

MANUAL DE INSPECCION DE PUENTES

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) con una donación de la Agencia de Cooperación Japonesa (JICA) durante el “Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes, basado en 29 puentes de la Red de Carreteras Nacionales en Costa Rica”, desarrolla el componente “Manual de Inspección de Puentes”

Miembros del Grupo de Expertos Japoneses de JICA:

Dr. Massaki TATSUMI

Junji YASUI

Kazunari IDA

Takehiko OGAWA

Keigo KONNO

Takanori HAYASHIDA

Yoshiaki NISHIKATSU

Ichiei FURUKAWA

Marco Pochet Vindas

Mamoru OKUBO

Hiroaki KOBAYASHI

Teruyasu EZURE

Massaki MINAISHI

Yoshihisa ASADA

Tadao ONO

Luis Alejandro Carvajal

Grupo de apoyo técnico MOPT:

Ing. María Ramírez González

Ing. Mario Loría Galagarza

Ing. María del Carmen Víquez Chaves

Antonio Romero Castro

Ing. María Gabriela Muñoz Peralta

Ing. Jorge García Badilla

Juan Jiménez Segura

Tabla de Contenidos

Capítulo 1 Introducción

1.1 Generalidades	1
1.2 Actividades de mantenimiento de puentes	1
1.3 Descripción de estructuras	2
1.4 Componentes del puente	3
1.5 Terminología	24

Capítulo 2 Responsabilidades del inspector de puentes

2.1 Responsabilidades del inspector	28
2.2 Deberes del inspector	28
2.3 Medidas de seguridad	35

Capítulo 3 Información general sobre el inventario e inspección periódica de puentes

3.1 Introducción	41
3.2 Dimensionamiento de los puentes	41
3.3 Inspección visual del deterioro del puente	42
3.4 Fotografías	42

Capítulo 4 Descripción de los formularios de inventario e inspección de puentes

4.1 Introducción	49
4.2 Formularios	49

Capítulo 5 Guía de recopilación de datos

5.1 Introducción	61
5.2 Introducción de datos de información general para la identificación del puente	61
5.3 Introducción de datos del formulario-1. Inventario básico del puente	63
5.4 Introducción de datos del formulario-2. Inventario básico del puente. Detalle de superestructura	69

5.5 Introducción de datos del formulario-3. Inventario básico del puente. Detalle de subestructura.....	74
--	-----------

Capítulo 6 Lineamientos para la calificación del grado de deterioro del puente

6.1 Pavimento	78
6.2 Barandas	82
6.3 Juntas de Expansión	86
6.4 Losa	90
6.5 Viga principal de acero	95
6.6 Sistema de arriostramiento	97
6.7 Pintura.....	100
6.8 Viga principal de concreto	101
6.9 Viga diafragma	104
6.10 Apoyos del puente	104
6.11 Viga cabezal y aletones del bastión	107
6.12 Cuerpo principal del bastión.....	108
6.13 Martillo de la pila.....	111
6.14 Cuerpo principal de la pila	112

Capítulo 1 Introducción

1.1 Generalidades

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) es una herramienta informática que tiene como fin compartir la información técnica, identificar el grado de deterioro y planificar el mantenimiento o la rehabilitación de puentes de forma eficiente.

Para que el SAEP funcione ágilmente las actividades previas al almacenamiento de datos en el sistema deben realizarse de una manera ordenada y deben ser comprendidas en su totalidad por los inspectores. Por este motivo en este manual se describe detalladamente la información que debe recopilarse tanto de planos como de las inspecciones de campo.

Este manual brinda una guía paso a paso con tareas, definiciones y actividades requeridas para el funcionamiento del sistema.

1.2 Actividades de mantenimiento de puentes

El objetivo principal de este manual es describir los procedimientos y métodos para realizar el inventario de puentes y evaluar su deterioro. La información recopilada durante la inspección de puentes es fundamental para programar el mantenimiento oportuno, de su calidad dependerá el buen funcionamiento del sistema dado, que las estructuras continúan envejeciendo y deteriorándose, una evaluación precisa y completa es esencial para mantener en servicio una red vial confiable.

Con el fin de que la información anterior sea la correcta, se debe contar con un grupo de inspectores calificados que comprendan todos los conceptos, responsabilidades y deberes contenidos en este manual.

Las actividades de mantenimiento de puentes y el diagrama de flujo de las actividades se muestra el la Figura -1-1.

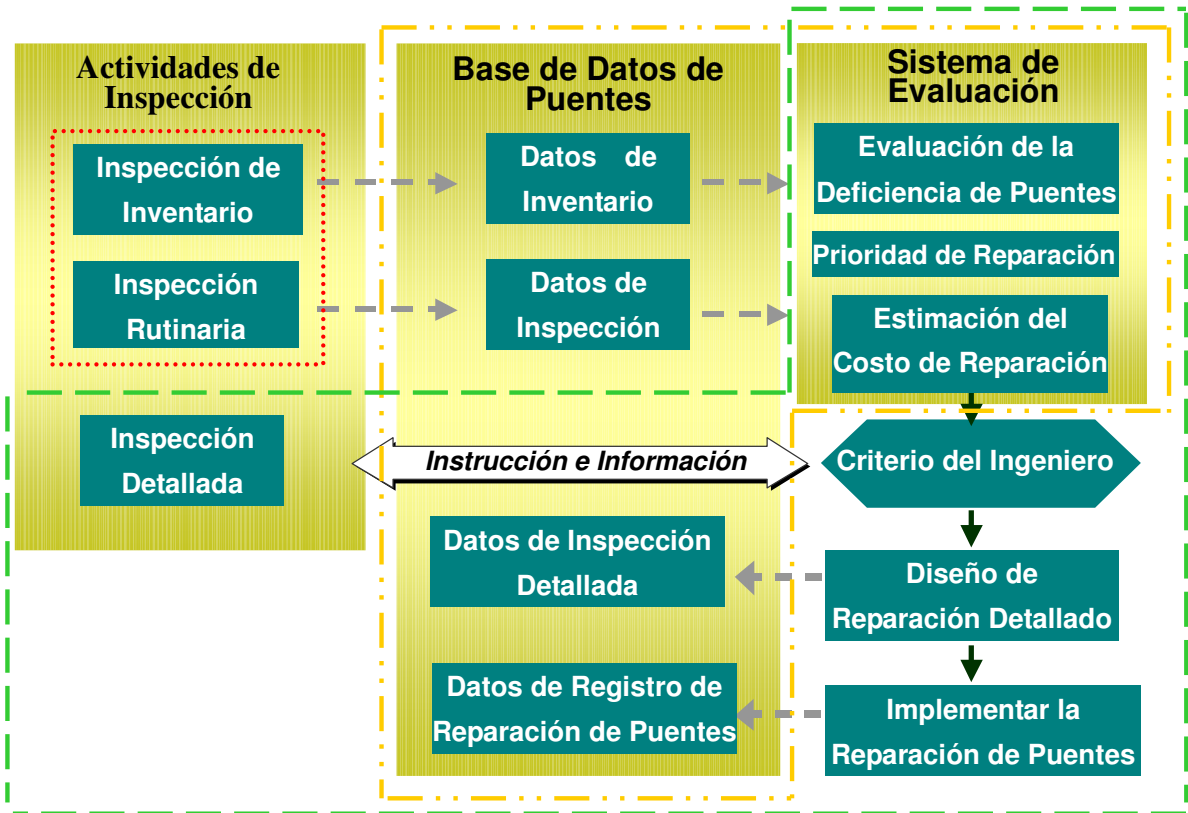


Figura 1-1 Actividades de Mantenimiento de Puentes y Flujo de Información

- Actividades a realizar por los inspectores
- Actividades a realizar por los ingenieros
- Actividades del sistema de cómputo

1.3 Descripción de estructuras

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes se basa en la inspección e inventario de diversos tipos de estructuras como son: puentes, pasos superiores e inferiores, alcantarillas y vados. Las cuales tienen como función permitir el paso de los vehículos o peatones a través de un obstáculo, ya sea natural o artificial como un río, cañón o vías existentes. A continuación se describe cada una de estas estructuras:

Puente: estructura construida para salvar un cauce o extensión de agua como una quebrada, río, canal, lago, bahía, etc.

Paso a desnivel: estructura construida para cruzar una vía existente. Si el alineamiento de la nueva carretera cruza sobre la vía existente se denomina paso superior, de lo contrario se denomina paso inferior.

Alcantarilla: estructura que posee de una a cuatro celdas o tramos que pueden ser de forma circular, rectangular u ovalada; en la cual la longitud libre de cada celda es menor de seis metros. A diferencia del puente, la alcantarilla cuenta con el piso revestido y además requiere de aletones,

cabezales y delantales para garantizar su funcionamiento.

Vado: estructura conformada por más de cuatro celdas que no permite el paso permanente de vehículos, porque se diseña para un determinado caudal inferior al de avenida máxima y con una capacidad hidráulica limitada de la estructura, por ejemplo son funcionales en verano y con pequeñas crecidas en invierno.

1.4 Componentes del puente

Los puentes están compuestos por:

- a) **Accesorios**, elementos sin función estructural pero vitales para garantizar el buen funcionamiento del puente tales como superficie de rodamiento, barandas y juntas de expansión.
- b) **Superestructura**, compuesta por el piso, los elementos principales (vigas, cerchas y arco) y los elementos secundarios (diafragmas, sistemas de arriostramiento, portales, aceras, etc).
- c) **Subestructura**, comprende los apoyos, los bastiones y las pilas
- d) **Accesos de aproximación**, están compuestos por los rellenos con sus respectivas protecciones y la losa de aproximación cuando exista.

