizar la inspección de la manera más ordenada, sistemática y con el menor número de inconvenientes, es recomendable que los encargados de la inspección realicen las siguientes tareas:

#### **6.3.1. Planificar y organizar la inspección**

Previo a la inspección se requiere realizar algunas tareas que nos permitan optimizar el tiempo de inspección y facilitar el trabajo de inspección, algunas de estas tareas se mencionan a continuación:

- 1) Revisión de la información de la estructura (planos, historial de reparaciones, listado de estructuras, kilometraje, ubicación satelital, etc.).
- 2) Identificación de los componentes y elementos de la estructura.
- 3) Identificación de las condiciones del sitio.
- 4) Identificación de condiciones especiales.
- 5) Verificar la disponibilidad y estado del equipo y herramientas requeridas.
- 6) Organizar notas o formatos de campo.

#### **6.3.2. Preparar notas, formatos y croquis**

La preparación de notas, formatos y croquis previos a la inspección en el sitio, ayuda a llevar a cabo un trabajo de campo de forma eficiente, facilitando así la recolección de los datos. Los formatos de inventario e inspección deben ser utilizados para recopilación de las características de la estructura y la calificación del grado de deterioro de los elementos, respectivamente.

#### **6.3.3. Verificación de la estructura**

Es necesario que una vez en el sitio se cerciore que efectivamente la estructura por inspeccionar, sea la estructura la cual es objeto de dichos trabajos. Para esto se deberá verificar el kilometraje sobre la estructura, el nombre de la estructura, sus

coordenadas satelitales y/o alguna referencia como una paleta de kilometraje de la vialidad cercana a la estructura.



Figura 6.3-3. Señalamiento de identificación de la estructura

#### 6.3.4. Señalización de protección y ubicación de vehículos

Como medidas de seguridad se requiere que los vehículos utilizados se ubiquen en un sitio seguro, que no afecte o afecte lo menos posible el tránsito. Se deberá colocar un señalamiento de protección conformado por conos, señales o bandereros, que ayuden a prevenir situaciones que puedan poner en riesgo a los miembros de la brigada de inspección o a los usuarios de la vialidad.



Figura 6.3-4. Señalamiento de protección para inspección de la calzada

### 6.3.5. Organizar y asignar las herramientas y equipo

Para llevar a cabo una inspección precisa y eficiente, se debe utilizar las herramientas adecuada (ver 6.2). Es necesario antes de efectuar la inspección como tal, que se preparen y verifiquen las herramientas y equipos, así como designar a cada miembro de la brigada las herramientas que utilizará de acuerdo a la actividad que desempeñe.



Figura 6.3-5. Equipo de inspección



Figura 6.3-6. Equipo de medición

### 6.3.6. Determinar el método de acceso requerido

Para el caso de las inspecciones visuales no se utilizan equipos de aproximación especiales ni sofisticados, ya que este tipo de inspección se realiza por medio de la observación, binoculares y fotografías. Por tal motivo únicamente se considera el uso de escaleras o algún dispositivo extensible para tomar fotografías, como métodos de aproximación. También se deberá de planear el acceso a los diferentes elementos que conforman la estructura, cuidando siempre la seguridad de los miembros de la brigada.



Figura 6.3-7. Equipo de aproximación



Figura 6.3-8. Equipo de aproximación

### 6.3.7. Ejecución de la inspección

Los deberes asociados con la inspección incluyen la descripción apropiada de la estructura y sus elementos, así como el reporte del estado físico de los mismos, de tal forma que es recomendable desarrollar una secuencia de inspección con el fin de que se lleve a cabo una inspección ordenada, eficiente y que minimice la posibilidad de pasar por alto cualquier elemento de la estructura.

Normalmente, la inspección inicia con la losa y los elementos de la superestructura y luego se procede con la subestructura y en su caso la cimentación. Sin embargo, el desarrollo de esta secuencia de inspección depende de diversos factores, como:

- 1) Tipo de estructura
- 2) Condición de los componentes de la estructura
- 3) Condición general
- 4) Requerimientos específicos de la contratante
- 5) Tamaño y complejidad de la estructura
- 6) Condiciones viales
- 7) Procedimientos especiales

Un ejemplo de una secuencia de inspección recomendable para un puente tradicional se menciona a continuación:

*Tabla 6.3-2. Secuencia de inspección*

Elemento del puente	Elementos a inspeccionar
Superficie sobre la estructura y los accesos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Losa de acceso</li> <li>2. Señalamiento</li> <li>3. Superficie de rodadura</li> <li>4. Juntas de calzada</li> <li>5. Guarniciones, parapetos y banquetas</li> <li>6. Drenaje</li> <li>7. Electricidad / iluminación</li> <li>8. Medianas, camellones y otros dispositivos para el control del tránsito.</li> </ol>
Superestructura	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Losa</li> <li>2. Elementos principales (vigas, cajones, largueros, armaduras, etc.)</li> <li>3. Elementos secundarios (diafragmas, contraventeos, etc.)</li> <li>4. Servicios públicos instalados (teléfono, acueducto, etc.)</li> </ol>

Subestructura		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dispositivos de apoyo</li> <li>2. Estribos / caballetes</li> <li>3. Pilas</li> <li>4. Protección de talud</li> <li>5. Escamas (tierra mecánicamente estabilizada)</li> </ol>
Cimentación		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zapatas</li> <li>2. Cilindros / cajones</li> <li>3. Pilotes</li> </ol>
Servicio Bajo la estructura	Vía pluvial o río	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perfil de la vía pluvial o río y alineamiento</li> <li>2. Diques / dentellones</li> <li>3. Condición de las márgenes</li> <li>4. Capacidad hidráulica</li> <li>5. Nivel máximo y normal</li> <li>6. Obstrucciones bajo la estructura</li> <li>7. Signos de socavación</li> <li>8. Protección antisocavación (gaviones, tablestacas, tapetes, colchacreto, etc.)</li> </ol>
	Vialidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gálibo</li> <li>2. Superficie de rodadura bajo la estructura</li> <li>3. Señalamiento</li> <li>4. Dispositivos de protección</li> <li>5. Drenaje</li> <li>6. Electricidad / iluminación</li> </ol>

### 6.3.8. Elaboración de reportes e informes

La documentación generada con base en la inspección es esencial para el Sistema de Administración de Puentes (SIAP). El inspector debe reunir la información suficiente para elaborar un informe completo y detallado según los formatos descritos en el capítulo 5 de este manual.

## 6.4. Medidas de seguridad

### 6.4.1. Causa de accidentes

Las principales causas de accidentes en el trabajo de campo son los errores humanos y la falta del equipo de seguridad apropiado. Los errores humanos se pueden disminuir o evitar al reconocer las situaciones que los causan. La falla del equipo se puede reducir verificando el buen funcionamiento, dando mantenimiento y actualizando el equipo. Algunas causas de accidentes son:

- 1) **Actitud inapropiada** – distracción, descuido y preocupación acerca de asuntos personales.
- 2) **Limitaciones personales** – falta de conocimiento, habilidades o capacidades físicas.
- 3) **Impedimentos físicos** – lesiones previas, enfermedad, efectos secundarios de medicamentos, alcohol o drogas.
- 4) **Aburrimiento o distracción** – caer en un estado donde no se está atento mientras se realizan trabajos rutinarios repetitivos.
- 5) **Desconsideración** – falta de conciencia de seguridad o no reconocer los peligros.
- 6) **Atajos** – sacrificar la seguridad por ganar tiempo.
- 7) **Equipo defectuoso** – peldaños de escaleras dañadas, cuerdas gastadas o cables deshilachados, entre otros.
- 8) **Prendas inapropiadas.**

#### 6.4.2. Prácticas de seguridad

Las inspecciones de las estructuras es sin duda una actividad que conlleva riesgos, por lo que se requiere una atención continua de cada miembro la brigada de inspección. Algunos lineamientos generales para una inspección segura incluyen:

- 1) Mantenerse descansado y alerta.
- 2) Mantener una buena condición física y de salud.
- 3) Utilizar las herramientas adecuadas.
- 4) Evitar intoxicaciones o el uso de drogas que impidan el juicio, reflejos o coordinación.
- 5) Evitar los medicamentos con receta o sin ésta que pueden causar efectos secundarios que son peligrosos, como: somnolencia, mareos, etc.
- 6) Se debe asumir que los cables y alambres de electricidad o cercas tienen corriente eléctrica; todas las líneas de electricidad deben ser interrumpidas o evitadas.
- 7) Es recomendable trabajar en parejas para facilitar los trabajos y mayor seguridad de los integrantes de la brigada.

- 8) Siempre que se trabaje sobre cuerpos de agua, utilizando lanchas o balsas para la inspección, se debe proveer equipo como chalecos salva vidas y radios para comunicación.
- 9) Botas a prueba de agua, se debe usar botas impermeables con precaución, ya que estas se pueden llenar de agua lo que no permite nadar.
- 10) En la inspección sobre la calzada con tránsito, si el trabajar con tránsito no puede ser evitado, las herramientas y cuadernos deberán estar siempre atados o sujetos para evitar accidentes.
- 11) Al ingresar en áreas oscuras, se deberá de usar siempre una lámpara y se deberá considerar el uso de cuerdas de seguridad y un suministro de oxígeno de ser necesario.
- 12) El respirar el polvo de las excreciones de las palomas o murciélagos o el asbesto puede causar problemas respiratorios por lo que es recomendable utilizar máscaras de protección respiratoria.



Figura 6.3-9. Uso de máscara de protección respiratoria



Figura 6.3-10. Uso de chalecos salvavidas

### 6.4.3. Equipo de protección personal

Es importante vestirse apropiadamente para inspeccionar. La ropa de campo deberá ser de la talla adecuada para cada individuo, de materiales resistentes y acordes con el clima. Para las actividades de inspección generales, los miembros de la brigada de inspección deberán utilizar:

- 1) **Casco** para proteger la cabeza de objetos que puedan caer o de golpearse en lugares de altura reducida.
- 2) **Chaleco reflejante** para proporcionar una visibilidad adecuada del personal a los usuarios de la estructura.

- 3) **Gafas de seguridad** para proteger los ojos cuando el inspector se exponga a partículas que circulan en el aire.
- 4) **Chaleco salvavidas** para proporcionar seguridad cuando se trabaja sobre cuerpos de agua.
- 5) **Mascara de protección respiratoria** para proteger las vías respiratorias de algún residuo dañino para la salud.
- 6) **Cinturón de seguridad y arnés** deberán ser usados cuando el inspector trabaja en alturas o se exponga a caídas.
- 7) **Guantes** para proteger de heridas y evitar derrapamientos.
- 8) **Botas** con suela antiderrapante para escalar los elementos del puente y con casquillo para protección de golpes.
- 9) **Uniforme tipo industrial**, aunque el uso de este no es indispensable para la inspección es muy recomendable utilizar una vestimenta de este tipo, ya que proporciona al usuario protección ante la vegetación y los insectos, además ayuda a facilitar la visibilidad y ubicación de los miembros de la brigada.

## **6.5. Procedimientos de inspección.**

Como se ha mencionado en el presente capítulo, la investigación de campo de un puente o estructura similar, deberá realizarse mediante procedimientos sistemáticos, organizados, eficientes y que minimicen la posibilidad de pasar por alto algún elemento de la estructura. Con el fin de realizar una inspección completa y confiable, las observaciones deberán ser claras y detalladas de manera que puedan interpretarse debidamente en fechas posteriores para la elaboración de los informes.

La inspección deberá incluir de ser el caso el levantamiento geométrico general de los elementos de la estructura suficiente para representar la planta, elevación y sección de la estructura, así como las siguientes observaciones, más no necesariamente limitarse a ellas:

### **6.5.1. Superficie de Rodamiento.**

La inspección visual de la superficie de rodamiento, deberá contener la situación que se observe de ésta y los elementos que la integren:

- (1) Superficie de rodadura. En primera instancia se deberá de determinar el tipo de material del cual está compuesta la superficie de rodadura que posee la estructura y sus accesos, pudiendo ser de carpeta asfáltica o concreto hidráulico. De ser el caso se tomarán medidas de la calzada para el inventario de la estructura. Se deberán verificar la existencia de irregularidades o defectos en dicha superficie, los cuales pueden ser baches, fisuramientos o

agrietamientos de la carpeta asfáltica, disgregación de los materiales, deformaciones (roderas), entre otros. Estos deterioros se deberán cuantificar aproximadamente, además de ubicarlos en un croquis y clasificarlos de acuerdo a su severidad, conforme a los criterios para la calificación de daños indicados en el Apéndice A de este documento.



Figura 6.5-11. Levantamiento geométrico de la calzada



Figura 6.5-12. Inspección visual de la superficie de rodadura

- (2) Juntas de calzada. La inspección de la junta se procederá identificando el tipo de junta de acuerdo a lo visto en el Capítulo 3, y de ser posible identificar la marca para que de esta forma se pueda obtener mayor información con el fabricante. Las juntas son una fuente constante de problemas por lo que deberán examinarse cuidadosamente. Hay que medir la separación de la junta para determinar si tiene el espaciamiento adecuado para los movimientos térmicos y sísmicos o si se encuentra excesivamente abierta. También se debe verificar si la junta no contiene escombros, arena o piedras o cualquier otro material incompresible, así como el estado del sello que no se encuentre roto, desprendido o cualquier otro deterioro que afecte su funcionamiento.

En las juntas de acero como pueden ser de placas o tipo dentadas se debe cerciorarse del estado de los anclajes, agrietamiento o ruptura de las soldaduras, estado de las placas o módulos. Dichos defectos pueden ser causa no únicamente daño en la estructura, si no que pueden aflojarse y crear un peligro para la circulación.

Deberá examinarse la parte inferior de las juntas hasta donde sea posible, para detectar si existe falta de espacio para la dilatación, lo cual puede producir una concentración de esfuerzos, provocando en el concreto desconchamientos. Este ultimo es un peligro grave sobre todo en aquellas estructuras que cruzan sobre vialidades o cualquier zona transitada.

La observación deberá respaldarse mediante fotografías, la cuantificación aproximada y un croquis de ubicación de los daños observados.



Figura 6.5-13. Levantamiento geométrico de la junta de dilatación



Figura 6.5-14. Inspección visual del estado de las juntas

### 6.5.2. Superestructura

Se reportará cualitativamente en los formatos, los daños que se aprecien tanto en la parte superior de la losa y los elementos contenidos en ella, como en la parte inferior de la superestructura y se calificarán de acuerdo a los criterios mencionados en el Apéndice A de este documento, también se elaborará un croquis para identificar los daños y su ubicación.

- (1) Guarniciones. Deberán examinarse las guarniciones para comprobar que no presenten agrietamientos, impactos, desconches u otro tipo de deterioro. Se debe verificar si no han perdido altura como resultado del revestimiento de la superficie de rodadura. También se debe verificar las condiciones en que se encuentra la pintura para garantizar su visibilidad.
- (2) Banquetas. Deberán examinarse las banquetas para comprobar que no presenten agrietamientos, impactos, desconches, resquebrajamiento, baches u otro tipo de deterioros. Es necesario observar las condiciones de las juntas, para comprobar que no hay movimiento diferencial, el cual podría abrir la junta u originar un desplazamiento que podría constituir un peligro para los peatones.

Se examinarán las banquetas para comprobar que su drenaje es adecuado y que su superficie es adecuada, además de cualquier detalle que constituya un peligro para los peatones.

- (3) Parapetos. Los parapetos de concreto deberán examinarse para comprobar que no presenten agrietamientos, impactos, desconches, u otro tipo de deterioro. Los parapetos de metal deberán revisarse para cerciorarse de las

condiciones que se encuentra la pintura o si presenta corrosión, así como impactos o faltantes.

Asimismo, deberá verificarse que todos los parapetos estén debidamente protegidos contra daños que pudiera producir el tránsito. Hay que revisar el alineamiento vertical y horizontal, ya que cualquier asentamiento de la subestructura o deficiencia de los apoyos puede reflejarse en los parapetos. Se comprobará que las juntas tengan suficiente abertura y que funcionen adecuadamente. De igual forma hay que cerciorarse de que los parapetos sean seguros y que no presenten cortes o salientes que pudieran constituir un peligro para los usuarios.

- (4) Drenaje. Se deberá verificar que la estructura cuente con drenaje y que este funcione correctamente. Se revisará que la calzada posea un bombeo o una pendiente adecuada para desalojar el agua. También se deberá verificar que los drenes se encuentren sin obstrucciones y que cuenten con una extensión suficiente, para no afectar ningún elemento de la superestructura, pero teniendo en consideración que estos no deberán descargar sobre la vialidad o sobre algún elemento de la subestructura.
- (5) Medianas y camellones. Deberán examinarse las medianas y camellones, para localizar daños originados por el tránsito y para revisar el alineamiento. Deberá verificarse si el concreto presenta agrietamientos, impactos, desconches, u otro tipo de deterioro. Si posee elementos metálicos se deberá cerciorarse que no presenten corrosión, así como que los pernos o anclajes se encuentren ajustados.
- (6) Servicios públicos. El número y tipo de servicios públicos y otras instalaciones independientes, relacionadas o confinadas en el puente, al igual de las instalaciones de las zonas circunvecinas, ameritan que se lleve un registro. Si no se controlan debidamente el número y tipo de instalaciones, se puede sobrecargar la estructura o hacer sumamente difícil la conservación rutinaria o periódica de la misma. Hay que observar si algunas de estas instalaciones están obstruyendo de alguna forma la vialidad o reduciendo la capacidad hidráulica de la estructura. Asimismo, hay que observar si dichas instalaciones se localizan donde haya posibilidad de que puedan ser golpeadas o dañadas por el tránsito o por los acarrees que puedan llevar las avenidas máximas.



*Figura 6.5-15. Servicios públicos adosados a la estructura.*

- (7) Losa. Las losas de concreto deberán revisarse para comprobar que no presenten agrietamientos, filtraciones de agua, desconchamientos, apanalamiento, acero expuesto o alguna otra evidencia de deterioro. También es importante identificar si esta no presenta vibración o deformación excesiva.

Deberá examinarse, muy cuidadosamente, cualquier evidencia de deterioro del acero de refuerzo para determinar su magnitud. Las losas en contacto con sales o medio ambiente salino son las más susceptibles a resultar afectadas.



*Figura 6.5-16. Levantamiento geométrico de la superestructura*



*Figura 6.5-17. Inspección visual de la superestructura*

- (8) Trabes de concreto, diafragmas y nervaduras. Deberán examinarse las almas de las vigas para comprobar que no exista un agrietamiento anormal o una desintegración de concreto, especialmente sobre los apoyos y en la

zona central, en caso de existir grietas deberán medirse por medio de un grietómetro y cuantificarse aproximadamente.

Hay que observar si se manifiesta una vibración o una deflexión excesiva. Las traveses sobre una vialidad transitada deberán examinarse para comprobar que no presentan daño alguno como resultado de impactos por vehículos de gran altura que pasen debajo de la estructura y que la altura de los gálibos sea la requerida para evitar accidentes.

En elementos presforzados, como traveses o diafragmas, adicionalmente a lo anterior, es importante la vigilancia frecuente para que el agua no penetre por las fisuras o los anclajes extremos de los ductos, ya que es difícil detectar la corrosión.

En estructuras de traveses reforzadas con cables exteriores, se observará si los cables están completos y si no presentan alguna irregularidad sus ductos de confinamiento.



Figura 6.5-18. Levantamiento geométrico de la superestructura



Figura 6.5-19. Inspección visual de la superestructura

- (9) Cajones de concreto. Como todos los elementos de concreto en los cajones deberá verificarse que no presenten agrietamientos, desconchamientos, apanamiento, acero expuesto o alguna otra evidencia de deterioro. En caso de presencia de grietas al igual que en las vigas deberá medirse el espesor de las grietas y su cuantificación aproximada, poniendo especial atención en las zonas de apoyo y las zonas centrales del claro.

De ser posible acceder al cajón, se es recomendable revisar el interior del mismo utilizando equipos de iluminación como lámparas y de preferencia utilizar máscaras de protección respiratoria.



Figura 6.5-20. Inspección visual de superestructura tipo cajón

- (10) Vigas, largueros o pieza puentes de acero. En el caso de los elementos de acero, debe vigilarse la existencia de grietas y de indicios de procesos corrosivos, principalmente, en los patines superiores, alrededor de los remaches, pernos y en las áreas de soldadura. Asegurarse de que estén adecuadamente sostenidas, que no haya pandeos, deformaciones o deflexiones, ni tenga daños por impactos o pérdidas de sección por corrosión.

Resulta importante verificar que no existan vibraciones excesivas, ya que es común en los elementos de acero que se presenten daños por fatiga del material.

- (11) Armaduras. Deberá verificarse el alineamiento tanto horizontal como vertical los elementos de las cuerdas inferior y superior de la armadura. Los elementos a compresión, deberán examinarse para comprobar que se encuentren sin deformaciones ni pandeos, así como verificar si sus conexiones se encuentran en buen estado. Los miembros a tensión se examinarán prestando atención a las deflexiones excesivas de los elementos, así como verificar que no presenten pandeos ni grietas en ningún elemento. Las diagonales deberán verificarse para comprobar que se encuentran debidamente ajustadas y que no induzcan esfuerzos anormales en otros elementos.

Deberán examinarse los portales, así como los contraventeos para observar daños por tránsito, ya que se encuentran más expuestos a sufrir daños por vehículos voluminosos. También deberán verificarse las conexiones de los contraventeos ya que es común que estos sufran problemas de fatiga en la soldadura.

Se debe verificar el estado de la pintura y reportar el grado de corrosión de los elementos que integran a la armadura, se deberá reportar si existen pérdidas de sección por corrosión. Las conexiones son particularmente susceptibles a la corrosión por lo que se deben verificar con cuidado.

Deberán comprobarse las condiciones de los pernos, tornillos y remaches de las conexiones y ver que las tuercas estén en su lugar, así como comprobar que los pernos y remaches no estén flojos, desgastados o cortados.

### **6.5.3. Subestructura**

La subestructura de los puentes puede estar constituida, por estribos o caballetes extremos y pilas intermedias, con coronas de concreto reforzado y diferentes tipos de cuerpos, cabezales y los dispositivos de apoyo.

Como ya se indicó anteriormente, se hará un reporte escrito y fotográfico, de las irregularidades que se lleguen a apreciar de cada uno de las partes que constituyen los elementos de la subestructura del puente, determinando calificación del daño de acuerdo a los criterios indicados en el Apéndice A de este documento.

Dentro de los detalles que se deben observar visualmente dentro de la inspección están:

- (1) Pilas y estribos. Deberá revisarse el área susceptible a socavación de estos elementos reportando cualquier inicio de erosión o socavación; esta labor es conveniente llevarla a cabo en época de estiaje.

Deberá inspeccionarse todo el concreto expuesto para determinar la presencia y severidad de grietas o fisuras y cualquier deterioro del concreto en sí.

Si los elementos son de mampostería deberá comprobarse que no presenten agrietamientos en las juntas de mortero. Asimismo, deberán revisarse las piedras para detectar la erosión, oquedades, agrietamientos y otras fallas.

Los elementos de acero se deberán examinar y reportar deterioros tales como corrosión, pérdida de sección, pandeos, deformaciones y el estado de la pintura de protección.

Se deberá verificar la verticalidad de los elementos utilizando nivel de mano o plomada, así como verificar que no exista ningún tipo de asentamiento que se note visualmente.

En los estribos con aleros, se deberá verificar el estado del alero, así como del suelo de relleno en el respaldo del estribo, reportando si existiera alguna fuga de material o erosión del terreno.



Figura 6.5-21. Documentación fotográfica de daños en subestructura



Figura 6.5-22. Inspección visual en subestructura

- (2) Caballetes: Se deberán examinarse los cabezales para determinar si hay algún tipo de deterioro, grietas desconches o cualquier evidencia de sobreesfuerzo. Se comprobará el estado del concreto en las zonas que alternadamente se mojan y se secan, ya que esta situación propicia la aparición de deterioros.

Deberá comprobarse el concreto en la zona de interfase entre los pilotes y los cabezales ya que es común, se presente contaminación del concreto en dicha zona, lo que provoca disgregación del mismo.

Deberá verificarse el estado del concreto de las losas de protección en los conos de derrame de los caballetes y comprobarse que no presente ningún tipo de asentamiento o fuga de material, así como revisar el estado de las juntas entre losas. Si la losa de protección se constituye con algún zampeado se deberá comprobar que no existan deterioros en las juntas del mortero ni algún otro tipo de deterioro.



Figura 6.5-23. Levantamiento geométrico de la subestructura



Figura 6.5-24. Inspección visual de la subestructura

#### 6.5.4. Cimentación

La cimentación es en general difícil de inspeccionar en una inspección visual, debido a la inaccesibilidad de la misma y puesto que no se dispone de ningún equipo especial. Únicamente se pueden apreciar los deterioros en aquellas estructuras que la cimentación es visible. Aunque también se pueden apreciar los efectos de las posibles fallas de manera indirecta, en forma de movimientos excesivos, fisuraciones, desplomes, etcétera, o a través de otros signos en la superestructura.



Figura 6.5-25. Inspección de cimentación



Figura 6.5-26. Registro fotográfico de grietas en cimentación

#### 6.5.5. Dispositivos de apoyo

En una inspección visual, generalmente no se es posible realizar una inspección con gran detalle de los dispositivos de apoyo; sin embargo, hasta donde sea posible con ayuda de binoculares, escaleras y/o extensiones para cámaras, se tratará de verificar la condición de los apoyos de cualquier tipo que sean, los cuales se reportarán documental y fotográficamente.

En la medida en que se presenten las condiciones, se procurará por lo menos de definir el tipo de apoyos que se aprecien, de acuerdo a lo visto en el capítulo 3 del presente y tratar de verificar los siguientes aspectos:

- (1) Apoyos de neopreno. Se deberá observar su estado físico tratando de identificar si existe aplastamiento, agrietamiento o deformación de los apoyos, así como también de ser posible identificar alguna expulsión o deslizamiento fuera de su posición del apoyo.
- (2) Apoyos metálicos. Como todos los elementos metálicos los apoyos de acero deberán ser examinados para verificar que no presenten corrosión en las placas que los conforman, y que los pernos de anclaje se encuentren en buen estado.
- (3) Apoyos tipo cazoleta. En la medida de lo posible se deberá verificar que no presenten corrosión en sus placas, así como tratar de identificar que no se manifieste una expulsión del teflón en los apoyos.

- (4) Apoyos móviles. De poder observarse e identificarse los apoyos de tipo móvil, se deberá revisar que estos puedan moverse libremente y que estén limpios sin obstrucciones en cuanto a su movimiento.



Figura 6.5-27. Inspección de dispositivos de apoyo con equipo de aproximación simple



Figura 6.5-28. Levantamiento geométrico de dispositivos de apoyo

### 6.5.6. Elementos complementarios y de operación de la estructura

Para un funcionamiento integral de la estructura también es necesario evaluar aquellos elementos que, si bien no son parte de la estructura, son necesarios para el funcionamiento adecuado de esta.

#### 6.5.6.1. Accesos

Se deberán inspeccionar 40 m de lo que corresponda a los accesos de la estructura, en donde se deberá reportar la situación cualitativa del acceso en cuanto a la superficie de rodamiento, los elementos de seguridad, el drenaje, los taludes, el señalamiento, detectar la presencia de deslaves, asentamientos o rugosidades que motiven que los vehículos que se acercan al puente causen esfuerzos de impacto indeseables. La observación deberá respaldarse mediante fotografías, croquis de ubicación de los daños y la cuantificación aproximada de los daños observados.

- (1) Superficie de rodadura. La condición del pavimento deberá verificarse en cuanto a irregularidades, asentamientos y rugosidades que puedan hacer que los vehículos que lleguen al puente produzcan esfuerzos de impacto inconvenientes para la estructura. Las condiciones de los acotamientos deben ser revisadas dentro de este inciso.
- (2) Losas de acceso. Se deberá verificar la existencia de deterioros en la losa de acceso, el agrietamiento e irregularidades en una losa de acceso de concreto hidráulico puede indicar que existe un hueco bajo la losa producido por erosión o asentamiento del relleno.



Figura 6.5-29. Inspección y reporte de daños en losas de acceso

- (3) Taludes. Se observará las condiciones que presente el talud del acceso, se reportará la presencia de erosiones o deslaves. También se verificarán las losas de protección en cuanto a asentamientos, grietas o fracturas.



Figura 6.5-30. Inspección de de taludes



Figura 6.5-31. Inspección de losas de protección en taludes

- (4) Drenaje. Se verificará que los accesos de la estructura cuenten con drenaje y que este se encuentre en condiciones de operación. Se examinará que no se encuentre obstruido en el caso de los lavaderos o las cunetas, también deberá verificarse que no se encuentre fracturado o presente algún otro deterioro.
- (5) Dispositivos de protección. En caso de que los accesos cuenten con dispositivos de protección como barreras de contención, se deberá examinar estos dispositivos y verificar que se encuentren correctamente anclados y que no tengan impactos ni posean elementos sueltos.

### 6.5.6.2. Servicios bajo la estructura

Dependiendo del obstáculo que salve la estructura se deberán revisar las condiciones que presentan los servicios bajo la misma, los cuales pueden ser vías pluviales o vialidades. Algunas de las observaciones que deben realizarse de acuerdo al tipo de servicio bajo la estructura son las siguientes:

- (1) Vía pluvial o río. Se deberá examinar de manera visual las condiciones que presenta el cauce y las márgenes del mismo, verificando si no existe problemas de erosión en las márgenes, si estas se encuentran protegidas con algún elemento de protección se deberá verificar que este se encuentre en buen estado y que funcione correctamente.

Deberá verificarse la capacidad hidráulica de la estructura, determinando si es suficiente o insuficiente, cerciorándose de que no esté obstruido por depósitos de materiales de arrastre, que puedan modificar la orientación de la corriente, causando socavación a las pilas y estribos.



*Figura 6.5-32. Verificación del espacio libre vertical del puente*

- (2) Vialidad. Cuando bajo la estructura se presente una vialidad, deberá de examinarse y verificar los gálibos del puente por medio de distanciómetros o cintas métricas y determinar si sus dimensiones son las adecuadas de acuerdo a la norma. Se deberá observar el estado de la superficie de rodadura y reportar los deterioros. Se deberá verificar si cuenta con dispositivos de protección, así como el estado de los mismo y también si cuenta con un drenaje adecuado.



Figura 6.5-33. Verificación de gálibo

### 6.5.6.3. Señalamiento

Todo el señalamiento de la estructura se deberá revisar y reportar, así como hacer observaciones respecto a si es suficiente o no, o en su caso si carece del mismo, así como el estado del mismo. Dependiendo el tipo de señalamiento se deberán realizar observaciones respecto a lo siguiente:

- (1) Señalamiento vertical. Se identificará el señalamiento existente, así como el estado, legibilidad y visibilidad del mismo y si fuera el caso se deberá señalar si existen faltantes.



Figura 6.5-34. Señalamiento vertical

- (2) Señalamiento horizontal. Se deberá examinar el señalamiento horizontal comprobando el estado en que se encuentra, en cuanto a la pintura del señalamiento, la condición de las vialetas y estoperoles y si existen marcas en el pavimento verificar que sean adecuadas y sean visibles.



*Figura 6.5-35. Señalamiento horizontal*

#### **6.5.6.4. Limitaciones al tránsito**

Se identificará y reportará si existe alguna limitación del tránsito y si esta es de carácter permanente o temporal con el fin de tener contemplada la existencia de la misma a la hora de efectuar los trabajos de mantenimiento. También deberá de examinarse la condición en la que se encuentra dicha limitación, verificando que funcione adecuadamente y que su estado no represente ningún problema para los usuarios.



*Figura 6.5-36 Limitaciones de tránsito en estructuras tipo puente.*

# Manual para Inspección de Puentes

## ***CAPÍTULO 7 – Procedimientos Generales para la Inspección Visual de Puentes Especiales.***

---

	<b>Sección</b>	<b>Página</b>
	7.1	Introducción 201
	7.2.	Brigada de Inspección 206
	7.3.	Equipamiento Básico Necesario. 207
	7.4.	Superficie de Rodamiento 209
	7.5.	Superestructura 212
	7.6.	Subestructura 217
	7.7.	Cimentación 219
	7.8.	Dispositivos de Apoyo 219
7.9.	Elementos Complementarios y de Operación de la Estructura	220



## **7.1 PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES ESPECIALES.**

De conformidad con lo indicado en el manual M-PRY-CAR-6-01-008/04, los puentes especiales son aquellos cuya estructuración es diferente a la común que presenta la mayoría de las estructuras, la diferencia se encuentra principalmente en la longitud y tipo de superestructura; básicamente se refiere al sistema portante y a su proceso constructivo.

Se consideran como puentes especiales los:

### **Puentes construidos en Voladizo, simple o doble.**



*Fig 7.1 Puente San Marcos, Autopista México-Tuxpan.*

### **Puentes Empujados**



*Fig 7.2 Puente Chiapas, Autopista Las Choapas-Ocozocuautla.*

## Puentes Colgantes



*Fig 7.3 Puente Golden Gate, bahía en San Francisco California USA.*

## Puentes Atirantados



*Fig 7.4 Puente Coatzacoalcos II, Veracruz, México.*

## Puentes en Arco



*Fig 7.5 Puente Belizario Dominguez, Chiapas, México.*

## Puentes de Armadura de Acero



*Fig 7.6 Puente El Marques, autopista Uruapan-Lázaro Cárdenas.*

Pueden considerarse como puentes especiales también, los que presenten longitudes considerables (superiores a 200 m), aun cuando su estructuración no presente condiciones especiales.



*Fig 7.7 Puente El Zacatal, Cd. Del Carmen, Campeche, México.*

Asimismo, pueden considerarse especiales los puentes con situaciones de operación diferentes, como los entronques importantes o bien aquellas estructuras con una condición histórica de importancia.



FOTOGRAFÍA Cortesía Gobierno de Jalisco/H.Aguilar

## CONSIDERACIONES GENERALES DE INSPECCIÓN

Generalmente es ventajoso emplear un procedimiento sistemático, es decir, seguir una rutina de inspección en todos los puentes. En la inspección de puentes especiales son aplicables los formatos definidos en el Capítulo 5, en ellos se describe el listado de elementos y las formas de evaluar su estado físico

Cuando se lleve a cabo una inspección en el campo en puentes especiales, se deben seguir los siguientes pasos:

Acciones previas a los trabajos de campo:

Se debe revisar el inventario y los informes de inspección anteriores, a fin de tomar conocimiento si existen circunstancias especiales, como daños observados anteriormente, o elementos estructurales que necesiten una inspección más detallada.