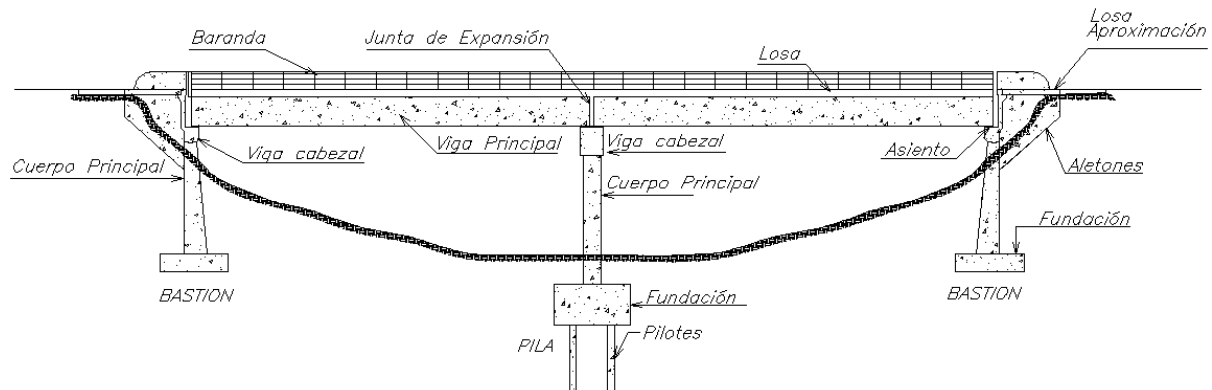


Figura 1.1 Elementos principales del puente

1.4.1 Accesorios

Los elementos que componen los accesorios son:

- 1) **Superficie de rodamiento**, capa de desgaste que se coloca sobre la plataforma del sistema de piso para protegerlo de la abrasión producida por el tráfico; puede ser de asfalto o concreto con espesores que varían de 2.54 cm a 5 cm. Sin embargo, debido a malas prácticas del mantenimiento de carreteras, este espesor algunas veces es mayor por la inapropiada colocación de sobrecapas de asfalto.
- 2) **Baranda**, sistema de contención longitudinal fijada al sistema de piso para evitar la caída al vacío de los usuarios, vehículos, ciclistas y peatones, pueden ser de concreto o de acero.

3) **Juntas de expansión:** Elementos divisorios de la losa instalados en los extremos de cada tipo de superestructura que permite la traslación y/o rotación, para garantizar la expansión y contracción de la superestructura por temperatura y sismo. En Costa Rica los cuatro tipos de juntas de expansión más comunes son:

a) **Juntas abiertas,** es una abertura libre inferior a 12.7 mm (1/2" pulgada) entre losas de concreto de tramos adyacentes, pueden ser entre losa-losa, losa-bastión, losa-losa de aproximación, típicamente cuenta con angulares o perfiles de acero para prevenir el desprendimiento del concreto en los bordes externos.

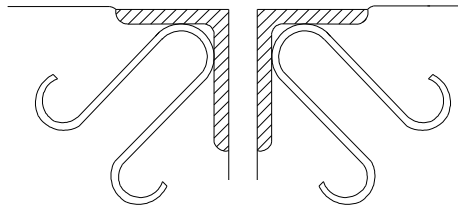


Figura 1.2 Junta abierta

b) **Juntas selladas, se dividen en:**

b.1) **Juntas rellenas,** se aplican en puentes cortos con desplazamientos inferiores a 38.1 mm (1 1/2" pulgada), son similares a las juntas abiertas pero cuentan con una tapajunta de goma o banda de hule premoldeado tipo "water stop" para garantizar el relleno premoldeado que se sella con hule chorreado.

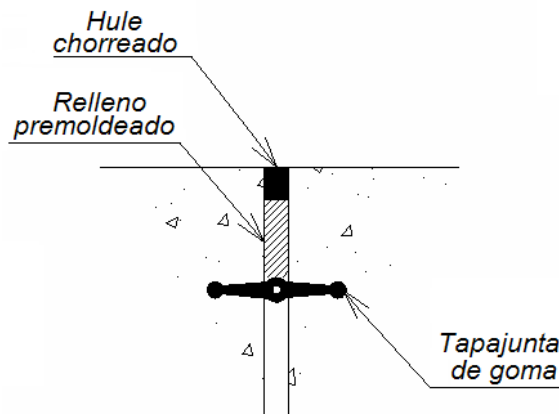


Figura 1.3 Junta rellena

b.2) **Juntas con sellos comprimidos de neopreno,** se aplican en puentes con desplazamientos de 12.7 mm a 63,5 mm (de 1/2 a 2 1/2 pulgada), se instala un sello elástico preformado comúnmente de neopreno de celda abierta, comprimido dentro de una junta abierta y adherido a ésta, la elasticidad del material del sello permite la impermeabilidad de la junta y admite el movimiento de la losa.

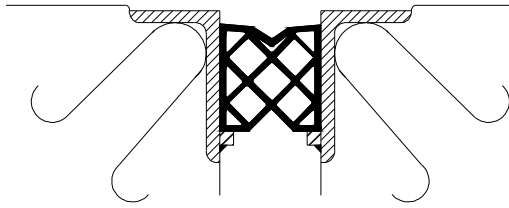


Figura 1.4 Junta de sello comprimido.

- c) **Juntas de placas de acero deslizante**, se aplican para puentes con desplazamientos mayores a 101 mm (4" pulgadas). Consiste en una placa de acero anclada a uno de los extremos de la abertura que se desliza permitiendo el movimiento de la superestructura.

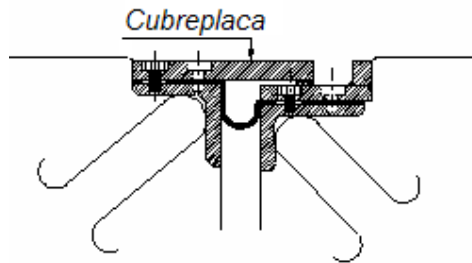


Figura 1.5 Junta de placa de acero deslizante

- d) **Juntas de placas dentadas**, se aplican para puentes con desplazamientos de hasta 610 mm (24" pulgadas), están compuestas por dos placas de acero en forma de dedos o dientes que se entrelazan dejando un área libre entre sí para admitir los movimientos. Para garantizar la impermeabilización de la junta es necesario complementarla con un drenaje mediante material elastomérico instalado por debajo de las placas.

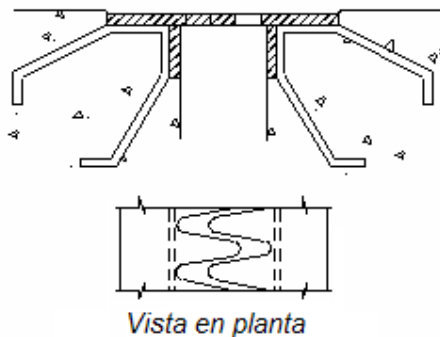


Figura 1.6 Junta de placa dentada

1.4.2 Superestructura

1) Componentes

La superestructura comprende todos los elementos estructurales que se encuentran sobre los apoyos del puente como son el sistema de piso, los elementos principales tales como vigas, cerchas, arcos y sistemas de suspensión (puentes colgantes y atirantados) y los elementos secundarios como diafragmas, viguetas de piso, sistema de arriostramiento, portales, etc. A continuación se da una descripción de estos elementos.

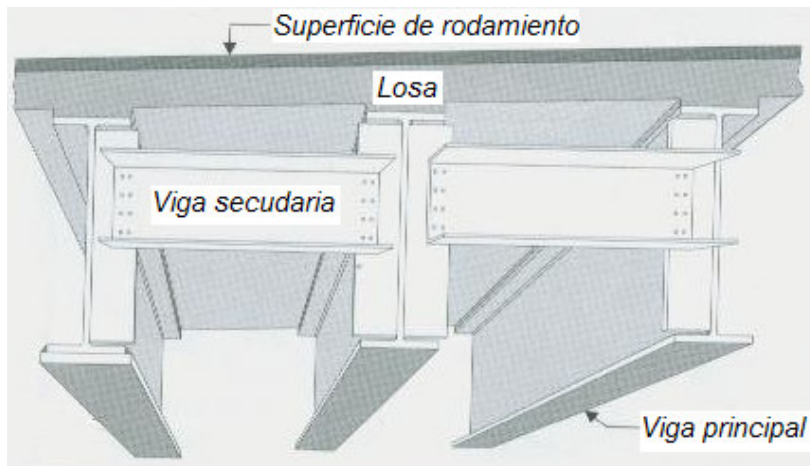


Figura 1.7 Elementos de una superestructura típica de vigas

- a) **Sistema de piso:** Generalmente denominado como “losa” es la plataforma sobre la cual circula la carga vehicular, puede ser de concreto reforzado, acero o madera. El sistema de piso tiene como principal función la transferencia de la carga viva a los elementos principales de la superestructura que pueden ser arcos, cerchas y vigas, entre otros.
- b) **Elementos secundarios** Son aquellos que distribuyen adecuadamente las cargas, generan mayor rigidez lateral y torsional restringiendo las deformaciones de los elementos principales para que éstos sean más eficientes, por ejemplo los diafragmas en sentido transversal, los arriostramientos en planta inferior y en planta superior que unen entre si las vigas principales, cerchas y arcos.
- c) **Elementos principales:** Su función principal es soportar las cargas transferidas a ellos por el sistema de piso y además transmitir los esfuerzos resultantes hacia subestructura a través de los apoyos. Cada rango de longitud de puente cuenta con el tipo de elemento más eficiente para soportar los esfuerzos producidos por las cargas, el cual también determina el tipo de superestructura.

2) Tipos de Superestructura

El tipo de superestructura esta definido por el modelo estructural (sea este de tramo simple o de tramos continuos ya sea de vigas, cercha, arco, marco rígido, etc) y por el material de los elementos principales (acero, concreto, madera, etc). La selección del tipo de superestructura considera además del modelo estructural otros aspectos como disponibilidad de material, velocidad de construcción, mantenimiento, aspectos ambientales y costos. Los tipos de superestructura más comunes son:

2.1 Superestructura de vigas

- a) **Superestructura de viga simple:** viga principal con dos apoyos con juntas de expansión al inicio y al final del tramo.