Seguridad del personal durante la inspección:

Generalmente las estructuras de los puentes están a la vista, pero en muchos casos, debido a la magnitud de las estructuras, será imposible la observación detallada sin los medios auxiliares de acceso a los distintos puntos de la misma.

Dentro de los medios auxiliares que facilitan la aproximación y seguridad del personal de la inspección a las distintas partes de la estructura se incluyen desde los medios básicos, como casco, cinturones de seguridad, escaleras, etc., hasta los sistemas muy complejos, como las pasarelas y canastillas desarrolladas para la inspección de puentes, pasando por sistemas integrados en la propia estructura, como (pasarelas metálicas, agujeros de acceso a pilas huecas y escaleras de acceso a vigas cajón en puentes.

La cara inferior del tablero, es la zona donde suelen concentrarse la mayoría de los problemas, y para salvar la dificultad del acceso, es necesario contar con medios auxiliares que permitan realizar la auscultación en las máximas condiciones de seguridad para el equipo humano que realiza el trabajo, con la mínima interrupción de la funcionalidad de la vía en la que se encuentra la estructura.

Compete al ingeniero inspector, verificar que el personal a su cargo realice su trabajo, con las medidas de seguridad y salubridad mínimas exigibles, conforme a la normativa vigente.

Al llegar al sitio de trabajo, se deberá buscar un lugar para estacionar la unidad de transporte, de forma que no estorbe la circulación o signifique un riesgo para los usuarios del camino.

Previo al inicio de los trabajos, deberá realizarse la colocación del señalamiento de seguridad provisional, el cual deberá cumplir con lo establecido en la normatividad vigente de la SCT; en caso de requerirse, se emplearán bandereros y equipo de comunicación. El número y tipo de elementos de señalamiento a utilizar, queda bajo completa responsabilidad del inspector, quien deberá analizar la zona de los

trabajos y revisar la estrategia de la inspección, a fin de determinar el señalamiento considerando el volumen de tránsito, la hora de realización de los trabajos y su duración.

Como primera actividad de la inspección, se debe verificar la ubicación y nombre del puente programado para su inspección, y una vez confirmados los datos, se deberá realizar un recorrido para ubicar los diferentes elementos de la estructura, así como evaluar la dificultad de acceso a cada uno de ellos.

Se debe tomar una fotografía de identificación del puente, otra panorámica del contexto general y otra de acceso al puente.

La maquinaria, vehículos y equipo que se utilice en la inspección, deberá contar con la identificación adecuada y tener adherido el logotipo de la empresa responsable de la inspección, durante todo el tiempo que dure la obra o el servicio; así mismo, su personal deberá contar con uniforme, botas, casco y chalecos reflejantes para su protección.

No se podrá arrojar al río o vialidad, producto alguno empleado o resultante de la ejecución de los trabajos, por lo que la contratista deberá procurar mantener limpia el área de trabajo;

No se podrá interrumpir completamente la circulación del tránsito sobre el puente ni en la carretera, por lo que en caso de requerirse, se podrá trabajar cerrando uno de los sentidos de circulación, o la mitad de los carriles, en caso de ser de un solo sentido bandeando el tránsito por el otro, previa solicitud y autorización por parte de la administración responsable correspondiente.

Se debe inspeccionar y calificar la condición de cada uno de los componentes del puente tales como estribos, pilas, aleros, tablero, losas, vigas, diafragma, elementos de arco, reticulados, elementos de puente colgante, aparatos de apoyo, junta de expansión, superficie de rodadura, aceras, barandas, señalización, accesos, taludes, defensas, cauce, etc.

Al final se debe calificar la condición del puente en general.

Finalmente, debe asegurarse que todas las partes visibles del puente hayan sido inspeccionadas, y que la documentación del levantamiento de información se encuentra completa y correctamente formulada.

## 7.2 Brigada de Inspección.

Para llevar a cabo este tipo de inspecciones, se requiere de una plantilla básica de personal profesional, técnico y de apoyo logístico. La plantilla básica deberá estar integrada al menos por el siguiente personal:

Cantidad	Puesto
1	Ingeniero Jefe de Inspección
1	Ingeniero Especialista en Geotecnia
1	Ingeniero Auxiliar Técnico de Inspección
2	Ingenieros de Apoyo Logístico
1	Auxiliar general

**Ingeniero Jefe de Inspección.-** Será el responsable directo de la realización y cumplimiento de los trabajos en campo y gabinete. Deberá ser un ingeniero civil titulado, contar con los conocimientos sólidos en diseño, evaluación y/o inspección de puentes, tener conocimiento de los materiales y el comportamiento estructural de sus elementos y tener experiencia mínima de cinco años en el sector público o privado en la ejecución de trabajos relacionados con:

- Inspecciones visuales o preliminares de puentes
- Inspecciones detalladas de puentes
- Proyectos de reparación de puentes
- Instrumentación o monitoreo de puentes

Su participación se enfocará principalmente a coordinar en campo toda la logística y realización de los trabajos de inspección de las estructuras y las actividades de los diferentes profesionales y técnicos que participarán. En la detección de daños importantes, será el responsable de la evaluación y diagnóstico de los mismos; así como de la definición de las posibles soluciones y de los alcances de los estudios y proyectos necesarios para su correcta reparación. Será el responsable del personal que participa en la ejecución de los trabajos de campo, así como del contenido técnico de los reportes de inspección. En los trabajos de campo es obligada su presencia de manera permanente.

El Ingeniero Jefe de Inspección deberá acreditar que cuenta con su firma electrónica avanzada (fiel). Así mismo deberá tener conocimiento para llevar a cabo todas las actividades relacionadas con la Bitácora Electrónico de Obra Pública.

**Ingeniero Especialista en Geotecnia.-** Será el responsable de revisar las condiciones geotécnicas del sitio, los taludes, cortes y posibles fallas en la barranca o cañada que se está cruzando, condiciones del cauce, etc.; deberá ser un ingeniero

civil titulado, tener experiencia mínima de cinco años en el sector público o privado en la ejecución de estudios geotécnicos, geológicos o de mecánica de suelos.

**Ingeniero Auxiliar Técnico de Inspección.-** Será el responsable de asistir de forma directa al jefe de la inspección, para la realización y cumplimiento de los trabajos en campo; deberá ser un ingeniero civil titulado, contar con los conocimientos básicos en diseño, evaluación y/o inspección de puentes, tener conocimiento de los materiales y el comportamiento estructural de sus elementos y tener experiencia mínima de 2 años en el sector público o privado en la ejecución de trabajos relacionados con:

- Inspecciones visuales o preliminares de puentes
- Inspecciones detalladas de puentes
- Proyectos de reparación de puentes

Su participación se enfocará principalmente a apoyar en campo toda la logística y realización de los trabajos de inspección de las estructuras. En la detección de daños importantes, será el encargado de registrar la información relativa a la evaluación y diagnóstico de los mismos.

**Ingeniero de Apoyo Logístico.-** Será el apoyo técnico en los diversos conceptos del servicio donde sea requerido. Deberá ser un ingeniero civil titulado o pasante con o sin experiencia, con los conocimientos básicos de estructuras y especialmente de puentes.

**Auxiliar General.-** Será el apoyo manual en los diversos conceptos del servicio donde sea requerido. Deberá ser el personal adecuado para realizar trabajos en general y conducir el vehículo de inspección.

### 7.3 Equipamiento Básico Necesario.

Para efectuar las inspecciones, se requieren como mínimo, sin ser limitativo, los siguientes equipos y/o herramientas:

#### a) Equipo de seguridad

- Arnéses
- Botas
- Botiquín de primeros auxilios
- Casco
- Cinturón de herramientas
- Cuerdas de seguridad
- Gafas de protección
- Chalecos reflejantes
- Chalecos salvavidas

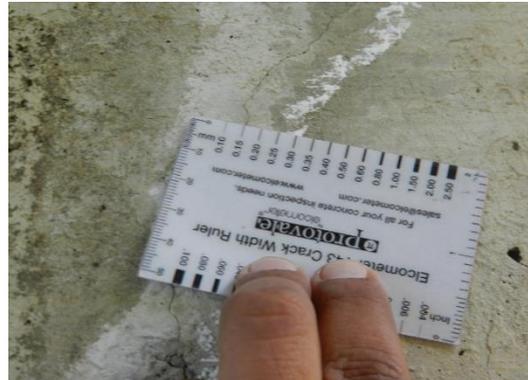


## b) Herramientas para Limpieza

- Cepillo de alambre
- Martillo de alpinista
- Pala plana

## c) Equipos para ayuda visual

- Binoculares
- Crayones o gises
- Drones
- Endoscopios
- Espejos de inspección
- Grietómetros
- Lámpara sorda
- Lapiceros
- Lupas micrométricas
- Medidor de espesor de pintura
- Nivel de mano
- Plomadas
- Termómetro
- Tinte penetrante
- Vernier



## d) Herramientas para documentación

- Cámaras fotográficas y/o de video
- Libreta de campo
- Formatos para inspección

## e) Herramientas para acceso

- Brazo mecánico para acercamiento (Snooper)
- Canastillas
- Escaleras
- Pasarelas
- Poleas



### f) Herramientas para actividades diversas

- Martillo ligero
- Caja de herramientas (llaves, desarmadores, pinzas)
- Navaja de bolsillo
- Radios de intercomunicación (walkie-talkies)

### g) Dispositivos de señalamiento:



- Banderas
- Conos de plástico
- Luces de seguridad
- Trafitambos
- Triángulos reflejantes



### h) Equipo de medición y topografía:

- Cintra métrica de 5, 20 a 50 m
- Distanciómetro
- Estación total
- Estadales y estacas
- Gps
- Nivel



### Acciones en el campo:

#### 7.4 Superficie de Rodamiento.

La capa de rodadura o carpeta de desgaste le otorga a la calzada la protección necesaria para evitar el desgaste en la losa de concreto producido por el tránsito y la infiltración de agua y otros líquidos. Es indispensable evaluar las condiciones siguientes.

- Presencia de maleza y evidencia de limpieza periódica de la calzada, cunetas, acotamientos, guarniciones y banquetas del puente, para evitar la retención y acumulación de agua o humedad sobre la misma.

- Presencia de ondulaciones, baches que perjudiquen el tránsito o posibiliten la formación de charcos.
- Pendiente transversal que facilite el rápido escurrimiento del Agua.
- Impermeabilidad, para evitar que las infiltraciones perjudiquen a la estructura del puente. Para ello deberá carecer de fisuras.



Una vez definidas estas condiciones, la valoración del estado físico se deberá realizar aplicando el siguiente criterio:

**Bueno:** Cuando la carpeta se encuentra libre de deformaciones, fisuraciones excesivas o desprendimientos importantes y posee pendientes adecuadas.

No requiere intervención o requiere una intervención mínima, como limpieza y/o el sellado de pocas fisuras.

**Regular:** Requiere sellado de fisuras en mayor cantidad, bacheo o reconstrucción de hasta un máximo del 10% de su superficie.

**Malo:** Requiere fresado y reconstrucción mayor al 10% de su superficie.

#### Juntas de dilatación Longitudinales y Transversales

En éstas se requiere inspeccionar:

- Su estanqueidad, para evitar que las filtraciones ataquen elementos estructurales.
- Funcionalidad vial: no deben producir golpeteos ni ruidos bajo la acción del tránsito
- Movilidad: para que sean efectivas deben permitir la expansión y la retracción en un recorrido suficiente, manteniendo las condiciones anteriores.
- Abertura suficiente: no deben cerrarse totalmente, ya que transmitirían a la estructura esfuerzos no previstos.

En los dispositivos utilizados en juntas típicas (de hasta 6 cm de abertura) debe verificarse el estado de los perfiles metálicos de fijación, así como su anclaje a la losa y la presencia de elementos de sellado adecuados.

Los perfiles de protección en las juntas de dilatación se colocarán o reemplazarán según sea el caso, en las respectivas juntas transversales ubicadas entre los distintos tramos de superestructura ya sea entre los tramos extremos y las losas de acceso o en las juntas longitudinales. Deberá detectarse cuidadosamente cualquier falla en las juntas, para que éstas aseguren total estanqueidad, ya que el mínimo paso de agua a través de las mismas puede producir una acelerada corrosión en el intradós de la superestructura y en la subestructura.

La falta o falla de juntas de dilatación puede observarse desde abajo del tablero, viendo las manchas producidas por las filtraciones. Deben controlarse tanto las juntas de dilatación (espacio libre entre dos elementos), como las juntas de construcción (concreto colado en varias etapas, ampliaciones de tablero, etc.).

Los sellos de neopreno mayormente utilizados se colocarán o reemplazarán según sea el caso, en las respectivas juntas de dilatación ubicadas entre los distintos tramos de superestructura y entre los tramos extremos y las losas de acceso, así como en las juntas longitudinales.

En general, se indicará la colocación o reparación de juntas cuando:

- a) Se aprecien fisuras, discontinuidades o roturas en las losas o en los dispositivos de las juntas existentes
- b) Se observen marcas de filtraciones en la parte inferior del puente, o montículos de barro sobre las vigas de apoyo, haya o no dispositivos de juntas existentes
- c) No haya dispositivos de juntas a la vista, pero se refleje una fisura en la carpeta.

Se podrá indicar la instalación de dispositivos de juntas elásticas de asfalto modificado con elastómeros, para reemplazar aquellos dispositivos en estado malo, en puentes en caminos pavimentados. La junta constituida por un sello de neopreno y perfiles L, se utilizará en puentes sobre caminos de tierra.

La planilla se completará definiendo, en primer lugar las características de la o las juntas observadas y en un apartado de observaciones se detallará el material constructivo de las mismas, para las cuales se definirá su estado, según la siguiente valoración.

**Bueno:** Las juntas requieren una intervención mínima o no requieren intervención



**Regular:** Cuando se aprecien fisuras, discontinuidades, roturas o falta de elemento sellante en una longitud entre 10% y 50% de la longitud total de las mismas, requiriendo el reemplazo de tales sectores.

**Malo:** Cuando se aprecien fisuras, discontinuidades, roturas o falta de elemento sellante en más del 50% de la longitud total, se observen filtraciones en la parte inferior del puente, haya o no dispositivos de juntas a la vista, pero se refleje una fisura en la carpeta. Requiere el reemplazo de los sectores dañados o la totalidad de la junta.

### 7.5 Superestructura.

Se sugiere realizar una valoración cualitativa y cuantitativa del estado de conservación del tablero, considerando una de las tres posibles clasificaciones definidas a continuación.

**Bueno:** Elemento estructural libre de corrosión, deformaciones, fisuraciones, o desconchamientos importantes. En concreto armado, no se aprecian fisuras, o bien son escasas y de tamaño capilar, La superficie afectada por desconchamientos y acero de refuerzo a la vista no supera el 1% del total del elemento inspeccionado. No requiere intervención o requiere una intervención mínima.

**Regular:** En concreto armado, se aprecian grietas de más de 0,5 mm y hasta 1.0 mm de espesor. Requiere sellado de grietas y calafateo de fisuras, y reparación del recubrimiento del acero de refuerzo en una superficie entre el 1% y el 10% del total. En acero, requiere arenado y pintado.

**Malo:** Cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones:

- Se observa al menos una grieta de más de 1 mm de espesor y que atraviesa totalmente o en su mayoría algún elemento estructural, en cuyo caso se solicitará la realización de una inspección detallada.
- Se requiere la reparación del recubrimiento del acero de refuerzo en una superficie mayor al 10% del total.
- Presenta deformaciones que afectan al tránsito o representan peligro para su estabilidad, siendo necesaria una intervención importante o su reconstrucción.

#### Vigas Longitudinales

Cuando se realiza la inspección de puentes de vigas se deberá determinar la cantidad de vigas longitudinales que existen en cada tramo y el material de fabricación, para luego realizar la valoración cualitativa de su estado físico. Los criterios para su valoración son los mismos que los indicados para el tablero.

#### Parapetos Vehiculares y Peatonales

Todos los puentes en caminos pavimentados, deberán contar con defensas vehiculares con una adecuada transición en los extremos (para evitar el choque de

punta), conforme a la normatividad vigente. El uso de defensas bajas o flexibles deberá evitarse, ya que no resultan aptas para evitar la caída de vehículos y de peatones.

Sólo se aceptarán parapetos de otro tipo en caminos de tierra. En estructuras de hasta 2m de altura es preferible no colocar parapetos. Las de mayor altura llevarán parapetos con el mismo criterio que los puentes.

En los puentes que no cuenten con defensa vehicular, o ésta no sea del tipo especificado, se indicará “colocación o reemplazo de parapeto vehicular” en un 100%.

No obstante esto, la administración responsable deberá realizar reparaciones de emergencia (tal como reposición de postes, secciones de defensa metálica o barreras de concreto), de forma inmediata hasta tanto se realice el reemplazo definitivo.



Se definirán en primer lugar las características del parapeto observado, para los cuales se establecerá su estado físico según la siguiente valoración.

**Bueno:** Los parapetos requieren una intervención mínima o no requieren intervención

**Regular:** Cuando se aprecien fisuras o grietas en concreto, roturas o faltantes de tubos de acero galvanizado o defensas metálicas entre un 10% y 50% de la longitud de las mismas.