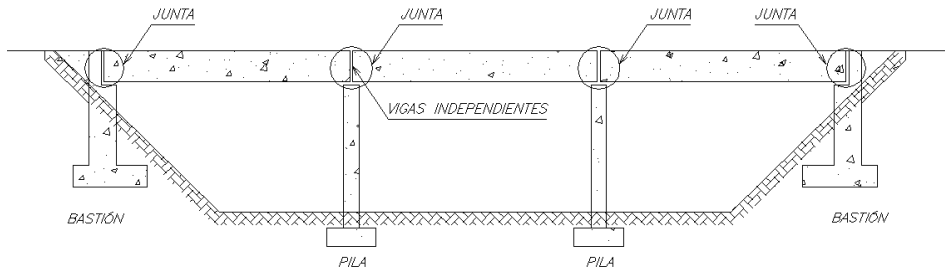


Figura 1.8 Viga simple

- b) **Superestructura de vigas continuas:** Viga principal con más de dos apoyos.

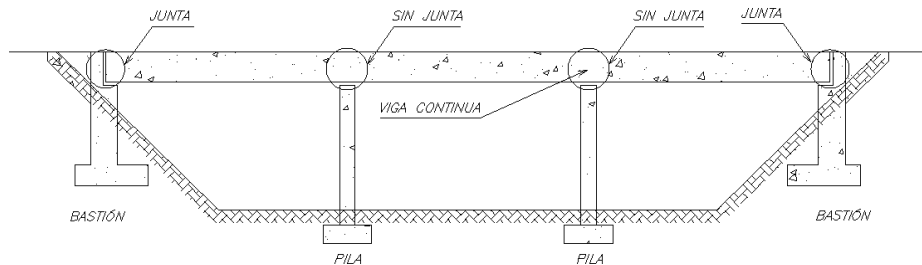


Figura 1.9 Viga continua

Los tipos más comunes de las vigas principales sometidas a esfuerzos de flexión y cortante son :

- **Losa:** En este caso la losa funciona como viga plana sin requerir ningún elemento adicional.

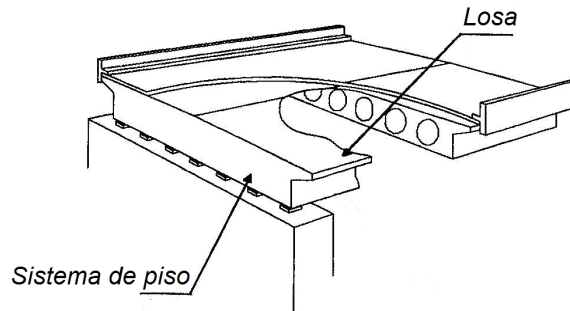


Figura 1.10 Viga tipo losa

- **Viga I:** Tiene la forma de la letra I, pueden ser acero o de concreto, en este último caso únicamente para elementos prefabricados que son preesforzados.

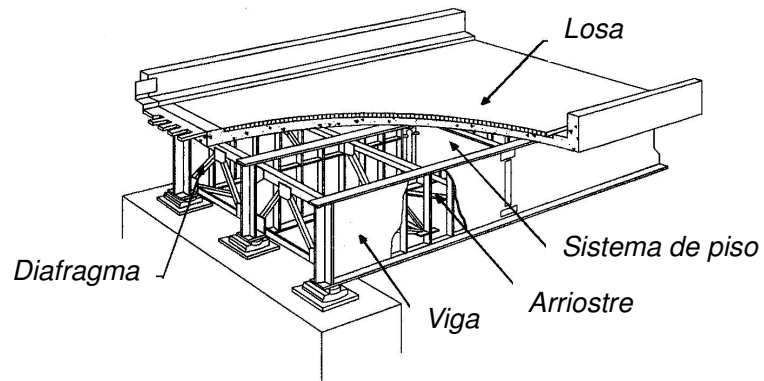


Figura 1.11 Viga tipo I

- **Viga T:** Viga con forma de la letra T, pueden ser construidas de concreto reforzado y preesforzado.

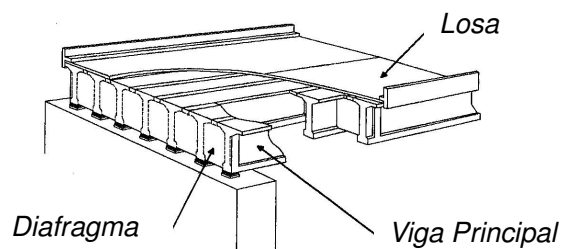


Figura 1.12 Viga tipo T

- **Viga cajón:** Las vigas cajón poseen gran resistencia a la torsión y usualmente no requieren arriostamiento. Los materiales que se utilizan para su construcción son acero y concreto.

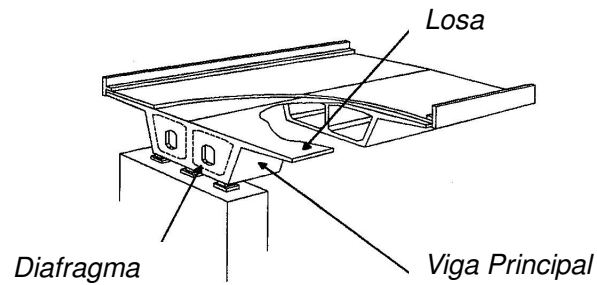


Figura 1.13 Viga tipo cajón

c) **Marco rígido:** Es aquella estructura en la que las vigas de la superestructura están empotradas en las pilas de tal manera que los apoyos transmiten esfuerzos de flexión a las columnas.



Figura 1.14 Marco rígido

2.2 Superestructura de cercha: Se compone de dos armaduras unidas entre sí mediante el sistema de piso, diafragmas transversales o portales y los sistemas de arriostramiento superior e inferior. Las armaduras a su vez, son estructuras rígidas bidimensionales formadas con elementos rectos independientes sometidos a esfuerzos de tensión y compresión que están unidos por juntas o nodos. Existen tres tipos:

2.2.1 Cercha paso inferior: Cuando el paso vehicular es por debajo de la estructura de cercha.

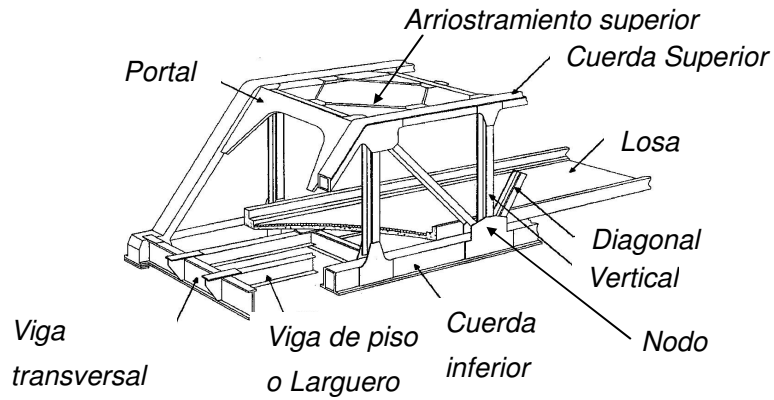


Figura 1.15 Cercha paso inferior

2.2.2 Cercha paso superior: Cuando el paso vehicular se sitúa por encima de la estructura de cercha.



Figura 1.16 Cercha paso superior

2.2.3 Cercha de media altura: Es una cercha de paso inferior sin ningún sistema de arriostamiento superior, en Costa Rica los más conocidos son: el puente provisional modular lanzable tipo “Bailey” (compuesto por tramos de 3,05 metros) y el puente permanente tipo pony.



Figura 1.17 Puente tipo bailey



Figura 1.18 Puente tipo pony

2.3 Superestructura de arco: Estructura compuesta por vigas o armaduras con forma de arco sometida a esfuerzos de compresión pura, el modelo más común es el arco simplemente apoyado. Existen también los arcos triarticulados. El concepto de arco paso inferior y paso superior es el mismo descrito anteriormente para los tipos de cercha.

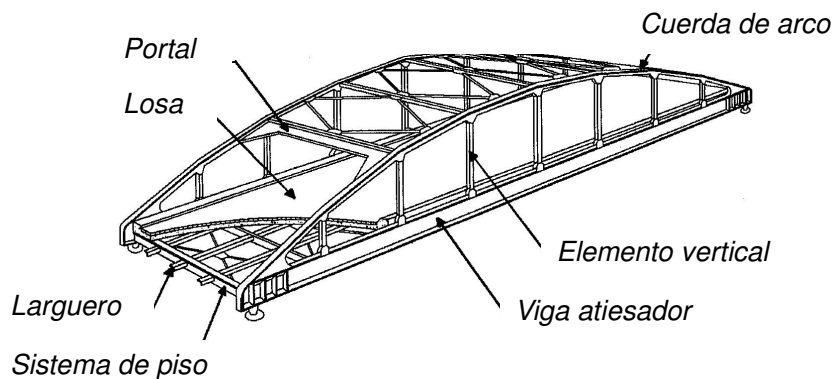


Figura 1.19 Arco paso inferior

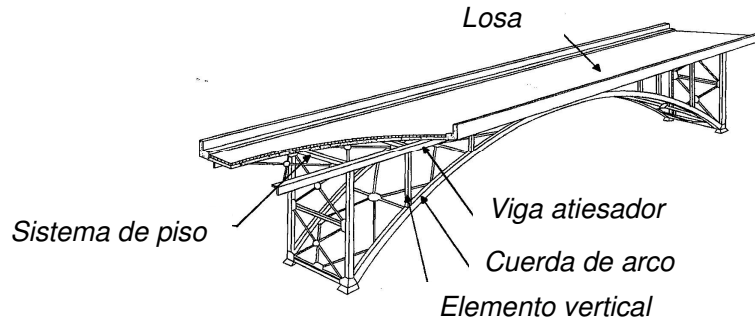


Figura 1.20 Arco paso superior

2.4 Superestructuras suspendidas

2.4.1 Superestructura tipo colgante: Es un sistema de piso suspendido mediante péndolas (o cables secundarios verticales), los cuales a su vez están unidos a los cables principales que forman una curva catenaria entre las torres. Para mantener el equilibrio de las fuerzas de tensión de los cables principales, estos se anclan a bloques masivos en ambos extremos del puente.

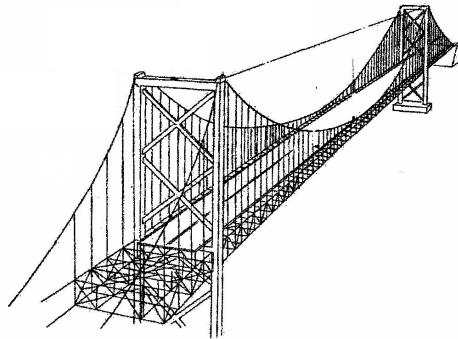


Figura 1.21 Puente colgante

2.4.2 Atirantado o pilares: Es un sistema de piso suspendido de una o varias pilas centrales mediante cables tirantes inclinados que trabajan a tensión. A diferencia de los colgantes no requiere anclajes en los extremos porque el anclaje se localiza en las mismas pilas. Otras características son la forma de las pilas (forma de H, Y invertida, de A, de A cerrada por la parte inferior (diamante), etc, además la disposición de los tirantes puede ser paralela o convergentes (radiales).

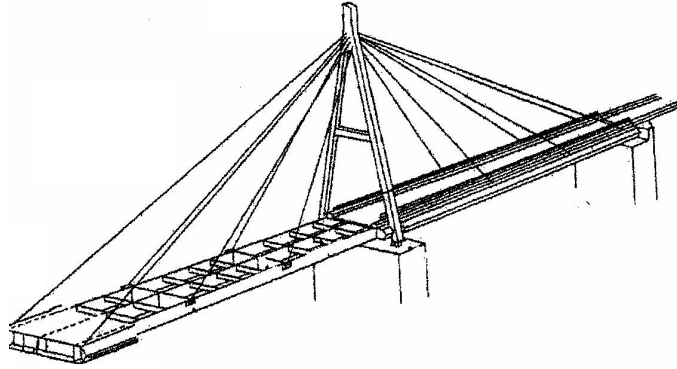


Figura 1.22 Puente atirantado

1.4.3 Subestructura

La subestructura está formada por los elementos estructurales diseñados para soportar el peso de la superestructura y las cargas que a ésta se aplican. Los componentes de la subestructura son:

1) **Apoyos:** Los apoyos son sistemas mecánicos que transmiten las cargas verticales de la superestructura a la subestructura. El uso y la funcionalidad de estos varía dependiendo del tamaño y la configuración del puente. Las funciones principales de los apoyos aparte de transmitir todas las cargas de la superestructura a la subestructura son garantizar los grados de libertad del diseño de la estructura como traslación por expansión o contracción térmica o sismo y la rotación causada por la deflexión de la carga muerta y la carga viva. Existen tres tipos de apoyos:

- **Apoyo de Expansión:** Permite que la estructura rote y se traslade en el sentido longitudinal, puede ser de placa, de neopreno, de nódulo o balancín.

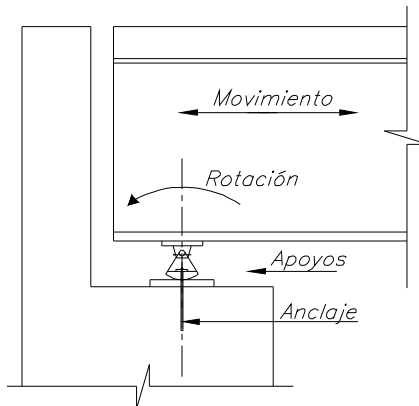


Figura 1.23 Apoyo de expansión tipo balancín



Figura 1.24 Apoyo expansivo tipo patín



Figura 1.25 Apoyo expansivo tipo rodillo

- **Fijo:** Restringe la traslación y permite únicamente la rotación de la estructura.

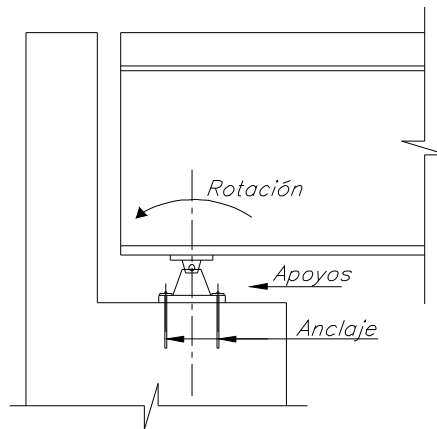


Figura 1.26 Apoyo fijo



Figura 1.27 Apoyo fijo de acero

- **Rígido o empotrado:** Los apoyos rígidos restringen todos los movimientos de traslación y rotación.

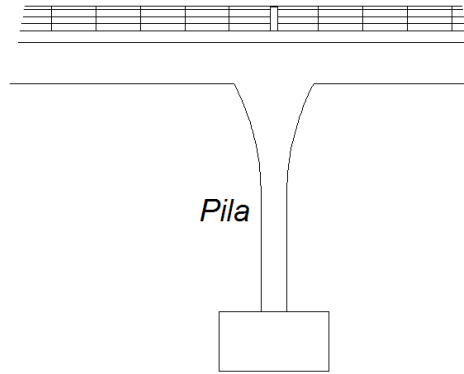


Figura 1.28 Apoyo rígido



Figura 1.29 Apoyo rígido (concreto)

2) **Bastiones:** Elemento de la subestructura que sirve de apoyo en los extremos de la superestructura, puede ser construida de concreto, acero, madera o mampostería. Dado que los bastiones están en contacto con los rellenos de aproximación del puente, una de sus funciones principales es de absorber el empuje del terreno.

a) **Componentes de un bastión**

Los bastiones están compuestos por los aletones, la viga cabezal, el cuerpo principal y la fundación.

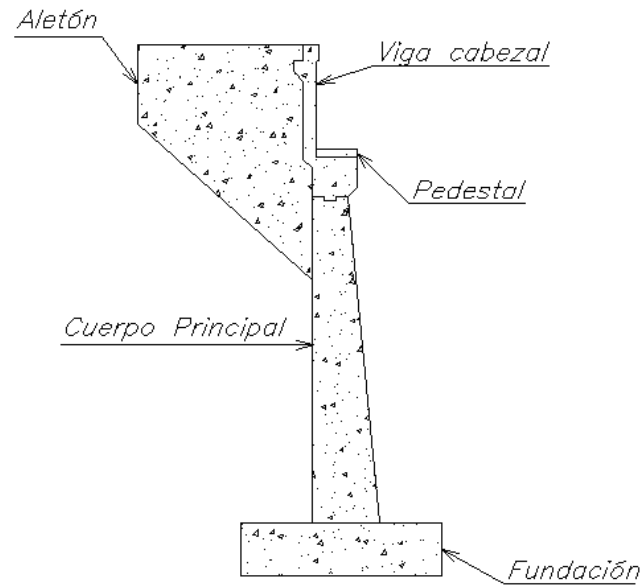


Figura 1.30 Partes del bastión

- **Aletones:** Paredes laterales cuya función es confinar la tierra o material de relleno detrás del bastión, se diseñan como muros de retención.
- **Viga cabezal:** Parte superior de un bastión sobre la cual se apoya el extremo de un tramo de la superestructura. La viga cabezal posee pedestales, que son columnas cortas sobre las que se apoyan directamente las vigas principales de la superestructura.
- **Cuerpo principal:** Como su nombre lo dice es el componente principal del bastión. Puede ser tipo pared (muro de retención con o sin contrafuertes) o marco rígido (dos o más columnas unidas en su parte superior a la viga cabezal).
- **Fundación:** Es el conjunto formado por el cimiento o base del cuerpo principal y el suelo o roca soportante. En función del mecanismo de transmisión de las cargas se clasifican en superficiales y profundas.
 - **Fundaciones superficiales:** son las placas aisladas o corridas que transfieren la carga por contacto al estrato de suelo existente directamente debajo de ellas. Se diseñan para que la presión transmitida (carga/área de placa) sea igual o inferior a la capacidad admisible de soporte del terreno.

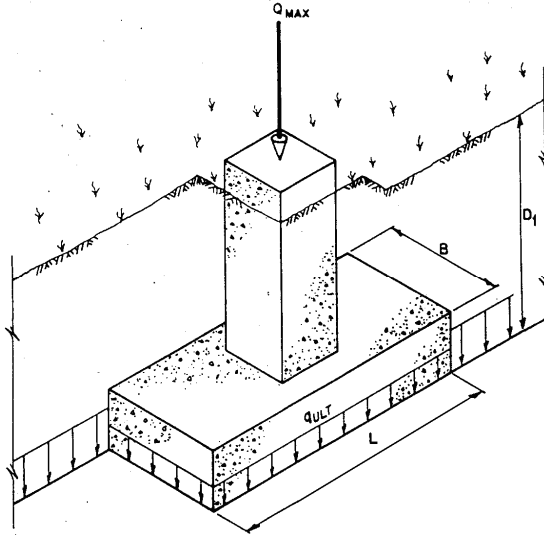


Figura 1.31 Fundación tipo placa

- **Fundaciones profundas:** usualmente son placas apoyadas sobre elementos estructurales que transfieren la carga a los estratos del suelo existentes a mayor profundidad que el estrato de suelo en contacto directo con la misma. Por su proceso de constructivo se dividen en:
 - Pilotes: pueden ser hincados de acero o de concreto preesforzado o preexcavados colados in situ con diámetros inferiores a 0,45 m.

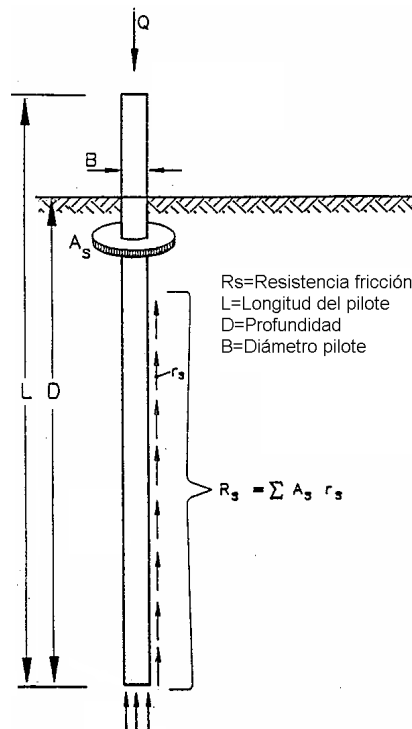


Figura 1.32 Fundación tipo pilote

- Pozos: son grandes pilotes preexcavados de concretos reforzado con diámetros de 0,45 m. a 2.0 m.