**Malo:** Cuando se aprecien fisuras o grietas en concreto, roturas o faltantes de tubos de acero galvanizado o defensas metálicas en más del 50% de la longitud de las mismas

Posibles acciones urgentes:

- Reposición de postes, tornillos y tuercas de defensa metálica u otros elementos faltantes o dañados.

#### Guarniciones

Cordón que delimita los extremos de la calzada, protege y guía al tránsito vehicular.

A diferencia de las banquetas, su ancho ( $\leq 0,50$  m) no permite el tránsito peatonal.

Se definirá en primer lugar el ancho de las guarniciones, luego se especificará el material constructivo, para lo cual la brigada de inspección hace algunas propuestas

y, en el caso que el material observado no se encuentre dentro de ellos, se deberán aclarar en observaciones las características del mismo.

Definido lo anterior se propone realizar una valoración cualitativa del estado de conservación de la guarnición, según lo que se indica a continuación:

**Bueno:** Elemento libre de deformaciones, fisuraciones excesivas, o desconchamientos importantes. No requiere intervención o requiere una intervención mínima.

**Regular:** Requiere sellado de fisuras o reparación en su superficie de entre un 10% y 50% de la misma.

**Malo:** Requiere sellado de fisuras o reparación en su superficie en más del 50% de la misma, presenta deformaciones excesivas, requiriendo una intervención importante o su reconstrucción.

### Banquetas

Posibilitan el tránsito peatonal.

Se definirá en primer lugar el ancho de la banqueta y en un apartado de observaciones, la cantidad de ellas, luego se especificará el material del que están construidas.

Definido lo anterior, se propone realizar una valoración cualitativa del estado de conservación de la banqueta, según lo que se indica a continuación:

**Bueno:** Elemento libre de deformaciones, fisuraciones excesivas, o desconchamientos importantes. No requiere intervención o requiere una intervención mínima.

**Regular:** Requiere sellado de fisuras o reparación en su superficie de entre un 10% y 50% de la misma.

**Malo:** Requiere sellado de fisuras o reparación en su superficie en más del 50% de la misma, presenta deformaciones excesivas, requiriendo una intervención importante o su reconstrucción.

### Drenes

Debe evitarse toda causa de infiltración de agua dentro de la masa del concreto, la cual constituye el motivo principal de una drástica disminución de la vida útil de puentes y alcantarillas. Esto se agrava si los daños, que van incrementándose con el tiempo, no son detectados y corregidos, pudiendo producirse el colapso estructural prematuro y gravoso.

Dicha infiltración produce el lavado de los componentes alcalinos del cemento (principalmente hidróxido de calcio), fenómeno denominado lixiviación, que se manifiesta visualmente a través de manchas blancas en la superficie del concreto.

Y va tornándose ácido hasta que deja de proteger al acero de refuerzo, comenzando por el contrario, a atacarlo. La acción se agrava si el agua arrastra componentes agresivos, como pueden ser los derramados por vehículos que circulan sobre el puente. Con el tiempo se agregan manchas oscuras superficiales, producidas por musgo y hongos.

Cuando el acero de refuerzo comienza a corroerse se producen dos fenómenos adversos:

Por un lado una disminución en su resistencia, al perder sección efectiva. Por otra parte, la herrumbre tiene un volumen varias veces mayor que el acero intacto, lo cual produce presiones internas, que generan primero fisuración y luego desprendimiento del recubrimiento.

Al dañarse el recubrimiento, la velocidad de corrosión aumenta. Por otra parte, se pierde la mayor parte de la adherencia acero-concreto.

Finalmente, el puente o alcantarilla llega a colapsar, ya sea por rotura del acero de refuerzo debilitado, o por desprendimiento de la masa de concreto.

Por supuesto que este colapso es evitable, si se realizan las acciones adecuadas. Sin embargo es muy importante ver que, en todo este proceso, cuanto más prematuramente se actúe, menor será la magnitud y el costo de las tareas, y la vida útil se verá afectada en menor medida.

Para evitar la infiltración de agua en el concreto deberán tomarse los siguientes recaudos:

- La calzada y banquetas se mantendrán libres de acumulación de tierra, suciedad y maleza, para evitar retención de humedad y su descomposición
- Se evitará toda acumulación posible de agua sobre la calzada y banquetas, lo cual es causal potencial de accidentes. Para ello, la calzada deberá contar con adecuada pendiente y drenes, los cuales deben mantenerse permanentemente libres obstrucciones.
- El tablero debe ser impermeable, con carpeta de rodamiento libre de roderas, baches y fisuras y con juntas estancas.
- Deben evitarse el derrame lateral libre y los desagües con drenes cortos que motiven escurrimientos en la losa o las trabes. La tensión superficial produce que una lámina de agua se adhiera a las superficies laterales e inferiores de la superestructura, cuya acción es altamente agresiva para el concreto y el acero. También deben evitarse salpicaduras de los desagües sobre vigas e infraestructura.
- Las banquetas tendrán pendiente hacia el interior hasta desaguar en forma similar a la calzada. Las caras verticales laterales llevarán un gotero, para evitar que la lluvia incidente sobre las mismas fluya por tensión superficial hacia el intradós de la superestructura.

En todos aquellos puentes o sectores de los mismos que no cuenten con desagües en correspondencia con la cuneta de la guarnición, banqueta o defensa vehicular rígida, u otro obstáculo para la circulación transversal del agua de lluvia, como así también en aquellos casos en que existiendo desagües, no se tengan las características indicadas a continuación, se procederá a recomendar la colocación, reemplazo o prolongación de los mismos, según el caso.

Estos estarán constituidos por tubos de PVC de 0,10 m (4") de diámetro interno y 4 mm de espesor mínimo de pared, ya que diámetros inferiores son fácilmente obstruibles. No deben admitirse materiales, que se degraden rápidamente.

La separación entredrenes en dirección longitudinal será de 4,00 m, aunque por razones de modulación, esta distancia podrá variar entre 3,00 y 5,00 m. No se colocarán desagües que derramen sobre una vía férrea o una calzada inferior, cuando se trate de un alto nivel.

La longitud mínima de los caños deberá ser tal que:

1- Se prolonguen como mínimo 0,15 m por debajo del lecho bajo de la losa del tablero.



2- A efectos de evitar el goteo sobre los patines de las vigas en puentes-viga, la distancia del extremo inferior de los caños al punto más cercano de la viga, medida horizontalmente, deberá ser mayor que la altura de dicho extremo por encima del punto más bajo de la viga.

En la inspección se determinará el diámetro y la separación de los desagües. También se indicará el material y si posee saliente inferior acorde a lo indicado precedentemente.

La valoración del estado se realizará según el criterio que se define a continuación:

**Bueno:** Los desagües no requieren intervención o requieren una intervención mínima.

**Regular:** Requieren limpieza y desazolve.

**Malo:** Requieren colocación, reemplazo o prolongación, dado que la separación, el diámetro, el material o la saliente mínima no corresponde a lo indicado.

## 7.6 Subestructura.

Se deberán tomar fotografías de los diferentes tipos de apoyo (estribos, pilas y caballetes).

Se deben revisar y calificar las pilas, estribos o caballetes, el cauce.

Se debe tomar una foto de la elevación del puente, en la que se pueda apreciar la subestructura y la superestructura.

### Estribos

Estructura vertical (apoyo) ubicada en cada extremo de un puente. Sostiene parte de la superestructura, ya que la otra parte la soporta el apoyo contiguo.

Puede ser cerrado y actúa como contención frontal del terraplén o abierto dejando caer el terraplén con su talud natural, requiere protección de talud. Registrando en el formato de inventario el material del que está construido. En el caso de seleccionar el tipo "otros" de deberá indicar en observaciones las características del mismo. Para realizar la valoración cualitativa del estado, se seguirán los criterios siguientes:

- **Bueno:** Elemento estructural libre de corrosión, deformaciones, fisuraciones, o desconchamientos importantes. En concreto armado, no se aprecian fisuras, o bien son escasas y de tamaño capilar, La superficie afectada por desconchamientos y acero de refuerzo a la vista no supera el 1% del total del elemento inspeccionado. No requiere intervención o requiere una intervención mínima.

**Regular:** En concreto armado, se aprecian grietas de más de 0,5 mm y hasta 1.0 mm de espesor. Requiere sellado de grietas y calafateo de fisuras, y reparación del recubrimiento del acero de refuerzo en una superficie entre el 1% y el 10% del total. En acero, requiere arenado y pintado.

**Malo:** Cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones:

- Se observa al menos una grieta de más de 1 mm de espesor y que atraviesa totalmente o en su mayoría algún elemento estructural, en cuyo caso se solicitará la realización de una inspección detallada.
- Se requiere la reparación del recubrimiento del acero de refuerzo en una superficie mayor al 10% del total.
- Presenta deformaciones que afectan al tránsito o representan peligro para su estabilidad, siendo necesaria una intervención importante o su reconstrucción.
- Presenta socavación en cimentaciones que afectan la estabilidad de la estructura, siendo necesaria una intervención importante o su reconstrucción.

## Aleros

En forma de “U”: Vinculados al estribo y paralelos al eje del camino, y sostienen lateralmente la tierra.

Muros de ala: Vinculados al estribo e inclinados respecto al eje del camino, y sostienen parte de la tierra.

Se determinará el material dentro de los propuestos. En el caso de seleccionar “otros” indicar en observaciones las características del mismo. Para realizar la valoración cualitativa del estado físico, se seguirán los mismos criterios establecidos para los estribos.

Protección de taludes (conos de derrame), de diferentes clases de materiales y sistemas, evitan la erosión y pérdida del material del que están hechos los taludes.

Se determinará el material dentro de los propuestos. En el caso de seleccionar “otros”, indicar en observaciones las características del mismo.

La valoración del estado físico se realizará según el criterio que se define a continuación:

**Bueno:** Los taludes no requieren intervención o requieren una intervención mínima.

**Regular:** Se observan deformaciones, aunque no afectan por el momento la estabilidad ni la funcionalidad del revestimiento. Requieren observación periódica de su evolución o realización de una intervención mínima.

**Malo:** Requieren construcción o reemplazo del revestimiento, dado que se observa rotura o desprendimiento del mismo, con la consecuente evolución del proceso erosivo. Se producen cortes o zanjas en los taludes por escurrimiento del agua superficial de la calzada y losas de acceso del puente.

## Pilas

Elementos estructurales ubicados entre los estribos, que junto con estos sostienen la superestructura.

Se determinará el material dentro de los propuestos. En el caso de seleccionar “otros” indicar en observaciones las características del mismo. Para realizar la valoración cualitativa del estado, se seguirán los mismos criterios establecidos para los estribos.

## 7.7 Cimentación.

### Tipo de cimentaciones

Se indicará el tipo de cimentaciones sólo si se sabe con certeza a través de planos, habiendo estado en el momento de su construcción, o si hubiera cualquier otra evidencia concreta, de lo contrario se deberá indicar como “no verificado”.

En este rubro se evaluará principalmente la socavación que presente la zona. En lo que se refiere al concreto y acero, se tomarán los criterios de la superestructura.



## 7.8 Dispositivos de Apoyo de la Superestructura.

Ubicados entre las pilas o estribos y la parte baja de la superestructura. Transmiten las cargas de la superestructura a la subestructura y permiten los movimientos horizontales de la superestructura.

Cuando se realice la inspección, se deberá definir en primer lugar el material del apoyo, para lo cual, la planilla o formato de inspección hace algunas propuestas. En el caso particular de unión monolítica, como por ejemplo en algunos puentes losas, se deberá incluir en el campo indicado como “otro”.



Definido lo anterior, la valoración del estado físico se deberá realizar siguiendo el criterio que se indica a continuación:

**Bueno:** Cuando los apoyos se encuentran libres de deformaciones, principalmente si son de neopreno, o de desplazamientos horizontales excesivos. No requieren intervención.

**Regular:** Cuando se encuentran deformados o desplazados, aunque no afectan por el momento la estabilidad ni la funcionalidad del puente. Requieren observación periódica de su evolución o realización de alguna intervención mínima.

**Malo:** Requieren su reemplazo por estar agrietados, muy deformados o fuera de sus respectivos lugares.

Se deben inspeccionar todos los dispositivos de apoyo, realizando las actividades necesarias para su correcta evaluación.



## 7.9 Elementos Complementarios de Operación de la Estructura.



### 7.9.1 Accesos

#### Losas de aproximación

Vincula la losa de calzada (rígida) con el suelo (flexible).

Establecidos el largo y ancho de la losa de acceso en metros, los criterios para su valoración del estado son los mismos que los indicados para el tablero.

Se debe inspeccionar y calificar taludes y obras de protección en los extremos del puente.

Se deben documentar, dimensionar y evaluar los hundimientos, baches y en general, cualquier deformación que se presente en los accesos.

### 7.9.2 Gálibos.

Se deberán verificar los gálibos del puente por medio de distanciómetros o cintas métricas, y determinar si sus dimensiones son las adecuadas, de acuerdo a la norma y el tipo de servicio de la estructura.

### 7.9.3 Señalamiento.

Se identificará el señalamiento existente, así como el estado, legibilidad y visibilidad del mismo, y si fuera el caso, se deberá indicar si existen faltantes. Asimismo, se deberá indicar si es suficiente y adecuado para el tipo de estructura que se inspeccione.



### 7.9.4 Limitaciones al tránsito.

Se identificará y reportará si existe alguna limitación del tránsito y si es de carácter permanente o temporal, con el fin de tener contemplada la existencia de la misma a la hora de efectuar los trabajos de mantenimiento.

En el caso de que la limitación de tránsito se refiera a la capacidad de carga, en el reporte de inspección será necesario recomendar la evaluación de la misma.





# Manual para Inspección de Puentes

## ***CAPÍTULO -8 – Procedimientos Generales para la Inspección Detallada de Puentes.***

---

	<b>Sección</b>	<b>Página</b>	
	8.1	Introducción.	225
	8.2.	Brigada de Inspección.	229
	8.3.	Equipamiento Básico Necesario.	232
	8.4.	Superficie de Rodamiento	235
	8.5.	Superestructura	236
	8.6.	Subestructura	237
	8.7.	Cimentación	237
	8.8.	Dispositivos de Apoyo	242
8.9.	Elementos Complementarios y de Operación de la Estructura	242	



## **8.1 PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA INSPECCIÓN DETALLADA DE PUENTES.**

La evaluación estructural para determinar el daño, deterioro y/o condiciones anormales de operación en estructuras de puentes, es esencial para establecer el nivel de confiabilidad operacional y vida residual de las mismas. Tradicionalmente, la mayoría de los métodos de detección de daño se basan en inspecciones visuales, que son limitadas por el acceso a todas las partes de la estructura.

Adicionalmente, el daño interno no es detectable con una inspección visual, y no es posible obtener una estimación cuantitativa del daño o de la capacidad estructural remanente. Modernos equipos diseñados para el monitoreo de las condiciones físicas de sistemas estructurales, incluyen diferentes pruebas no destructivas, pero en todos los casos la evaluación es localizada, y no permiten evaluaciones globales de las estructuras, por lo anterior se vuelve necesaria una inspección más exhaustiva para valorar la estructura en toda su magnitud.

La inspección detallada de un puente es aquella cuyo objetivo es ratificar los daños detectados, diagnosticar la gravedad y evaluar la condición estructural y de comportamiento de la estructura; así como desarrollar el proyecto ejecutivo para realizar las reparaciones procedentes para recuperar, conservar, o elevar el nivel de servicio de una estructura.

### **NORMATIVIDAD APLICABLE.**

Actualmente las inspecciones detalladas se llevan a cabo con apego a las normas, manuales y practicas recomendables de la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la SCT entre las cuales se mencionan, de manera enunciativa más no limitativa, las siguientes: legal, N-LEG-1/00, N-LEG-2/00, N-LEG-6.01/00, N-PRY-CAR-6-01-002 características generales de proyecto, N-PRY-CAR-6-01-003 cargas y acciones, N-PRY-CAR-6-01-004 viento, N-PRY-CAR-6-01-005 sismo, N-PRY-CAR-6-01-006 combinaciones de carga, señalamiento N-PRY-10.01.001/99, y en general todas aquellas que resulten aplicables; y en lo conducente al Manual para Inspección y Conservación de Puentes tomos I y II publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT. Sin embargo en ninguno de estos documentos se mencionan procedimientos específicos para la realización de este tipo de inspecciones. Lo anterior se debe en primera instancia a que las inspecciones detalladas, valga la expresión, son como un traje hecho a la medida, es decir, cada inspección detallada atiende a un puente específico con problemas particulares y situaciones operativas específicas.

De la Normativa para la Infraestructura del Transporte, se considerará lo indicado en sus libros de introducción, legislación, planeación, proyecto y operación; considerando en este último los temas de control y aseguramiento de la calidad, características de los materiales, métodos de muestreo, prueba de materiales; y, en general, a todas las partes de dicha normativa que no se mencionan aquí, pero que resulten aplicables. Por lo tanto es necesario que la inspección sea realizada por

personal altamente especializado y conocedor de la normatividad vigente para que se apeguen a todas las disposiciones existentes.

## **CONSIDERACIONES GENERALES DE INSPECCIÓN**

Es de primordial importancia emplear un procedimiento sistemático ordenado. En la inspección detallada de puentes son aplicables los formatos definidos en el Capítulo 5, en ellos se describe el listado de elementos y las forma de evaluar su estado físico, sin embargo se debe anexar también un informe detallado de la situación del puente.