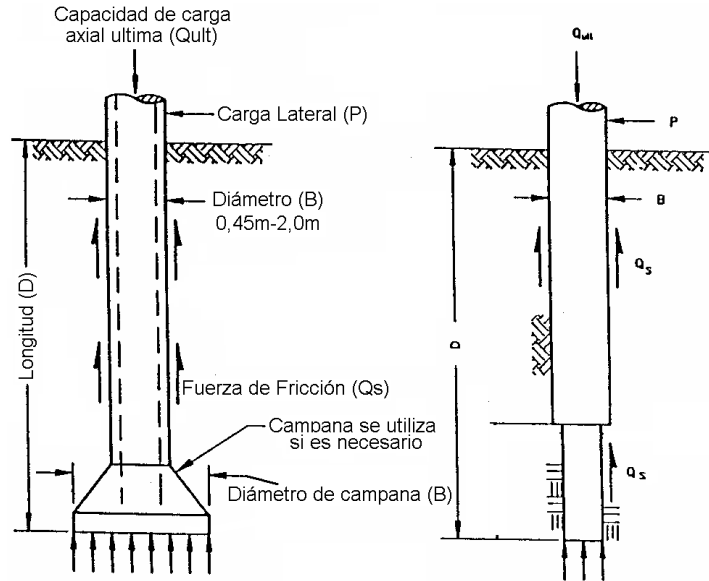


Figura 1.33 Fundación tipo pozo

- Caisson: elementos masivos conformados por una o varias celdas de sección transversal circular o rectangular cuya dimensión mínima es de 6 m.

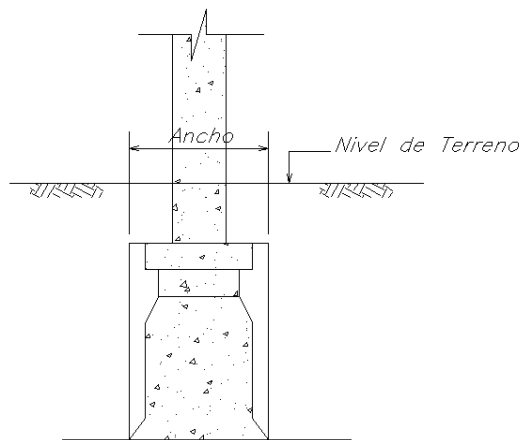


Figura 1.34

Fundación tipo caisson una celda

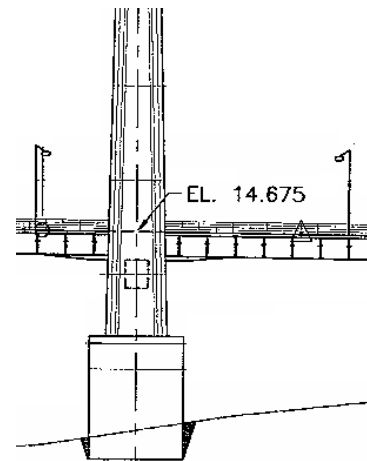


Figura 1.35

Fundación tipo caisson río Tempisque

- Cabezal sobre pilotes: no existe un elemento de columna por lo que se apoya directamente sobre los pilotes.

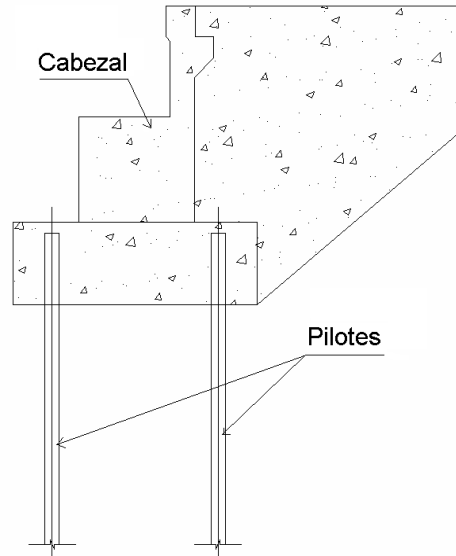


Figura 1.36 Fundación tipo cabezal sobre de pilotes

b) Tipos de bastiones

De acuerdo con la función requerida existen varios tipos de bastiones. El tipo de bastión depende de la topografía del sitio, de la capacidad admisible del suelo, de la superestructura y las preferencias del diseñador. A continuación se describen algunos de los tipos más comunes:

- **Gravedad:** Este tipo de bastión debe resistir la presión lateral o empuje del suelo con su propio peso por lo que suelen ser bastiones muy pesados. La mayoría de los bastiones de gravedad son construidos en concreto ciclópeo o en mampostería.

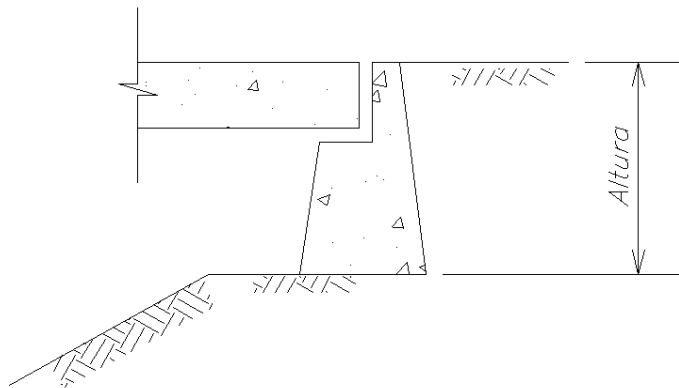


Figura 1.37 Bastión tipo gravedad

- **Voladizo:** Es un muro de retención tipo pared que se encuentra unido rígidamente a la fundación, por lo que actúa como una viga en voladizo que transmite la presión lateral del suelo y mantiene su estabilidad a través de su peso propio y el peso del suelo sobre la fundación.

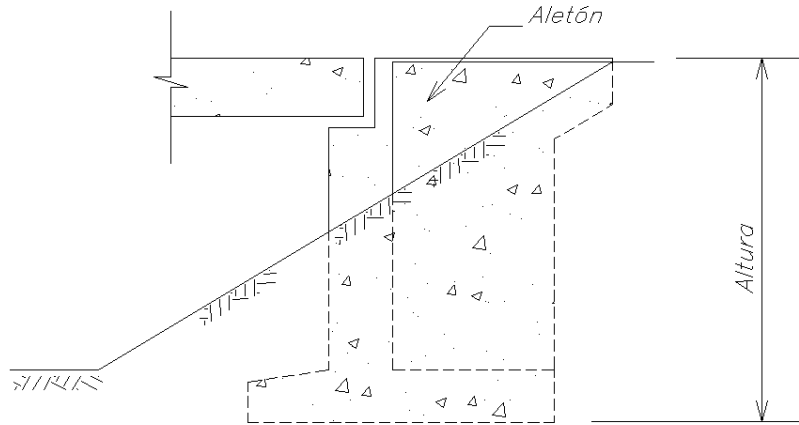


Figura 1.38 Bastión tipo voladizo

- **Marco:** Consiste en un bastión con dos o más columnas unidas por la viga cabezal tipo rectangular o T cuando cuenta con pantalla.

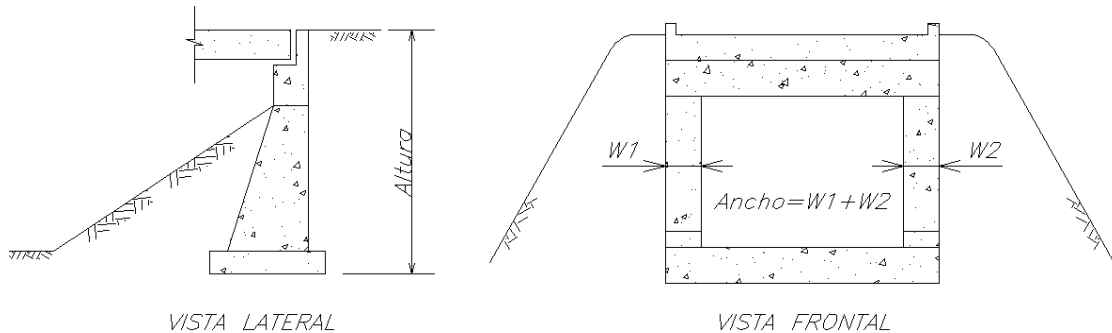


Figura 1.39 Bastión tipo marco rígido

- **Muro con Contrafuerte:** Este tipo de estructura es un muro y una fundación unidas mediante losas verticales perpendiculares al plano del muro conocidas como contrafuertes, las cuales se encuentran espaciadas a lo largo de la fundación. El bastión tipo contrafuerte generalmente se utiliza cuando se requiere que el muro sea de gran altura.

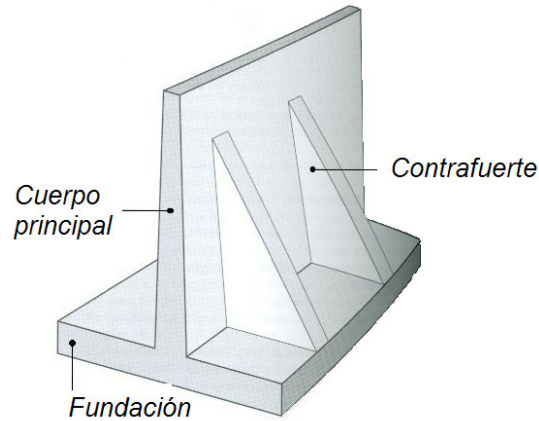


Figura 1.40 Bastión tipo contrafuerte

- **Cabezal sobre pilotes:** Consiste en una viga cabezal apoyada en una o más filas de pilotes. Los pilotes inclinados se utilizan para prevenir el volcamiento. Este tipo de bastión no posee cuerpo principal.

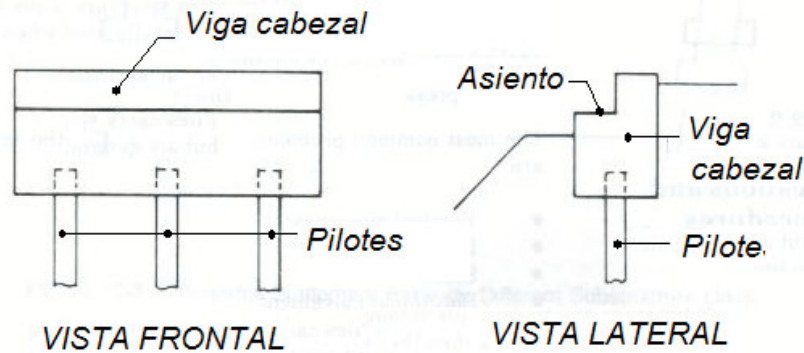


Figura 1.41 Bastión tipo cabezal sobre pilotes

- **Tierra armada:** Es un sistema que mecánicamente estabiliza el suelo y se compone de un muro construido por capas con bloques modulares, generalmente, de concreto sin refuerzo. La forma geométrica de los bloques es tal que permite que sean ensamblados como una pared uniforme. En la parte posterior del muro, se colocan mallas de acero en capas sobre el material de relleno que a su vez se compacta. De esta forma, el acero actúa como refuerzo transformando el suelo en un material capaz de soportar tanto el peso como las cargas verticales aplicadas.

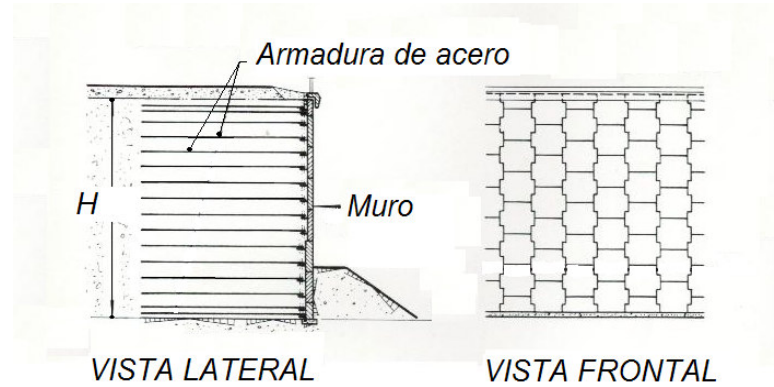


Figura 1.42 Bastión tipo tierra armada

3) **Pilas:** Estructuras que sirven de apoyos intermedios a la superestructura. Por lo general, las pilas son construidas en concreto reforzado, ocasionalmente concreto preesforzado, acero o madera.

a) Componentes de la pila

La pila está formada por la viga cabezal, el cuerpo principal y la fundación.

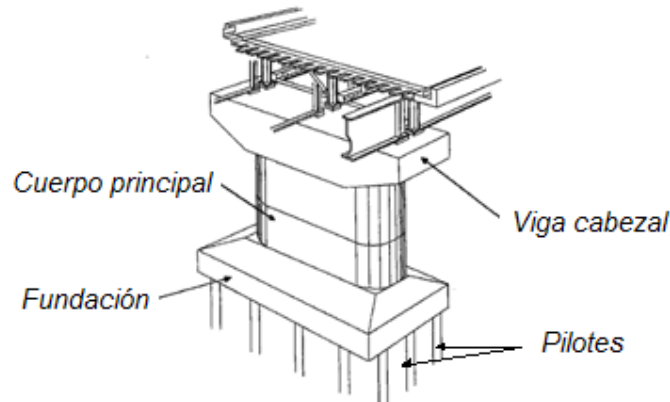


Figura 1.43 Partes de una pila

- **Viga cabezal:** Parte superior de la pila sobre la que descansan el extremo inicial y final, respectivamente, de dos tramos continuos de la superestructura. La viga cabezal posee los pedestales sobre los que se colocan los apoyos de las vigas principales.
- **Cuerpo principal:** Estructura sobre la que se apoya la viga cabezal. Puede ser una única columna, columnas múltiples, una pared o un grupo de pilotes.
- **Fundación:** Base del cuerpo principal que tiene la función de transmitir las cargas de la subestructura al suelo. La fundación puede ser superficial o profunda, está compuesta por una placa, pilotes o una combinación de éstos. Los tipos de fundación fueron explicados anteriormente en los componentes del bastión.

b) Tipos de pila

Al igual que los bastiones, existe gran variedad de pilas de acuerdo con su configuración, forma y tamaño. El tipo de pila a utilizar dependerá en gran parte del tipo de superestructura que se posea. Los tipos de pilas más usados en Costa Rica son:

- **Muro:** Consiste en una pared que se extiende desde la fundación hasta la viga cabezal. En la viga cabezal se encuentran los pedestales sobre los que descansa la superestructura.

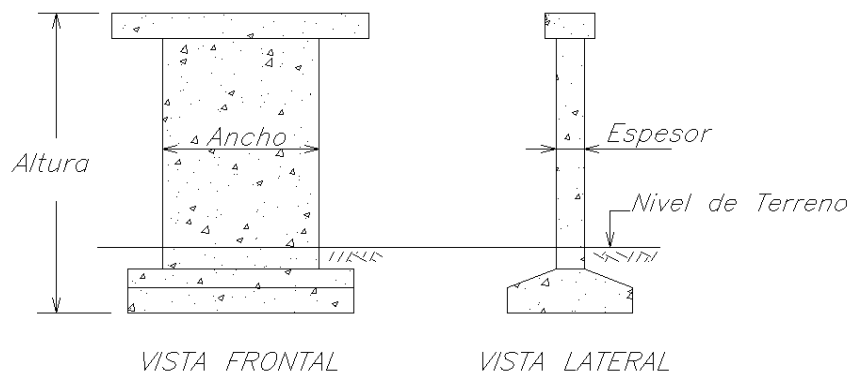


Figura 1.44 Pila tipo muro

- **Marco:** Este tipo de pila está compuesta por una viga cabezal apoyada sobre dos columnas formando una estructura tipo marco. Las columnas son soportadas por la fundación. La sección transversal de las columnas puede ser circular o rectangular.

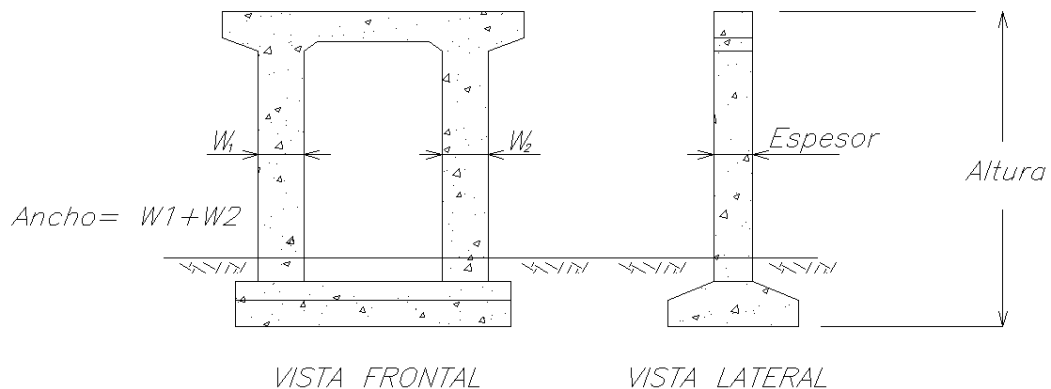


Figura 1.45 Pila tipo marco rígido

- **Columna sencilla:** Generalmente, está compuesta por una viga cabezal en forma de martillo unida a una columna que puede ser de forma rectangular, elíptica, circular, entre

otras, la cual se extiende hasta la fundación.

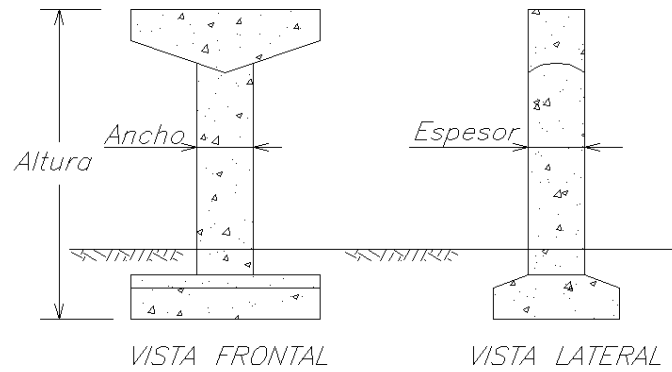


Figura 1.46 Pila tipo columna sencilla

- **Columna múltiple:** Consiste de una viga cabezal soportada por tres o más columnas que se extienden hasta la fundación.

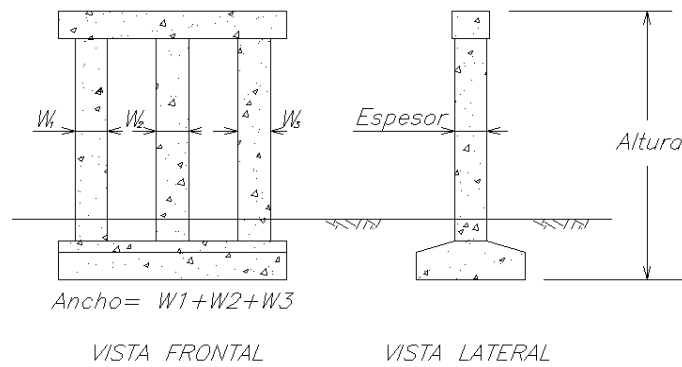


Figura 1.47 Pila tipo columna múltiple

1.5 Terminología

Es importante que el inspector de puentes conozca los conceptos básicos relacionados con la ingeniería de puentes, entre ellos:

Abrasión: Desgaste que sufre una superficie debido a las fuerzas de fricción que experimenta en el transcurso del tiempo.