Se aplicarán los procedimientos indicados en la sección dedicada a puentes especiales, los cuales retomaremos en este capítulo y se harán las precisiones necesarias cuando se presenten variantes.

Cuando se lleve a cabo una inspección detallada en campo se deben seguir los siguientes pasos:

### **Acciones previas a los trabajos de campo**

Se debe revisar el inventario y los informes de inspecciones anteriores, a fin de tomar conocimiento de las circunstancias especiales, los daños observados anteriormente, o las situaciones que hicieron necesaria la inspección detallada.

En la medida de lo posible es conveniente contar con la información del proyecto original para establecer criterios de comportamiento del diseño inicial.

### **Seguridad del personal durante la inspección**

La inspección de puentes y estructuras de paso vehicular representa una actividad de riesgo, tanto para los inspectores que la ejecutan, como para los usuarios que transitan las estructuras al momento de efectuar la inspección. En este sentido, las medidas de seguridad son esenciales para efectuar una inspección de forma eficaz, ya que permitirán cumplir con los objetivos de la misma, sin daños ni perjuicios colaterales, como lesiones personales, daños materiales, gastos médicos por accidentes o incluso hasta la pérdida de vidas.

De acuerdo a lo anterior, la empresa, el responsable de la inspección y los inspectores mismos, deberán trabajar conjuntamente para lograr que la actividad requerida sea efectuada de forma segura; la primera, gestionando y proporcionando todo el equipo y herramientas necesarias para lograr un ambiente de trabajo seguro y los últimos, a través de la aplicación de buenas prácticas de seguridad y de la utilización adecuada de los equipos y herramientas proporcionados.

Compete al responsable de la inspección verificar que el personal a su cargo realice su trabajo, con las medidas de seguridad y salubridad posibles, conforme a la normativa, reglamentación o legislación vigentes.

Como recomendaciones generales y buenas prácticas, se proporcionan a continuación algunos aspectos importantes que los ingenieros inspectores deberán tener en cuenta al momento de efectuar la inspección:

- Sistematizar los procedimientos de inspección, con la finalidad de minimizar los errores durante su ejecución.
- La adecuada condición física y mental. Lo cual le permitirá movimientos corporales adecuados y tener la suficiente concentración para efectuar la inspección de forma segura.
- No exponer la integridad física durante la inspección.
- Realizar una cantidad de trabajo adecuada, a fin de minimizar la fatiga al momento de efectuar la inspección en zonas de riesgo.
- Realizar las inspecciones más complicadas al principio de la jornada, con la finalidad de evitar que la fatiga física y mental jueguen un papel en contra de la seguridad.
- Utilizar las herramientas y equipos apropiados y de la forma adecuada.
- Realizar las inspecciones de forma conjunta, en general no dejar que los involucrados en la inspección trabajen de forma aislada.
- Reportar cualquier tipo de accidente o incidente, a fin de realizar un análisis de la situación y así evitar consecuencias mayores.
- Elaborar listas de chequeo para revisión de equipos y herramientas.
- Realizar una revisión periódica de los equipos y herramientas a utilizar, con el objeto de mantenerlos en buenas condiciones para su uso. Los equipos de seguridad como arnés, guantes, cuerdas, aparejos, cascos y otros que protegen la integridad física, deben ser revisados antes de cada inspección.
- Mantener el vehículo de transporte en buenas condiciones (revisar diariamente fluidos, luces y llanta de refacción).
- No portar en el cuerpo objetos innecesarios para la inspección, como anillos, cadenas, pulseras u otros.
- Si se está inspeccionando un paso superior (existe tráfico en un nivel inferior), todas las herramientas deben estar sujetas al cuerpo, con el fin de evitar la caída de algún objeto a los vehículos que transitan en el nivel inferior.

Generalmente las estructuras de los puentes están a la vista, pero en muchos casos, debido a la magnitud de las estructuras, será imposible la observación detallada sin los medios auxiliares de acceso a los distintos puntos de la misma.

Dentro de los medios auxiliares que facilitan la aproximación y seguridad del personal de la inspección a las distintas partes de la estructura, deberán incluirse

desde los medios básicos, casco, cinturones de seguridad, escaleras, etc., hasta los sistemas muy complejos, como las pasarelas y canastillas desarrolladas para la inspección de puentes, pasando por sistemas integrados en la propia estructura, como pasarelas metálicas, agujeros de acceso a pilas huecas y escaleras de acceso a vigas cajón en puentes.

La cara inferior del tablero, es la zona donde suelen concentrarse la mayoría de los problemas, y para salvar la dificultad del acceso, es necesario contar con medios auxiliares que permitan realizar la auscultación en las máximas condiciones de seguridad para el equipo humano que realiza el trabajo, con la mínima interrupción de la funcionalidad de la vía en la que se encuentra la estructura.

Compete al ingeniero inspector, verificar que el personal a su cargo realice su trabajo, con las medidas de seguridad y salubridad mínimas exigibles, conforme a la normativa vigente.

Al llegar al sitio de trabajo, se deberá buscar un lugar para estacionar la unidad de transporte y el resto de los vehículos involucrados en la inspección, de forma que no estorbe la circulación o signifique un riesgo para los usuarios del camino.

Previo al inicio de los trabajos, deberá realizarse la colocación del señalamiento de seguridad provisional, el cual deberá cumplir con lo establecido en la normatividad vigente de la SCT; en caso de requerirse, se emplearán bandereros y equipo de comunicación. El número y tipo de elementos de señalamiento a utilizar, queda bajo completa responsabilidad del inspector, quien deberá analizar la zona de los trabajos y revisar la estrategia de la inspección, a fin de determinar el señalamiento, considerando el volumen de tránsito, la hora de realización de los trabajos y su duración.

Como primera actividad de la inspección, se debe verificar la ubicación y nombre del puente programado para su inspección y, una vez confirmados los datos, se deberá realizar un recorrido para ubicar los diferentes elementos de la estructura, así como evaluar la dificultad de acceso a cada uno de ellos, con miras a definir con claridad la ejecución de los diferentes estudios o pruebas que se vayan a realizar.

Se debe tomar: una fotografía de identificación del puente, otra panorámica del contexto general y otra de acceso al puente.

La maquinaria, vehículos y equipo que se utilice en la inspección, deberá contar con la identificación adecuada y tener adherido el logotipo de la empresa responsable de la inspección, durante todo el tiempo que duren los trabajos del servicio; así mismo, su personal deberá contar con uniforme, botas, casco y chalecos reflejantes para su protección.

No se podrá arrojar al río o vialidad, producto alguno empleado o resultante de la ejecución de los trabajos, por lo que el responsable de la inspección deberá procurar mantener limpia el área de trabajo;

No se podrá interrumpir completamente la circulación del tránsito sobre el puente ni en la carretera, por lo que en caso de requerirse, se podrá trabajar cerrando uno de los sentidos de circulación, o la mitad de los carriles, en caso de ser de un solo sentido, bandeando el tránsito por el otro, previa solicitud y autorización por parte de la administración responsable correspondiente.

Finalmente, debe asegurarse que todas las partes del puente hayan sido inspeccionadas, y que la documentación del levantamiento de información se encuentra completa y correctamente formulada.

## 8.2 Brigada de Inspección.

Para llevar a cabo este tipo de inspecciones, se requiere de una plantilla básica de personal profesional, técnico y de apoyo logístico, la plantilla básica deberá estar integrada al menos por el siguiente personal:

Cantidad	Puesto
1	Jefe de Inspección
1	Ingeniero Topógrafo
2	Ingenieros Auxiliares Técnicos de Inspección
2	Ingenieros de Apoyo Logístico
2	Auxiliares generales.

Dependiendo de las pruebas o estudios a realizarse, se deberá contar con especialistas suficientes y con los conocimientos y experiencia adecuados para cada uno de ellos, pueden ser requeridos:

- Ingeniero Especialista en Estructuras
- Ingeniero Especialista en Hidráulica.
- Ingeniero Especialista en Geotecnia.
- Ingeniero Especialista en Hidrología
- Especialistas para Inspección Subacuática
- Especialistas para Inspección en Altura

**Ingeniero Jefe de Inspección.-** Será el responsable directo de la realización y cumplimiento de los trabajos en campo y gabinete. Deberá ser un ingeniero civil titulado, contar con los conocimientos sólidos en diseño, evaluación y/o inspección de puentes, tener conocimiento de los materiales y el comportamiento estructural

de sus elementos y tener experiencia mínima de cinco años en el sector público o privado en la ejecución de trabajos relacionados con:

- Inspecciones visuales o preliminares de puentes
- Inspecciones detalladas de puentes
- Proyectos de reparación de puentes
- Instrumentación o monitoreo de puentes

Su participación se enfocará principalmente a coordinar en campo toda la logística y realización de los trabajos de inspección de las estructuras, y las actividades de los diferentes profesionales y técnicos que participarán. En la detección de daños importantes, será el responsable de la evaluación y diagnóstico de los mismos, así como de la definición de las posibles soluciones y de los alcances de los estudios y proyectos necesarios para su correcta reparación. Será el responsable del personal que participa en la ejecución de los trabajos de campo, así como del contenido técnico de los reportes de inspección. En los trabajos de campo es obligada su presencia de manera permanente.

El Ingeniero Jefe de Inspección deberá acreditar que cuenta con su firma electrónica avanzada (fiel). Así mismo, deberá tener conocimiento para llevar a cabo todas las actividades relacionadas con la Bitácora Electrónico de Obra Pública.

**Ingeniero Auxiliar Técnico de Inspección.-** Será el responsable de asistir de forma directa al jefe de la inspección, para la realización y cumplimiento de los trabajos en campo; deberá ser un ingeniero civil titulado, contar con los conocimientos básicos en diseño, evaluación y/o inspección de puentes, tener conocimiento de los materiales y el comportamiento estructural de sus elementos y tener experiencia mínima de 2 años en el sector público o privado en la ejecución de trabajos relacionados con:

- Inspecciones visuales o preliminares de puentes
- Inspecciones detalladas de puentes
- Proyectos de reparación de puentes

Su participación se enfocará principalmente a apoyar en campo toda la logística y realización de los trabajos de inspección de las estructuras. En la detección de daños importantes, será el encargado de registrar la información relativa a la evaluación y diagnóstico de los mismos.

**Ingeniero de Apoyo Logístico.-** Será el apoyo técnico en los diversos conceptos del servicio donde sea requerido. Deberá ser un ingeniero civil titulado o pasante con o sin experiencia, con los conocimientos básicos de estructuras y especialmente de puentes.

**Auxiliar General.-** Será el apoyo manual en los diversos conceptos del servicio donde sea requerido. Deberá ser el personal adecuado para realizar trabajos en general y conducir el vehículo de inspección.

Los diversos especialistas que complementarán la brigada serán los responsables de revisar las diferentes condiciones del puente y sus diferentes componentes, de acuerdo con su especialidad; serán los encargados del análisis de las condiciones de los taludes, cortes y posibles fallas en la barranca o cañada que se está cruzando, condiciones del cauce, área hidráulica, condición estructural, etc., deberán ser ingenieros civiles titulados; tener experiencia mínima de cinco años en el sector público o privado en la ejecución de estudios hidráulicos, hidrológicos, geotécnicos, geológicos o de mecánica de suelos, según corresponda.

Los trabajos de campo se complementaran con el apoyo de los laboratorios necesarios para el análisis y determinación de las propiedades de las muestras que se recopilen en campo. Todos los laboratorios deberán contar con la calificación y aprobación de acuerdo a la norma **N-CAL-2-05-001/05** relativa al control y aseguramiento de la calidad.

Deben considerarse los siguientes laboratorios:

**Laboratorio de Materiales:** deberá estar certificado ante las autoridades u organismos correspondientes.

**Laboratorio de Mecánica de Suelos:** deberá estar certificado ante las autoridades u organismos correspondientes.

### 8.3 Equipamiento Básico Necesario.

Para efectuar las inspecciones, se requieren como mínimo, sin ser limitativo, los siguientes equipos y/o herramientas:

#### a) Equipo de seguridad

- Arnese
- Botas
- Botiquín de primeros auxilios
- Casco
- Cinturón de herramientas
- Cuerdas de seguridad
- Gafas de protección
- Chalecos reflejantes
- Chalecos salvavidas



#### b) Herramientas para Limpieza

- Cepillo de alambre
- Martillo de alpinista
- Pala plana
- 

#### c) Equipos para ayuda visual

- Binoculares
- Crayones o gises
- Drones
- Endoscopios
- Espejos de inspección
- Grietómetros
- Lámpara sorda
- Lapiceros
- Lupas micrométricas
- Medidor de espesor de pintura
- Nivel de mano
- Plomadas
- Termómetro
- Tinte penetrante
- Vernier



#### d) Herramientas para documentación

- Cámaras fotográficas y/o de video
- Libreta de campo
- Formatos para inspección

#### e) Herramientas para acceso

- Brazo mecánico para acercamiento (Snooper)



- Canastillas
- Escaleras
- Pasarelas
- Poleas



### f) Herramientas para actividades diversas

- Martillo ligero
- Caja de herramientas (llaves, desarmadores, pinzas)
- Navaja de bolsillo
- Radios de intercomunicación (walkie-talkies)

### g) Dispositivos de señalamiento:



- Banderas
- Conos de plástico
- Luces de seguridad
- Trafitambos
- Triángulos reflejantes



### h) Equipo de medición y topografía:

- Cintra métrica de 5,20 y 50 m
- Distanciómetro
- Estación total
- Estadales y estacas
- Gps
- Nivel



**Acciones de campo y estudios especializados que se pueden considerar para los diferentes elementos de un puente, de acuerdo a la problemática que presenten:**

#### **8.4 Superficie de Rodamiento.**

Se deberán ejecutar las acciones indicadas en lo prescrito en la sección 7.4 de inspección de puentes especiales y adicionalmente:

Levantamiento Topográfico.

Este levantamiento se realizará en una longitud de 200 m antes y 200 m después del puente, en todo el ancho del derecho de vía, se indicaran todos los obstáculos, instalaciones, colindancias y accidentes topográficos que permitan dar al proyectista las condiciones reales del lugar en estudio, el levantamiento deberá estar referenciado al banco de nivel ubicado en un lugar accesible e inamovible, que permita realizar el trazo del proyecto en campo, también se harán todas las referencias del levantamiento topográfico, perfil por el eje del trazo y secciones transversales, se debe de realizar una planta geométrica de la estructura y accesos con su correspondiente corte elevación por el eje del camino. El responsable del levantamiento deberá entregar los registros de campo, los cálculos topográficos, la ubicación física del banco de nivel, plano de levantamiento topográfico (planta y perfiles) y los puntos de referencia del trazo.



## 8.5 Superestructura.

Se deberán ejecutar las acciones indicadas en lo prescrito en la sección 7.5 de inspección de puentes especiales y adicionalmente:

- Pruebas con esclerómetro.



- Extracción de Núcleos de concreto.



Estas pruebas tienen la finalidad de verificar la integridad estructural (calidad, características y propiedades) de los elementos de concreto que permitirán al proyectista determinar las causas, naturaleza y mecanismo de propagación de tales daños, lo cual se incluirá en el reporte final de los trabajos realizados.



### 8.6 Subestructura.

Se deberán ejecutar las acciones indicadas en lo prescrito en la sección 7.6 de inspección de puentes especiales y adicionalmente:

- Pruebas de verticalidad en pilas y estribos para detectar desplomes o hundimientos.
- Pruebas con esclerómetro.



- Extracción de Núcleos de concreto.



### 8.7 Cimentación.

Se deberán ejecutar las acciones indicadas en lo prescrito en la sección 7.7 de inspección de puentes especiales y adicionalmente pueden requerirse:

- Pruebas con esclerómetro.
- Extracción de Núcleos de concreto.

Verificación de la profundidad de desplante.



La verificación de la profundidad de desplante de la cimentación, podrá realizarse a través de perforaciones sobre la zapata las cuales atravesarán el cuerpo de la cimentación hasta encontrar el suelo de desplante, Otra alternativa es realizar excavación con maquinaria, paralela al paramento de la cimentación.

Estudio de Mecánica de Suelos.

Este estudio consistirá, en efectuar sondeos profundos con equipo de perforación adecuado, en la zona de la obra para determinar la estratigrafía y propiedades del suelo, para la obtención de los elementos correspondientes para efectuar la revisión de la cimentación. En una longitud promedio de acuerdo a la profundidad de desplante conocida o estimada, los cuales estarán ubicados en la zona del cauce, y en sus accesos. Así también se realizaran pozos a cielo abierto con una profundidad de 2 m. Para determinar la ubicación de estos pozos se recomienda efectuar una visita preliminar al sitio, con el propósito de realizar un reconocimiento del área y ubicar los puntos donde se realizarán los sondeos exploratorios, la visita y ubicación deberán constar por escrito para que tenga procedencia su realización.



Se debe entregar un informe con los datos registrados, cálculos, gráficas, resultados, interpretación y conclusiones. Debe incluirse un reporte fotográfico.

Deberá de incluirse en su propuesta el saneamiento posterior de las excavaciones, procurando restituir las condiciones iniciales, se deberán especificar las acciones para realizar esta restitución.