El nivel de agua máxima estimable (N.A.M.E) y el nivel de agua normal (N.A.N): La elevación de la altura de las aguas máxima y mínima que puede ser detectada o esperada según el periodo del análisis hidrológico para la crecida del río.

Claro hidráulico: Altura existente entre la altura de agua máxima y la parte inferior de la superestructura.

Anclaje: Elementos masivos o bloques cuyo peso contrarrestan la tensión de los cables de la superestructura.

Ancho de vía: Calzada o superficie donde circulan los vehículos.

Angulares: Perfiles de acero laminado en caliente de forma de "L".

Ancho total del puente: Es la sumatoria de los anchos de calzada, espaldones, ciclovía, aceras y barandas

Arriostre: Elemento estructural secundario instalado para proporcionar mayor rigidez y garantizar el trabajo en conjunto de los demás elementos principales de la superestructura.

Acera: Espacio destinado para el tránsito de peatones

Calzada: Espacio destinado para el tránsito vehicular, que incluye los carriles y espaldones.

Ciclovía: Espacio para tránsito de ciclistas

Aletones: Parte del Bastión cuya principal función es contener los rellenos de aproximación al puente

Carga muerta: Peso propio de todos los componentes de la estructura.

Carga viva: Carga temporal que genera tanto el tráfico peatonal como vehicular sobre los puentes.

Claro vertical libre o gálibo: Es la altura libre existente entre el elemento más bajo de la superestructura y el fondo de lecho o rasante del camino o cota de riel, para el caso de que el puente se ubique sobre un camino o línea férrea.

Drenaje o Desagüe: Sistema de elementos que permiten evacuar apropiadamente el agua de las lluvias o agua pluvial de la calzada y aceras del puente.

Dique: Barrera que se coloca para evitar la inundación en las márgenes del río. Su función principal en un puente es contener el avance de la erosión encauzando la corriente para alejarla de los bastiones.

Elevación de la socavación: Esta elevación corresponde a la cota de la profundidad de socavación estimada para distintos períodos de crecidas, La socavación total se compone de la suma de la socavación local, socavación por contracción del cauce y socavación general.

Elevación de Rasante Terminada: Corresponde a la elevación de la calzada en la línea de centro del puente y de la carretera.

Elevación del lecho del río: Elevación del fondo del río

Longitud acceso: Es la longitud de los rellenos de aproximación al puente.

Longitud total del puente: distancia entre los bordes extremos de los bastiones del puente a nivel de rasante. (ver figura 1.43)

Longitud total del tramo: distancia entre juntas de expansión de cada superestructura (ver figura 1.43)

Luz de tramo: distancia entre línea de centro de apoyos de cada superestructura (ver figura 1.43)

Luz libre: distancia libre entre bordes extremos de los bastiones y pilas (ver figura 1.43).

Losa de aproximación: Losa de acceso al puente construida en concreto reforzado. Funciona como parte de la superficie de rodamiento del acceso y se encuentra apoyada en una parte de la viga cabecial del bastión llamada ménsula. La losa de aproximación se utiliza para prevenir asentamientos en los rellenos de aproximación debido a la compactación generada por el peso de los vehículos a través del tiempo.

Pedestal: Son columnas de corta altura construidos sobre la viga cabezal de un bastión y pila, en los cuales se apoyan los elementos principales de la superestructura. En ocasiones los pedestales son de altura variable para genera el bombeo de la losa.

Pendiente: Razón de altura / distancia.

Rellenos: Material colocado detrás y enfrente de bastiones y pilas para restituir las elevaciones del terreno antes de la excavación o para conformar la sección del canal.

Zampeado: Revestimiento rígido de hormigón ciclópeo (piedra y mortero) que se instala para proteger de la erosión los taludes o el cauce del río.

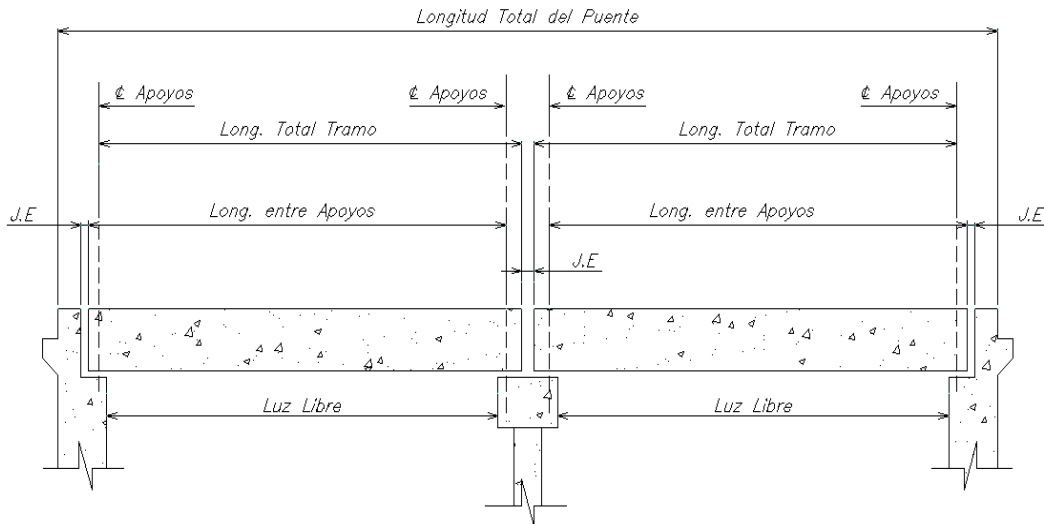


Figura 1.48 Elevación de puente

Capítulo 2 Responsabilidades del inspector de puentes

2.1 Responsabilidades del inspector

Los puentes como estructuras de enlace entre regiones cumplen funciones vitales para el desarrollo económico, social y cultural entre otras. Por tal motivo, es indispensable que posean una adecuada condición estructural y de seguridad permitiendo así, un tránsito continuo y confiable a través de la vida útil de la estructura.

Asimismo, los inspectores de puentes como responsables de recopilar toda la información relacionada con el estado de deterioro que sufre la estructura, tienen un papel preponderante dentro del esquema de mantenimiento y/o rehabilitación. El trabajo del inspector es informar acerca de la condición estructural y de seguridad del puente, reconociendo que elementos necesitan ser reparados para lograr mantener la seguridad de la estructura y evitar los costos de su reemplazo. Debe además, estar pendiente de que los problemas menores sean corregidos a tiempo antes de que el daño evolucione y aumente así el costo de la reparación.

Se requiere que el inspector de puentes debe provea registros precisos. Por las siguientes razones:

1. Establecer y mantener un archivo de la historia estructural.
2. Identificar y evaluar los requerimientos de la reparación de puentes.
3. Identificar y evaluar las necesidades de mantenimiento de puentes.

2.2 Deberes del inspector

2.2.1 Planificar la inspección

Para realizar la inspección de la manera más ordenada y sistemática posible, el inspector deberá planificar. Para incluir las siguientes tareas: determinar la secuencia de inspección, establecer un horario, organizar las notas de campo, anticipar el efecto de los procedimientos de control de tráfico y cualquier otra medida que facilite una inspección completa.

2.2.2 Organizar la inspección

De previo a la inspección incluyen se requiere organizar las herramientas y el equipo adecuado, revisar los archivos y planos del puente. Como mínimo se deben realizar los siguientes pasos:

1. Revisión del archivo de la estructura del puente si se encuentra disponible.
2. Identificación de los componentes y elementos del puente.
3. Identificación de la condición del sitio.

4. Identificación de condiciones especiales.
5. Disposición del equipo y herramientas requeridas.
6. Desarrollo de la secuencia de inspección.

Normalmente, la inspección inicia con la losa y los elementos de la superestructura y luego se procede con la subestructura. Sin embargo, la secuencia de la inspección depende de diversos factores, como:

1. Tipo de puente
2. Condición de los componentes del puente
3. Condición general
4. Requerimientos específicos de la agencia de inspección
5. Tamaño y complejidad del puente
6. Condiciones del tráfico
7. Procedimientos especiales

Un ejemplo de la secuencia de inspección para un puente ordinario se encuentra en la Tabla-2-1. Mientras se desarrolla la secuencia de inspección es importante asegurarse que se lleve a cabo una inspección completa de la estructura.

Tabla 2-1 Secuencia de inspección

Componente del puente	Elementos a inspeccionar
Accesorios	<ol style="list-style-type: none"> 1. Losa de aproximación 2. Características de seguridad del tráfico 3. Superficie de rodamiento o pavimento 4. Juntas de expansión 5. Aceras y barandas 6. Drenajes 7. Señalización 8. Electricidad/ iluminación 9. Barreras y otros dispositivos para el control del tráfico.
Superestructura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Losa 2. Elementos principales 3. Elementos secundarios 4. Servicios Públicos instalados (teléfono, acueducto, etc)
Subestructura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apoyos 2. Bastiones 3. Pilas

	4. Protección del talud 5. Fundaciones 6. Pilotes
Río	1. Perfil del río y alineamiento 2. Lecho del río 3. Diques 4. Condición de las márgenes 5. Apertura hidráulica 6. Nivel máximo y normal 7. Signos de socavación

2.2.3 Preparar notas, fórmulas y bocetos

La preparación de notas, fórmulas y bocetos previos a la inspección en el sitio, ayuda a que el trabajo de campo se lleve a cabo de forma eficiente, facilitando así la recolección de los datos. Tanto la hoja de inventario estándar como la de inspección rutinaria de este manual, deben ser utilizadas para la recopilación de las características del puente y la calificación del grado de deterioro de los elementos, respectivamente.

2.2.4 Describir condiciones especiales

1) Control del tráfico

Se requiere que el inspector utilice todos los estándares de seguridad y dispositivos de control como conos, señales y tableros electrónicos, entre otros, que ayuden a prevenir situaciones que puedan poner en riesgo a los trabajadores y los usuarios de la carretera. El inspector deberá verificar que se cumpla con todas las normas de seguridad aplicables según corresponda.

2) Horario de la inspección

El tiempo requerido para la inspección incluye el tiempo de preparación en la oficina, el tiempo de viaje al sitio y el tiempo necesario para la elaboración del informe. La condición general del área de trabajo juega un papel importante en la determinación del horario de la inspección, ya que se debe tomar en cuenta el método de acceso al puente y a cada uno de sus elementos, por lo que el inspector deberá recolectar de previo la información respectiva.

2.2.5 Organizar las herramientas y equipo

Para llevar a cabo una inspección precisa y eficiente, se debe utilizar las herramientas adecuadas. Las herramientas estándares que un inspector debe preparar para la inspección de puentes pueden agruparse en seis categorías básicas que se muestran en la Tabla 2-2 y de la Figura 2-1 a la Figura 2-6. El Inspector puede usar la Tabla 2-2 como una lista de verificación o chequeo al preparar las herramientas de la inspección.

Tabla 2-2 Lista estándar de herramientas de inspección de puentes

Actividad	Herramientas	Chequeo
Limpieza	Escoba para quitar polvo y escombros Cepillo de acero para remover del acero la pintura y la corrosión. Espátulas para remover la corrosión de la superficie de un elemento. Desatornillador plano para la limpieza general y la investigación. Pala para remover suciedad y escombros.	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Inspección general	Cuchilla para tareas generales Cinzel para examinar la superficie de los elementos de madera. Taladro de mano para la investigación de los elementos de madera Calador para examinar internamente los elementos de madera Cinzelador para examinar la superficie del concreto Plomada para medir la alineación vertical. Cinturón de herramientas con bolsa de herramientas para sostener herramientas pequeñas.	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Inspección Visual	Binoculares para examinar a distancia Foco para examinar lugares oscuros. Lupa ligera para examinar de cerca las grietas. Espejos de Inspección para inspeccionar áreas inaccesibles.	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Medición	Cinta de medición de bolsillo y cinta de medición de 50m para medir las dimensiones Calibrador (vernier) para medir el grosor del elemento Medidor de inspección óptica para la medición precisa del ancho de las grietas. Medidor de inclinación y transportador para determinar la inclinación del elemento. Termómetro para medir la temperatura Nivel para medir las pendientes y hundimientos	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Documentación	Formulario de inspección, portapapeles y lápiz Cuaderno de campo Regla para dibujar	<hr/> <hr/> <hr/>

	<p>Cámara digital para documentación visual</p> <p>Tiza o marcadores para identificación de elementos y fotografías.</p> <p>GPS portátil para medir las coordenadas de un puente</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
Varios	<p>Cinturón y gancho de seguridad para una inspección segura en lugares altos</p> <p>Prensa en C que brinda una tercera mano para la medición.</p> <p>Repelente de insectos y mata avispas</p> <p>Botiquín de primeros auxilios para cortadas pequeñas y picaduras de abejas</p> <p>Papel sanitario y toallas para emergencias y limpieza</p> <p>Casco para protección e la cabeza.</p> <p>Chaleco para visibilidad del trabajador.</p> <p>Botas de hule</p> <p>Linterna</p> <p>Equipo para comunicación como radios</p> <p>Guantes</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>



Figura 2-1 Herramientas para limpieza



Figura 2-2 Herramientas para inspección general



Figura 2-3 Herramientas para inspección visual



Figura 2-4 Herramientas para medición



Figura 2-5 Herramientas para documentación



Figura 2-6 Equipo

2.2.6 Determinar el método de acceso requerido

Dentro del equipo de acceso a los elementos del puente se encuentran escaleras, plataformas de andamiaje, botes y brazos mecánicos que consisten en una grúa unida a una plataforma que se introduce en el puente, entre otros. En la mayoría de los casos, el utilizar un brazo mecánico superior o inferior implicaría menos tiempo de inspección que el utilizar una escalera o plataformas tipo andamio para inspeccionar la estructura. Sin embargo, los brazos mecánicos están asociados con altos costos por la operación y mantenimiento de los vehículos. Este tipo de sistema se utiliza para el acceso a cubiertas donde el ingreso a través de otros medios no es factible o donde los procedimientos de inspección detallada son requeridos.



Figura 2-7 Brazo mecánico inferior

2.2.7 Ejecutar la inspección

Los deberes asociados con la inspección incluyen la descripción de apropiada de la estructura de tal forma que la inspección se realice mediante un sistema de numeración de los miembros. Este sistema deberá coincidir con la numeración que posean los elementos en los planos, lo que permite de manera ordenada, desarrollar la secuencia de inspección y seguir los procedimientos de inspección apropiados.

2.2.8 Preparar informes

La documentación es esencial para el sistema de administración de puentes. El inspector debe reunir suficiente información para asegurar un informe completo y detallado según los formatos descritos en este manual. Los detalles de los documentos que el inspector debe preparar se describen en los capítulos 4, 5 y 6, dependiendo del tipo de inspección.

2.3 Medidas de seguridad

2.3.1 Causa de accidentes

Las mayores causas de accidentes en el trabajo de campo son los errores humanos y la falla del equipo. Los errores humanos pueden ser reducidos al reconocer que todos cometemos errores, por lo que se realiza una planificación adelantada para minimizar sus efectos. La falla del equipo se puede disminuir verificando su buen funcionamiento, dando mantenimiento y actualizando el

equipo. Algunas causas específicas de accidentes son:

1. Actitud inapropiada – distracción, descuido y preocupación acerca de asuntos personales
2. Limitaciones personales – falta de conocimiento o habilidades, capacidades físicas excedentes.
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 y no se reconocen los peligros.
6. Atajos – se sacrifica la seguridad por ganar tiempo.
7. Equipo defectuoso – peldaños de escaleras dañadas, cuerdas gastadas o cables deshilachados, entre otros.
8. Prendas inapropiadas o muy sueltas.

Los lineamientos generales para una inspección segura incluyen:

1. Evitar intoxicaciones o el uso de drogas que impidan el juicio, reflejos o coordinación.
2. Evitar los medicamentos con receta o sin ésta pueden causar efectos secundarios que son peligrosos, como: somnolencia, mareos, etc.
3. Se debe asumir que todos los cables y alambres de electricidad tienen corriente eléctrica; todas las líneas de electricidad deben ser interrumpidas.
4. La asistencia siempre funciona en parejas.
5. Siempre que se trabaje sobre cuerpos de agua utilizando para la inspección botes de seguridad, se debe proveer equipo con timbres y chalecos salva vidas y comunicación de radio.
6. 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.
7. En la inspección sobre el tráfico, si trabajar sobre el tráfico no puede ser evitado, las herramientas y cuadernos deberán estar siempre atados.
8. Al ingresar en áreas oscuras, se deberá de usar siempre un foco y se deberá considerar el uso de cuerdas de seguridad y un suministro de oxígeno.
9. El respirar el polvo de las excreciones de las palomas o el asbesto puede causar cáncer en los pulmones.

2.3.2 Prácticas de seguridad

La inspección de los puentes es sin duda peligrosa, por lo que se requiere de una atención continua de parte de cada miembro del equipo de inspección. La actitud, el estar alerta y el sentido común son tres factores importantes para mantener la seguridad. Los accidentes pueden causar

sufrimiento, dificultades familiares y hasta la muerte. Los accidentes también tienen un costo monetario en el equipo, pérdida de la producción y gastos médicos. Hacer el esfuerzo para mantener la seguridad paga grandes dividendos al evitar los gastos y las aflicciones. La consideración más importante para inspeccionar la seguridad de un puente es la preocupación del inspector al crear un ambiente de trabajo seguro y son últimamente los inspectores de puentes los responsables de su propia seguridad. Los buenos hábitos laborales y las responsabilidades que llevan a ambiente laboral seguro incluyen:

1. Mantenerse descansado y alerta.
2. Mantener un condicionamiento físico y de salud.
3. Utilizar las herramientas adecuadas.
4. Mantener las áreas de trabajo ordenadas y limpias.
5. Establecer procedimientos sistemáticos que conciernen la expectativa de cada uno.
6. Seguimiento de las reglas y regulaciones establecidas por la agencia.
7. Uso del sentido común y el buen juicio
8. Reconocer las limitaciones físicas
9. Conocimiento de las reglas y los requerimientos de trabajo
10. Seguridad de los compañeros de trabajo
11. Reportar un accidente

El encargado y los supervisores son responsables de proveer un ambiente laboral seguro, el cual incluye:

1. Regulaciones y directrices de seguridad de fácil comprensión.
2. Entrenamiento en seguridad.
3. Herramientas y equipos apropiados.
4. Supervisión de los procedimientos laborales establecidos.
5. Consejo para aplicar los procedimientos de seguridad.
6. Consejo para hacer uso adecuado del equipo.
7. Hacer cumplir las regulaciones de seguridad

2.3.3 Prendas de inspección apropiadas

Es importante vestirse apropiadamente para inspeccionar. Las ropas de campo deberán ser de la talla adecuada para cada individuo y deben ser acordes con el clima. Para las actividades de inspección generales, el inspector deberá de usar botas de cuero con una suela que produzca tracción. Para escalar hasta los elementos del puente, el inspector debe usar botas con punta de acero (con suelas que no resbalen y sin una tracción muy pesada), al igual que el uso de guantes de cuero. El uso de un cinturón de herramientas permite al inspector cargar herramientas y notas y

aún así tener las manos libres para escalar y realizar otras actividades de inspección.

Aunque el equipo de seguridad está diseñado para prevenir lesiones, el inspector deberá usar este equipo para obtener protección. Algunas piezas comunes del equipo de seguridad son:

1. **Casco** para proteger la cabeza del inspector de objetos que se puedan caer y de impactos.
2. **Chaleco de seguridad** es esencial cuando se trabaja cerca de condiciones de tráfico.
3. **