Los trabajos de laboratorio tendrán las siguientes características:

De acuerdo con la estratigrafía encontrada en la exploración y muestreo de campo, se elaborará un programa de ensayos de laboratorio, suficiente para clasificar el suelo y obtener sus parámetros para el diseño geotécnico de la cimentación y el acceso. Los ensayos se efectuarán de acuerdo a las normas ASTM.

Todas las muestras recuperadas en los trabajos de exploración se identificarán y clasificarán conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y se les determinará con su contenido de agua.

A muestras representativas o alteradas de suelos típicos se les determinará:

- Límites de consistencia líquido y plástico en suelos arcillosos o limosos plásticos.
- Composición granulométrica por mallas para arenas y gravas.
- Porcentaje de finos para arenas finas, limos y/o arcillas.

En muestras inalteradas (arcilla o limo):

- Compresión no confinada.
- Compresión triaxial no consolidada-no drenada (UU).
- Compresión triaxial consolidada-no drenada (CU) (en su caso).
- Compresión triaxial consolidada-drenada (CD) (en su caso).
- Consolidación unidimensional.

- Peso volumétrico en su estado natural.
- Peso específico relativo de sólidos.
- Resistencia al corte directo.

De los núcleos de roca se obtendrá:

- Clasificación geológica.
- Índice de calidad de la roca (RQD).
- Compresión simple.

Todas las muestras obtenidas se les harán las pruebas necesarias para conocer con detalle la estratigrafía del subsuelo, como son clasificación manual y visual según SUCS, contenido de agua, límites de consistencia y densidad de sólidos.

Con la información anterior se formará la columna estratigráfica de cada sondeo y elaborará el perfil o corte estratigráfico y se programarán las pruebas necesarias para determinar los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo.

Los trabajos de gabinete tendrán el siguiente desarrollo:

Se formará un corte estratigráfico del subsuelo, correlacionando los resultados obtenidos de los sondeos realizados, las propiedades de resistencia al esfuerzo cortante y deformabilidad de los principales depósitos, se dibujarán e interpretarán los resultados de las pruebas y se presentarán en forma gráfica para su interpretación y estudio.

El cuerpo del informe contendrá los siguientes conceptos:

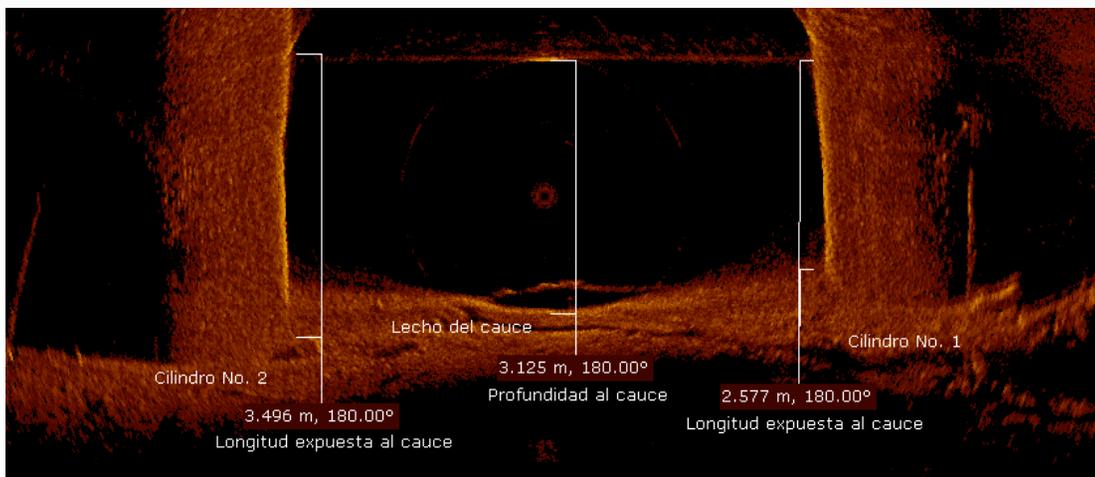
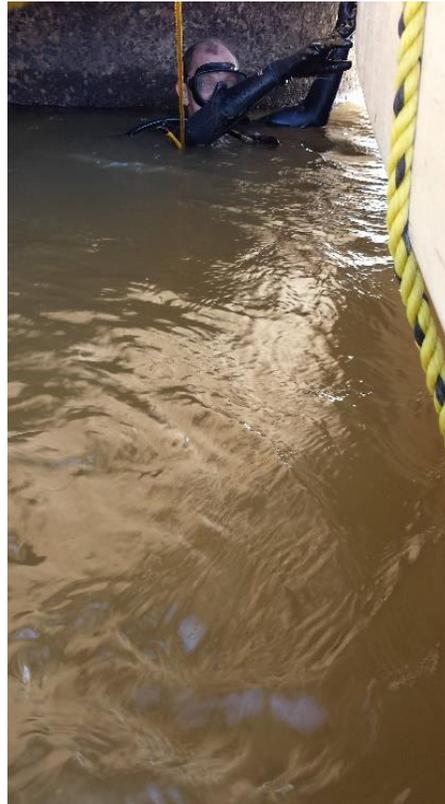
- Localización de los sondeos.
- Estratigrafía y propiedades índice y mecánicas del subsuelo.
- Columnas estratigráficas de los sondeos realizados y perfil o corte estratigráfico.
- Interpretación de sus propiedades de resistencia y compresibilidad.
- Determinación de los módulos de reacción de los suelos.
- Informe técnico con los resultados de campo, laboratorio y gabinete.

Inspección Subacuática.

La inspección se efectuara en todas las pilas que se encuentren sumergidas y se deberán revisar todas y cada una de las caras de la estructura que se encuentre sumergida, en base a la turbiedad del agua se realizaran videos y toma de fotografías lo más nítida posible, tal que se alcance a determinar las condiciones del elemento, así como verificación al tacto de la cimentación.

Esta inspección se desarrollara por personal de buceo que cuente con todos los aditamentos necesarios además se deberá de medir la sección del pilote, esta medición se realizará a un metro por arriba del fondo marino y en la zona de mareas.

Se deberá realizar un informe ejecutivo con sus respectivos soportes documentales, bibliográficos y un reporte fotográfico, dicho informe deberá contener un apartado en el cual se señalen las conclusiones que se obtengan después de la realización del estudio y la interpretación de resultados, así como las recomendaciones de reparación y/o reforzamiento avaladas por el coordinador del proyecto.



## 8.8 Dispositivos de Apoyo.

Se deberán ejecutar las acciones indicadas en lo prescrito en la sección 7.8 de inspección de puentes especiales y adicionalmente:

Se verificará si los dispositivos de apoyo presentan huellas de desplazamiento de su ubicación original, o si presentan expulsión de los materiales que los constituyen como pudiera ser el neopreno y/o teflón. Se verificará también si transmiten adecuadamente las cargas a la subestructura, y si presentan aplastamiento o deformaciones excesivas que resulten mayores a las permitidas por especificación.

Se medirá el desplazamiento de los apoyos relacionándolos con la temperatura ambiente y la temperatura de contacto de la estructura. Estas mediciones se efectuarán durante 3 periodos a lo largo del día para considerar las condiciones de temperatura y sus efectos sobre los dispositivos.

## 8.9 Elementos Complementarios y de Operación de la Estructura.

### Accesos

Losas de aproximación

Vincula la losa de calzada (rígida) con el suelo (flexible).

Establecidos el largo y ancho de la losa de acceso en metros, los criterios para su valoración del estado son los mismos que los indicados para el tablero.

Se deben inspeccionar y calificar taludes y obras de protección en los extremos del puente.

Se efectuará el levantamiento visual de daños en los accesos del puente entre otros aspectos deberán identificarse y cuantificarse agrietamientos, desprendimientos, fallas estructurales, roderas, baches, asentamientos, alisado de la superficie, etc.

Se deberá realizar un plano de levantamiento de daños indicando el porcentaje de deterioros detectados y su tipificación, así como sus posibles causas que les dieron origen y consecuencias en caso de que no se reparen.

### Gálibos.

Se deberán verificar los gálibos del puente por medio de distanciómetros o cintas métricas y determinar si sus dimensiones son las adecuadas de acuerdo a la norma y el tipo de servicio de la estructura.

### **Señalamiento.**

Se identificarán el señalamiento existente, así como el estado, legibilidad y visibilidad del mismo y si fuera el caso se deberá señalar si existen faltantes.

Asimismo se deberá indicar si es suficiente y adecuado para el tipo de estructura que se inspeccione.

### **Limitaciones al tránsito.**

Se identificará y reportará si existe alguna limitación del tránsito, y si esta es de carácter permanente o temporal con el fin de tener contemplada la existencia de la misma a la hora de efectuar los trabajos de mantenimiento.

En el caso de que la limitación de tránsito se refiera a la capacidad de tránsito y/o carga, en el reporte de inspección será necesario recomendar la evaluación de la misma. En este caso y dependiendo de la importancia de la estructura puede ser necesaria la ejecución de estudio de Ingeniería de Tránsito para determinar las capacidades operativas de la estructura

### **Otros estudios especializados que pueden ser requeridos son:**

#### **Levantamiento Topohidráulico.**

Se recomienda realizar un levantamiento sobre el cauce del río 200 m aguas arriba y 200 m aguas abajo, tomando como eje, el eje de trazo del puente, con seccionamientos a cada 20 m; para tal efecto se realizarán las siguientes actividades:

- Inicialmente se fijaran 2 puntos GPS con precisión mínima de 1 cm, que servirán para definir la orientación y el sistema de coordenadas UTM que se empleara para todo el levantamiento batimétrico.
- Se realizará un seccionamiento con estación total electrónica en las orillas del río en ambas márgenes a cada 20 metros de distancia, desde la superficie del agua definida para el NAMOC hacia fuera del cauce con una longitud de 20 m a cada lado. Para el trazo de las poligonales de apoyo se realizarán poligonales abiertas seccionadas y niveladas a cada 20 metros, siendo estos puntos los que servirán como estación de sección transversal, tanto de batimetría como topográfica. Para este fin se colocarán trompos sobre cada punto en las estaciones así trazadas, siendo la dirección de las secciones en forma perpendicular al eje del cauce del río. Para la propagación de niveles se establecerá un banco tomado de los apoyos del puente el cual pueda tener una mayor facilidad de identificación en campo, que se especificará claramente en los planos que se entreguen. Los resultados del seccionamiento serán mostrados en el plano de las secciones topográficas en forma conjunta con las secciones batimétricas.

- Sobre el camino se debe realizar el levantamiento topográfico en una distancia de 200 m a cada lado a partir del límite del puente, (incluyendo además el puente) en un ancho tal que se cubra por completo el derecho de vía, definiendo la geometría horizontal y vertical, el levantamiento se efectuara mediante secciones a cada 20 m, que consistirá en una planimetría y altimetría con curvas de nivel a cada 50 cm, indicándose en el mismo, todos los obstáculos, colindancias y accidentes topográficos que permitan dar al proyectista las condiciones reales del lugar en estudio; el levantamiento deberá estar referenciado al banco de nivel ubicado en un lugar accesible e inamovible, que permita realizar el trazo del proyecto en campo.
- Batimetría. La batimetría se realizará por medio de ecosonda digital hidrográfica, DGPS de precisión al decímetro y computadora de navegación con programas hidrográficos, que permita la programación de recorridos o líneas batimétricas.
- Las secciones batimétricas serán prolongación de las secciones terrestres de tal forma que permita construir el cauce del cuerpo de agua con sus orillas en forma integral.
- Planos batimétricos, en estos planos se representará la planta del puente con curvas de nivel a cada 0.5 m indicando en forma numérica cada elevación de los puntos sondeados. El plano incluirá el banco de nivel, el nivel de referencia, los parámetros geodésicos de la proyección cartográfica, la escala gráfica, simbología y croquis de localización.

### **Estudio Hidráulico o Hidrológico.**

Con la finalidad de determinar las características hidráulicas e hidrológicas de la corriente del cauce en estudio, se podrá realizar un estudio hidrológico. El estudio será realizado al menos por tres métodos estadísticos y/o semiempíricos según lo permita la calidad de la información recabada en el Servicio Meteorológico Nacional; (se recomienda usar el programa HEC–HMS), este estudio definirá el Gasto pico para una tormenta de 200 años de período de retorno.

Para este estudio se utilizará toda la información disponible de la zona, como ubicación y mediciones de estaciones hidrométricas, pluviométricas, etc., así como datos de la operación de presas y otras obras hidráulicas que tengan influencia en la corriente. Si la información recabada lo permite, se aplicarán métodos estadísticos; en caso contrario se utilizarán métodos que relacionen la lluvia con el escurrimiento, o bien se utilizarán métodos de comparación de cuencas.

El gasto de diseño será elegido entre el obtenido con el estudio hidráulico o el determinado con el estudio hidrológico, dependiendo de la confianza que se tenga a cada uno de ellos.

Se presentará la memoria de cálculo detallada del estudio hidrológico, cuyos resultados más relevantes se vaciarán en un Informe Especial, también deberán incluirse todos los planos y croquis necesarios para su comprensión.

### **Medición del potencial catódico.**

En estructuras metálicas o tuberías de acero enterradas y/o sumergidas que están expuestas a los efectos de la corrosión externa como consecuencia del proceso electroquímico, que ocasionan el flujo de iones del metal de la tubería al electrolito que la rodea.

Con el propósito de mantener la integridad de los pilotes enterrados y/o sumergidos, se debe cumplir con los programas de inspección y mantenimiento periódico de los elementos que conforman los sistemas de protección catódica.

Durante las etapas de implementación, pruebas de campo, construcción, puesta en operación y seguimiento de la efectividad de los sistemas de protección catódica de tuberías enterradas y/o sumergidas, se deben realizar estudios que involucren la medición de variables eléctricas tales como:

- 1) medición del potencial de la estructura protegida para verificar que el criterio termodinámico de inmunidad se cumple en todos los puntos, es decir verificación del potencial crítico.
- 2) medición del potencial de todos los ánodos de sacrificio, para verificar su buen comportamiento (la ausencia de polarización excesiva)
- 3) efectuar un registro de las mediciones.
- 4) si fuera el caso informar si es necesario la reparación, reemplazo o ajuste de componentes del sistema de protección catódica;

Se deben efectuar mediciones de potenciales tubo/suelo a lo largo de la trayectoria del pilote en cuatro puntos.

### **Modelo matemático calibrado del puente.**

En base a los datos obtenidos en geometría de proyecto: la inspección detallada del puente; la geometría general y las dimensiones de los elementos estructurales; el levantamiento de daños; las pruebas a los materiales y la determinación de los espesores de carpeta asfáltica, se elaborará un modelo matemático calibrado mediante un programa de análisis estructural reconocido que permita realizar una revisión estructural del puente, o simular diversas condiciones hipotéticas de carga sobre el mismo para observar su respuesta ante las mismas lo que ayudará a determinar los proyectos ejecutivos de reparación que correspondan.

Se podrá efectuar un análisis de elemento finito detallado que permita revisar los esfuerzos actuantes. Dependiendo de la precisión de los resultados obtenidos con el modelo del puente, podría ser necesario generar otros modelos matemáticos a

partir del primero para revisar con más detalle zonas con concentraciones de esfuerzos grandes. Los datos obtenidos de este análisis servirán para desarrollar el proyecto constructivo.

### **Desarrollo del Proyecto Ejecutivo de Reparación o Reconstrucción.**

Dentro de este concepto se deberá considerar la ejecución de al menos dos alternativas de solución, las cuales deberán presentarse para que se analicen y evalúen detalladamente. Cada alternativa se deberá de presentar con un informe conceptual del anteproyecto, su justificación técnica, el tiempo de ejecución, el procedimiento constructivo, la viabilidad técnica y económica de la alternativa de solución, la secuencia lógica de las actividades para el desarrollo del proceso constructivo, considerando que deberán de evitarse al máximo las interrupciones al tránsito ya que eso demerita el servicio que debe de brindarse a los usuarios de la carretera.

Como parte final de una inspección detallada de desarrollará el proyecto ejecutivo de reparación de la estructura y sus accesos. El proyecto ejecutivo de reparación, mejoramiento o reconstrucción de la estructura y sus accesos, deberá ser desarrollado conforme y con apego a la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la SCT para el diseño de puentes; y/o las que resulten aplicables; deberá contener la volumetría, memorias de cálculo, el procedimiento constructivo, las normas y especificaciones técnicas, y todo lo que comprende un proyecto ejecutivo completo y suficientemente detallado para su correcta ejecución. Este proyecto deberá incluir la reparación de los elementos que se encuentren dañados o en peligro de falla.

Los planos que integran el proyecto de reforzamiento, sustitución, ampliación y/o reparación de la estructura de manera enunciativa pero no limitativa deberán contener:

- Plano general; en el que se muestre de manera general y explícita los trabajos por ejecutarse.
- Planta constructiva complementaria con la simbología indicada.
- Plano de secciones constructivas.
- Planos de detalles de cada uno de los trabajos que se requieran.
- Planos de señalamiento de obra y de señalamiento definitivo.
- Planos en 3D del Puente y detalles de reparación.
- Una carpeta conteniendo, en original, la memoria de cálculo del proyecto.
- Cantidades de obra y trabajos por ejecutar.

Además de lo anterior, el proyectista deberá realizar el procedimiento constructivo de la solución aprobada para lo cual deberá desarrollarla en etapas, indicando en cada una de ellas con esquemas (croquis) a escala cada una de las actividades a realizar.

En el procedimiento se deberá indicar el señalamiento necesario de obra, por cada una de las etapas, hasta que se concluya el trabajo, dicho señalamiento deberá cumplir con lo establecido en el *Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras*, editado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes y la normatividad N.PROY.CAR.10.03.001 *Ejecución de Proyectos de Señalamiento y Dispositivos para Protección de Obras.NOM-034-SCT2-2003, Señalamiento Horizontal Y Vertical de Carreteras y Vialidades Urbanas*.

Es conveniente aclarar que en esta especificación se deberá incluir el proyecto de desvíos que serán utilizados mientras se ejecuta la obra, el proyecto considerará los trabajos que sean necesarios de terracerías, obras de drenaje, pavimentos y señalamiento vertical y horizontal así como de protección de obra y de obras inducidas, para evitar lo más posible que el tránsito de la autopista se vea afectado durante el tiempo que dure la obra.



# APÉNDICE “A”



Tabla 4.5. Criterios para la calificación de Losas de concreto Reforzado.

\*Todas las losas de concreto reforzado de los puentes, independientemente de la superficie de rodamiento o los sistemas de protección.

Aspectos	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
<b>Delaminación / desconches</b>	Cuando la condición estructural se encuentra colapsada o cuando la capacidad del servicio del elemento es nulo y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios.	Mayor que 2.5 cm de profundidad o más de 15 cm de diámetro, pero que requiera revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Mayor que 2.5 cm de profundidad o más de 15 cm de diámetro pero que no requiere revisión estructural	2.5 cm o menos de profundidad o 15 cm o menos de diámetro.	Ninguno	Ninguno (Nueva)
<b>Refuerzo Expuesto</b>		Presencia con pérdida de sección medible y que requiera revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Presencia con pérdida de sección medible pero no es necesaria una revisión estructural.	Leve presencia del refuerzo expuesto por lo que no es posible su medición.	Ninguno	Ninguno (Nueva)
<b>Eflorescencia</b>		Fuerte acumulación y manchas de óxido en la mayor parte del elemento.	Acumulación y manchas de óxido.	Superficie blanca sin acumulación o lixiviación, sin manchas de óxido.	Ninguna	Ninguna (nueva)
<b>Agrietamiento</b>		Grietas mayores de 1.3mm, espaciadas a menos de 30cm y dependiendo de su origen y dirección requieran para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Grietas mayores de 1.3mm, o espaciadas a menos de 30cm	Grietas de 0.3 a 1.3mm, o espaciadas de 30 a 90cm.	Fisuras menores a 0.3mm, o espaciadas a más de 90cm.	Ninguna
<b>Desgaste/abrasión</b>		El agregado grueso está suelto o se ha desprendido del concreto debido a la abrasión o el desgaste	La abrasión o el desgaste han expuesto el agregado grueso y el agregado no está seguro en el concreto.	La abrasión o el desgaste han expuesto el agregado grueso, pero el agregado permanece seguro en el concreto.	Ninguno	Ninguno (nueva)
<b>Daño por Impacto</b>		El elemento tiene daño por impacto. El daño afecta el funcionamiento estructura del puente y es necesario realizar una revisión estructural.	El elemento tiene daños por impacto pero que no afectan estructuralmente al elemento.	El elemento tiene pequeños daños por impacto	Ninguno	Ninguno (Nueva)

Las superficies superior e inferior de la plataforma que no son visibles para inspección se evaluarán en función de la superficie visible disponible. Si las superficies superior e inferior no son visibles, la condición se evaluará en base a pruebas o indicadores destructivos y no destructivos en los materiales que cubren las superficies.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation, 2015.

Tabla 4.6. Criterios para la calificación de junta superior (**Top Flange**) de piezas de concreto Pretensado con losas o diafragmas.

\*Parte superior de las vigas de puentes pretensadas donde la carga viva se desplaza directamente sobre el elemento estructural independientemente de la superficie de rodamiento. Como las vigas "T" con cubierta de bulbo, Vigas cajón y vigas que requieren que el tráfico circule por la parte superior de estas.

Aspectos	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
<b>Delaminación/ desconches</b>	Cuando la condición estructural se encuentra colapsada o cuando la capacidad del servicio del elemento es nulo y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios.	Mayor que 2.5 cm de profundidad o más de 15 cm de diámetro, pero que requiera revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Mayor que 2.5 cm de profundidad o más de 15 cm de diámetro pero que no requiere revisión estructural	2.5 cm o menos de profundidad o 15 cm o menos de diámetro.	Ninguno	Ninguno (Nueva)
<b>Refuerzo Expuesto</b>		Presencia con pérdida de sección medible y que requiera revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Presencia con pérdida de sección medible pero no es necesaria una revisión estructural.	Leve presencia del refuerzo expuesto por lo que no es posible su medición.	Ninguno	Ninguno (Nueva)
<b>Acero de refuerzo expuesto</b>		Presencia con pérdida de sección y que requiera revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Presencia con pérdida de sección pero no es necesaria una revisión estructural	Leve presencia sin pérdida de sección	Ninguno	Ninguno (Nueva)
<b>Eflorescencia</b>		Fuerte acumulación y manchas de óxido en la mayor parte del elemento.	Acumulación y manchas de óxido.	Superficie blanca sin acumulación o lixiviación, sin manchas de óxido.	Ninguna	Ninguna (nueva)
<b>Agrietamiento</b>		Grietas anchas no selladas o grietas de patrón pesado (mapeo) sin sellar.	Grietas de ancho moderado no selladas o grietas de patrón moderado (mapeo) sin sellar	Grietas de ancho moderado selladas o grietas de patrón moderado (mapeo) selladas	Fisuras insignificantes y grietas de 0.3mm que han sido selladas.	Ninguna
<b>Desgaste/abrasión</b>		El agregado grueso está suelto o se ha desprendido del concreto debido a la abrasión o el desgaste	La abrasión o el desgaste han expuesto el agregado grueso y el agregado no está seguro en el concreto.	La abrasión o el desgaste han expuesto el agregado grueso, pero el agregado permanece seguro en el concreto.	Ninguno	Ninguno (nueva)
<b>Daño por Impacto</b>		El elemento tiene daño por impacto. El daño afecta el funcionamiento estructura del puente y es necesario realizar una revisión estructural.	El elemento tiene daños por impacto pero que no afectan estructuralmente al elemento.	El elemento tiene pequeños daños por impacto	Ninguno	Ninguno (Nueva)

Las superficies superior e inferior de la plataforma que no son visibles para inspección se evaluarán en función de la superficie visible disponible. Si las superficies superior e inferior no son visibles, la condición se

evaluará en base a pruebas o indicadores destructivos y no destructivos en los materiales que cubren las superficies.

El inspector debe considerar el ancho, el espaciado, la ubicación, la orientación y la naturaleza estructural o no estructural del agrietamiento. El inspector debe considerar la exposición y el medio ambiente al evaluar el ancho de fisura. En general, las fisuras de concreto pretensado de menos de 0.1mm pueden considerarse insignificantes y no se garantiza un defecto. Las fisuras que van de 0.1 a 0.3mm se pueden considerar moderadas, y las grietas mayores a 0.3mm se pueden considerar anchas.1

<sup>1</sup>Basada en el "Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation", 2015.

Tabla 4.7. Criterios para la calificación de Losas de Madera.

Aspectos	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
Conexión		Faltan pernos, remaches o sujetadores y es necesario una revisión estructural	Faltan pernos, remaches o sujetadores, pero no es necesario una revisión estructural	Hay sujetadores sueltos o moho, pero la conexión está en su lugar y funcionando según lo previsto	La conexión está correctamente ubicada y funciona según lo previsto.	Ninguno (Nueva)
Perdida de Sección	Cuando la condición estructural se encuentra colapsada o cuando la capacidad del servicio del elemento es nulo y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios.	Afecta más del 10% de la sección del miembro y es necesario una revisión estructural	Afecta más del 10% de la sección del miembro, pero no es necesario una revisión estructural	Afecta menos del 10% de la sección del miembro.	Ninguno	Ninguno (Nueva)
Abrasión/ Desgaste		Más del 10% de pérdida de la sección del elemento y es necesario una revisión estructural.	Más del 10% de pérdida de la sección del elemento, pero no es necesario una revisión estructural.	Pérdida de sección inferior al 10% del espesor del elemento.	Ninguna	Ninguna (nueva)
Grietas		Grietas identificadas que no se han detenido y es necesario una revisión estructural	Grietas identificadas que no se han detenido pero no es necesario una revisión estructural	Grietas que han sido detenidas.	Ninguna	Ninguna
Daño por Impacto		El elemento tiene daño por impacto. El daño afecta el funcionamiento estructura del puente y es necesario realizar una revisión estructural.	El elemento tiene daños por impacto pero que no afectan estructuralmente al elemento.	El elemento tiene pequeños daños por impacto	Ninguno	Ninguno (Nueva)

Las superficies superior e inferior de la plataforma que no son visibles para inspección se evaluarán en función de la superficie visible disponible. Si las superficies superior e inferior no son visibles, la condición se evaluará en base a pruebas o indicadores destructivos y no destructivos en los materiales que cubren las superficies.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation, 2015.

Tabla 4.8. Criterios para la calificación de Juntas de expansión.

Aspectos	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
Filtración	Flujo de agua libre, Las filtración cubre toda la pared frontal y el cabezal.	Excesivo, Se observan filtraciones en más del 50% del muro y el cabezal.	Moderado, se observan filtraciones en menos del 50% del muro y cabezal.	Mínimo, se observan pocas filtraciones en algunas partes de los asientos del puente	Ninguna	Ninguna (Nueva)
Daño del Sello	Está completamente extraído o perdido, los vehículos deben reducir la velocidad antes de la junta.	Se observan deformaciones y/o algunas partes se han perdido.	Se observan pequeñas deformaciones y/o el sello parcialmente rasgado o desprendido	Se observan pequeñas deformaciones y/o abrasión del sello	Ninguna	Ninguna (Nueva)
Movimiento	Movimiento excesivo, los vehículos deben reducir la velocidad antes de la junta.	Algunas partes se mueven considerablemente y se escuchan sonidos fuertes.	se observan movimientos moderados en algunas partes y se escuchan sonidos	Se observan pequeños movimientos	Ninguno	Ninguno (nueva)
Daño del Metal	Delaminación, daño por impacto, áreas mal reparadas, no funciona adecuadamente.	Faltan sujetadores o están rotos, agrietamiento en metal o daño por impacto, pero sigue funcionando	El metal no tiene grietas ni daños por impacto. Las conexiones pueden estar sueltas pero funcionan adecuadamente	El metal no tiene grietas ni daños por impacto. Las conexiones están en buen estado	Ninguno	Ninguno (Nueva)
Obstrucción/ Escombros	Completamente lleno y no permite la libre circulación del movimiento.	Completamente lleno	El 70% del elemento se encuentra lleno de escombros.	parcialmente lleno de escombros pero se permite la libre circulación	Sin escombros o muy pocos escombros sueltos	Ninguno (Nueva)

Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation, 2015.

Tabla 4.9. Criterios para la Calificación de la Superficie de Rodamiento (pavimento).

Aspectos	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
<b>Grietas</b>	Se observan grietas en forma de red y hay desprendimiento del concreto Asfáltico.	Se observan grietas en forma de red	El espesor de las grietas es de 5 a 10 mm	Las grietas son visibles a simple vista, pero el espesor es menor de 5mm.	Apenas perceptible	Ninguna (Nueva)
<b>Baches</b>	La profundidad del bache es mayor de 50mm y/o es necesario disminuir excesivamente la velocidad para esquivar el bache.	La profundidad del bache es mayor de 50mm	La profundidad del bache esta entre 20 y 50 mm y/o con un radio de 30 a 90cm	La profundidad del bache es menor que 20 mm y/o un radio menor de 30cm	Ninguno	Ninguno (Nueva)
<b>Ondulaciones y Surcos</b>	Es necesario disminuir excesivamente la velocidad para pasar la ondulación	La ondulación tiene más de 4 cm de profundidad	La ondulación tiene una profundidad entre 2 y 4 cm	La ondulación tiene una profundidad menor a 2cm.	Apenas perceptible	Ninguno (nueva)
<b>Otro Daño</b>	Se observan más de una sobre capa	No aplica	No aplica	Se observa una sobre capa	Ninguno	Ninguno (Nueva)

Manual de Inspección de Puentes, Ministro de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2007.

Tabla 4.10. Criterios para la calificación de Parapetos metálicos.

Aspectos	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
Deformación	Deformación mayor a 20 cm y que ponen en riesgo la seguridad de los usuarios.	Deformaciones entre 10 y 20 cm	Deformaciones entre 5 y 10 cm	Deformación de aprox. 5cm	Deformaciones apenas perceptibles	Ninguna
Oxidación	Más del 50% de la superficie está cubierta de oxidación	el 50% del elemento está cubierta de oxidación	La oxidación es mayor y cubre más del 20% pero menos del 50% del elemento	La oxidación avanza pero es menos del 20% del elemento	Se observa principios de oxidación	Ninguna
Corrosión	Es evidente la pérdida de partes del elemento debido a la corrosión, pone en peligro la seguridad del usuario	Reducción de la sección del elemento	La corrosión ha ocasionado pequeños orificios en partes del elemento	La corrosión avanza en el elemento	Se observa principios de corrosión	Ninguna
Impacto	Falta más del 30% del elemento o las deformaciones son excesivas	Falta más del 10% pero menos del 30% de elemento o las deformaciones son mayores	Falta el 10% del elemento o presenta deformaciones considerables	Presenta abolladuras pequeñas	No aplica	Ninguno

Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation, 2015.  
Manual de Inspección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2007.



Tabla 4.11. Criterios para la calificación de Parapetos de concreto reforzado.

Aspectos	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
Delaminación/ desconches	Cuando la condición estructural se encuentra colapsada o cuando la capacidad del servicio del elemento es nulo y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios.	Mayor que 2.5 cm de profundidad o más de 15 cm de diámetro, pero que requiera revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Mayor que 2.5 cm de profundidad o más de 15 cm de diámetro o área restaurada incorrectamente, pero que no requieren revisión estructural	2.5 cm o menos de profundidad o 15 cm o menos de diámetro.	Ninguno	Ninguno (Nueva)
Refuerzo Expuesto		Presencia con pérdida de sección medible y que requiera revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Presencia con pérdida de sección medible pero no es necesaria una revisión estructural.	Leve presencia del refuerzo expuesto por lo que no es posible su medición.	Ninguno	Ninguno (Nueva)
Eflorescencia		Fuerte acumulación y manchas de óxido en la mayor parte del elemento.	Acumulación y manchas de óxido.	Superficie blanca sin acumulación o lixiviación, sin manchas de óxido.	Ninguna	Ninguna (nueva)
Agrietamiento		Grietas anchas o grietas con patrones tipo mapeo con dimensiones considerables	Grietas de ancho moderado sin sellar o grietas con patrón tipo mapeo	Fisuras insignificantes o grietas de ancho moderado que han sido selladas	Fisuras insignificantes	Ninguna
Daño por Impacto		El elemento tiene daño por impacto. El daño afecta el funcionamiento estructura del puente y es necesario realizar una revisión estructural.	El elemento tiene daños por impacto pero que no afectan estructuralmente al elemento.	El elemento tiene pequeños daños por impacto	Ninguno	Ninguno (Nueva)

El inspector debe usar el juicio al utilizar las definiciones de defectos del estado de la condición, especialmente para el agrietamiento del concreto.

Las definiciones de la descripción del defecto de la fisuración describe el daño generalizada, pero el inspector debe considerar el ancho, el espaciado, la ubicación, la orientación y la naturaleza estructural o no estructural de la fisuración.

El inspector debe considerar la exposición y el medio ambiente al evaluar el ancho de la grieta. En general, se pueden considerar fisuras de concreto reforzado de menos de 0.3mm

insignificantes. Las grietas que van desde 0.3 a 1.27 mm se pueden considerar moderadas, y las grietas mayores a 1.27mm se pueden considerar anchas.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation, 2015.

Tabla 4.12. Criterios para la calificación de Parapetos de madera.

Aspectos	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
Conexión	Cuando la condición estructural se encuentra colapsada o cuando la capacidad del servicio del elemento es nulo y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios.	Faltan pernos, remaches o sujetadores y es necesario una revisión estructural	Faltan pernos, remaches o sujetadores, pero no es necesario una revisión estructural	Hay sujetadores sueltos o moho, pero la conexión está en su lugar y funcionando según lo previsto	La conexión está correctamente ubicada y funciona según lo previsto.	ningún daño (Nueva)
Perdida de Sección		Afecta más del 10% de la sección del miembro y es necesario una revisión estructural	Afecta más del 10% de la sección del miembro, pero no es necesario una revisión estructural	Afecta menos del 10% de la sección del miembro.	Ninguno	Ninguno (Nueva)
Abrasión/Desgaste		Más del 10% de pérdida de la sección del elemento y es necesario una revisión estructural.	Más del 10% de pérdida de la sección del elemento, pero no es necesario una revisión estructural.	Pérdida de sección inferior al 10% del espesor del elemento.	Ninguna	Ninguna (nueva)
Grietas		Grietas identificadas que no se han detenido y es necesario una revisión estructural	Grietas identificadas que no se han detenido pero no es necesario una revisión estructural	Grietas que han sido detenidas.	Ninguna	Ninguna
Daño por Impacto		El elemento tiene daño por impacto. El daño afecta el funcionamiento estructura del puente y es necesario realizar una revisión estructural.	El elemento tiene daños por impacto pero que no afectan estructuralmente al elemento.	El elemento tiene pequeños daños por impacto	Ninguno	Ninguno (Nueva)

Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation, 2015.

Tabla 4.13. Criterios para la calificación de Barreras de Protección (metálicas) en accesos.

Aspecto	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
<b>Daño en Conexión</b>	Faltan la mayor parte de pernos, remaches o sujetadores; pone en riesgo la seguridad de los usuarios	Faltan la mitad de pernos, remaches o sujetadores en la barrera; pone en riesgo la seguridad de los usuarios	Faltan pernos, remaches o sujetadores; existe óxido pero no pone en riesgo la seguridad.	Se encuentran sujetadores flojos sin distorsión pero la conexión está en su lugar y funciona correctamente	La conexión entra en su lugar y funciona correctamente	Ninguno (nueva)
<b>Corrosión</b>	Es evidente la pérdida de partes del elemento debido a la corrosión, pone en peligro la seguridad del usuario	Reducción de la sección del elemento	La corrosión ha ocasionado pequeños orificios en partes del elemento	La corrosión avanza en el elemento	Se observa principios de corrosión	Ninguna
<b>Impacto</b>	Falta más del 30% del elemento o las deformaciones son excesivas	Falta más del 10% pero menos del 30% de elemento o las deformaciones son mayores	Falta el 10% del elemento o presenta deformaciones considerables	Presenta abolladuras pequeñas	No aplica	Ninguno

Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation, 2015.

Manual de Inspección de Puentes, Ministro de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2007.

Tabla 4.14. Criterios para la calificación de Trabes Metálicas.

Aspectos	Condición					
	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
Corrosión	Es evidente la pérdida de partes del elemento debido a la corrosión, pone en eminente peligro la seguridad de la estructura	La reducción de la sección es evidente y es necesario una revisión estructural.	La corrosión ha ocasionado reducción de la sección apenas apreciable.	La corrosión avanza en el elemento	Se observa principios de corrosión	Ninguna
Daño en Conexión (pernos)	Se observan más de 10 pernos, remaches o sujetadores faltantes y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios	Se observan pernos, remaches o sujetadores faltantes y dependiendo de la ubicación y concentración de la pérdida, es necesario una revisión estructural	Se observan entre 3 o 5 pernos, remaches o sujetadores faltantes (en general)	Se observan 2 o menos pernos, remaches o sujetadores faltantes (en general)	La conexión funciona correctamente y no se observan daños a simple vista.	Ninguno (nueva)
Deformación	Cuando la condición estructural es evidentemente riesgosa y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios.	La condición requiere una revisión estructural para determinar el efecto sobre la resistencia o capacidad del servicio del elemento	La deformación es apreciable pero no es necesario una revisión estructural.	La deformación es apenas perceptible	Ninguna	Ninguna (nueva)
Impacto	Cuando la condición estructural es evidentemente riesgosa y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios.	Presenta evidentes deformaciones por impactos, y es necesario su revisión estructural.	Presenta pequeñas deformaciones por impacto, pero no es necesario su revisión estructural.	No aplica	No aplica	Ninguno

Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation, 2015.  
Manual de Inspección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2007.

Tabla 4.15. Criterios para la calificación de Trabes de concreto reforzado.

Aspectos	A		B		C	
	0 Falla	1 Mala o defectuosa	2 Regular	3 Aceptable	4 Buena	5 Excelente
<b>Delaminación/ desconches</b>	Cuando la condición estructural se encuentra colapsada o cuando la capacidad del servicio del elemento es nulo y pone en eminente riesgo la seguridad de los usuarios.	Mayor que 2.5 cm de profundidad o más de 15 cm de diámetro, pero que requiera revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Mayor que 2.5 cm de profundidad o más de 15 cm de diámetro pero que no requiere revisión estructural	2.5 cm o menos de profundidad o 15 cm o menos de diámetro.	Ninguno	Ninguno (Nueva)
<b>Refuerzo Expuesto</b>		Presencia del refuerzo por pérdida de sección medible y que requiera revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Presencia del refuerzo por pérdida de sección, es medible pero no es necesaria una revisión estructural.	Leve presencia del refuerzo expuesto	Ninguno	Ninguno (Nueva)
<b>Eflorescencia</b>		Fuerte acumulación y manchas de óxido en la mayor parte del elemento.	Acumulación y manchas de óxido.	Superficie blanca sin acumulación o lixiviación, sin manchas de óxido.	Ninguna	Ninguna (nueva)
<b>Agrietamiento</b>		Grietas mayores de 1.3mm, espaciadas a menos de 30cm y dependiendo de su origen y dirección requieran de revisión estructural para determinar la resistencia o capacidad de servicio del elemento.	Grietas de 0.3 a 1.3mm, grietas con patrón tipo mapeo.	Grietas de 0.3 a 1.3mm que han sido selladas.	Fisuras menores a 0.3mm.	Ninguna
<b>Desgaste/abrasión</b>		El agregado grueso está suelto o se ha desprendido del concreto debido a la abrasión o el desgaste	La abrasión o el desgaste han expuesto el agregado grueso y el agregado no está seguro en el concreto.	La abrasión o el desgaste han expuesto el agregado grueso, pero el agregado permanece seguro en el concreto.	Ninguno	Ninguno (nueva)
<b>Daño por Impacto</b>		El elemento tiene daño por impacto. El daño afecta el funcionamiento estructura del puente y es necesario realizar una revisión estructural.	El elemento tiene daños por impacto pero que no afectan estructuralmente al elemento.	El elemento tiene pequeños daños por impacto	Ninguno	Ninguno (Nueva)

El inspector debe usar el juicio al utilizar las definiciones de defectos del estado de condición, especialmente para el agrietamiento del concreto. El inspector debe considerar el ancho, el espaciado, la ubicación, la orientación y la naturaleza estructural o no estructural de la fisuración.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bridge Inspection and Rating Manual Montana Department of Transportation, 2015.

Manual de Inspección de Puentes, Ministro de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2007. ■

# APÉNDICE “B”





Logo de la empresa que realiza la inspección

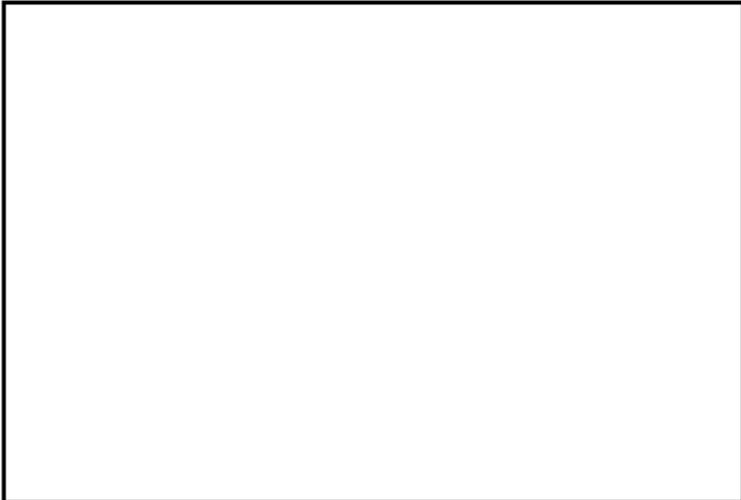
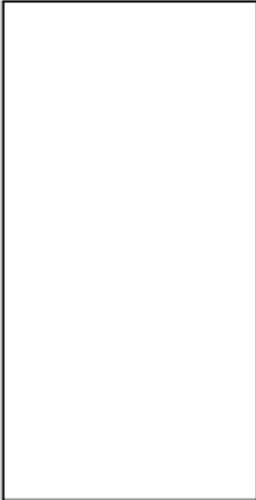
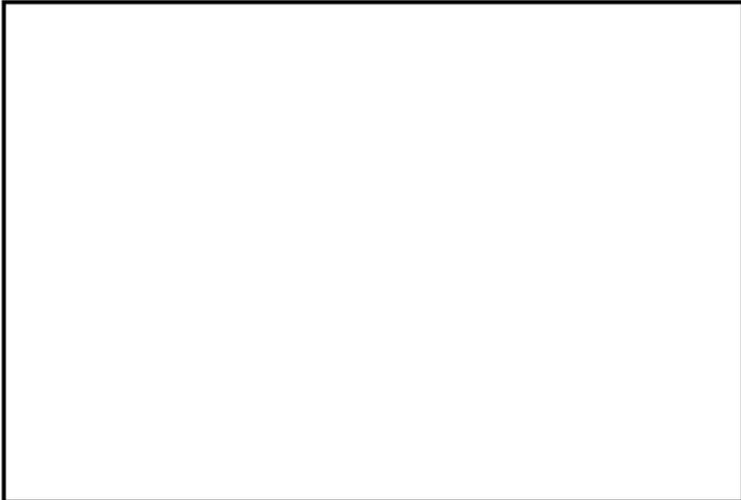
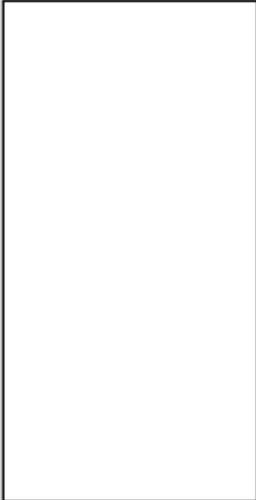
**5.1 FORMATO DE INVENTARIO**  
**SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES (SIAP)**

FECHA: \_\_\_\_\_  
DOMINGA

AUTOPISTA : \_\_\_\_\_ **MEXICO-PUEBLA** \_\_\_\_\_

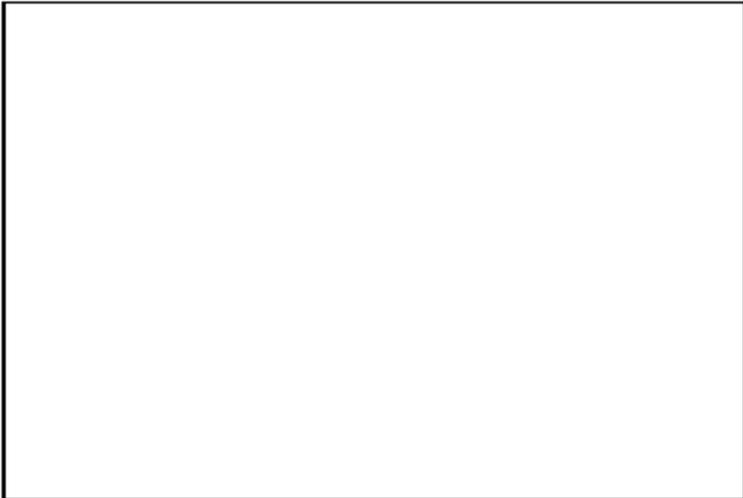
**5.1.1. DATOS GENERALES DEL PUENTE**

NUMERO DE PUENTE (4) _____ ENTIDAD FEDERATIVA (1) _____ NOMBRE DEL PUENTE (5) _____ KILOMETRAJE AL CENTRO DEL PUENTE (9) _____	
<b>TIPO DE ESTRUCTURA (13)</b>	
B.1. PUENTE <input type="checkbox"/>	B.7. PASO INFERIOR PEATONAL (PIP) <input type="checkbox"/>
B.2. VIADUCTO <input type="checkbox"/>	B.8. PASO INFERIOR GANADERO (PIG) <input type="checkbox"/>
B.3. PASO SUPERIOR VEHICULAR (PSV) <input type="checkbox"/>	B.9. PUENTE CANAL <input type="checkbox"/>
B.4. PASO INFERIOR VEHICULAR (PIV) <input type="checkbox"/>	B.10. PUENTE DUCTO <input type="checkbox"/>
B.5. PASO SUPERIOR DE FERROCARRIL (PSF) <input type="checkbox"/>	ENTRONQUE <input type="checkbox"/>
B.6. PASO INFERIOR DE FERROCARRIL (PIF) <input type="checkbox"/>	
<b>DATOS ESPECIALES DEL PUENTE</b>	
MUNICIPIO _____	
LOCALIDAD (2) _____	
AÑO DE CONSTRUCCION (6) _____	
NOMBRE DEL CONSTRUCTOR (7) _____	
SIGNIFICADO HISTORICO (11)	
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<b>DATOS VIALES</b>	
<b>RUTA SOBRE EL PUENTE</b>	
ORIGEN (3.1) _____	DESTINO (3.2) _____
OR. TRAMO (3.3) _____	DESTINO TRAMO (3.4) _____
KILOMETRAJE AL CENTRO DEL PUENTE (9) _____	
NUM DE CARRETERA (3.5) _____	
ORIGEN DEL CADENAMIENTO (10) _____	
COORDENADAS GEOGRAFICAS (8)	
LATITUD (8.1) _____	LONGITUD (8.2) _____

 SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		Logo de la empresa que realiza los trabajos
<b>5.2 INFORME FOTOGRAFICO DE INVENTARIO</b>		
Nombre del Puente _____ Kilometro _____ Autopista _____		Fecha: _____ dd/mm/aa
<b>5.2.1 Fotografía Panorámica de Identificación</b>	Foto No. <u>  1  </u>	Observaciones
		
<b>5.2.2 Fotografía Panorámica de Contexto</b>	Foto No. <u>  2  </u>	Observaciones
		





 <p><b>SCT</b> SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES</p>		Logo de la empresa que realiza los trabajos
<p><b>5.5 REPORTE FOTOGRÁFICO DE DAÑOS</b> <i>(Inspección Visual)</i></p>		
Nombre del Puente _____ Kilometraje _____ Autopista _____	Fecha: _____ dd/mm/aa	
Foto No. _____	Observaciones	
		
Foto No. _____	Observaciones	
		

## 10. FUENTES DE CONSULTA

- **Sistema de administración de puentes (SIAP).** Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica Núm. 49 (1994).
- **Manual para Inspección y Conservación de puentes tomo I y tomo II.** Dirección General de Servicios Técnicos Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1988).
- **Catálogo de Deterioros en Pavimentos Flexibles de Carreteras Mexicanas.** Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica Núm. 21 (1991).
- **Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México.** Dirección General de Servicios Técnicos Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2014).
- **Bridge Inspection and Rating Manual.** Montana Department of Transportation. (2015).
- **AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual.** American Association of State Highway and Transportation Officials. (2010).
- **Manual para Inspecciones Rutinarias de puentes y Alcantarillas en Servicio.** Gerencia Técnica Subgerencia de Estudios y Proyectos Departamento de Obras de Arte. (2007). Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, República de Argentina.
- **Mantenimiento y Reparación de Puentes de Concreto.** Ing. Francisco Aguilar Rodríguez Facultad de Ingeniería UNAM. (1998).
- **Puentes en México: Sistema de Gestión.** Francisco Javier Carrión Viramontes Instituto Mexicano del Transporte. Presentación de Power Point. 3 al 6 noviembre 2014.
- **Manual de Inspección de Puentes.** Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), República de Costa Rica.
- **Normas y métodos de la normatividad técnica de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.** 2000/2018
- **Pautas para la selección, diseño y detallado estructural de apoyos en puentes.** Ing. Carlos Rodríguez. Presentación de Power Point

- **Inspección, Mantenimiento y Rehabilitación de Daños en Puentes, Tipología de Daños en Puentes.** Ing. Adolfo Sánchez Sánchez Facultad de Ingeniería UNAM. (1996).
- **Sistemas de Gestión de Puentes, Optimización de estrategias de mantenimiento e Implementación en redes locales de carreteras.** Ing. Javier Martínez Cañamares. (2016).
- **Manual de Procedimientos.** Dirección General de Conservación de Carreteras Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2010).
- **Medidas eficientes en la Conservación de Puentes.** Ing. Luis Matute Rubio, Ing. Ignacio Pulido Sánchez VI Congreso Nacional de Ingeniería Civil. (2012).
- **Proyecto de conservación de carreteras mediante el esquema asociación publico privada.** Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016).
- **Catálogo de Fallas de Pavimentos.** Dirección General de Conservación de Obras Públicas Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1984).
- **M5.1. Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles.** Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. Volumen Núm. 11 (2002).
- **M5.2. Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos.** Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. Volumen Núm. 12 (2002).
- **Manual de Construcción Geotécnica. Tomos I y II.** Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C., México, D. F., 2002.
- **Metodologías de Inspección no Destructiva Aplicables a Sistemas de Gestión de Puentes.** Francisco Javier Carrión Viramontes, Juan Antonio Quintana Rodríguez, José Alfredo López López, Alexander Balankin, Didier Samayoa Ochoa. Publicación Técnica No. 302, Sanfandila, Qro. 2006.
- **Métodos Tradicionales de Análisis.** Curso de Estabilidad de Taludes y Laderas Naturales. Dr. Juan Félix Rodríguez Rebolledo. SMIG. Centro Asturiano, México D.F. 2012.
- **Las patologías más frecuentes detectadas en las inspecciones de puentes de la Red de Carreteras del Estado.** Ing. Luis Matute Rubio, Ing. Ignacio Pulido Sánchez, Ing. Virginia Sánchez Mangas, Agustín Redero García. (2009)

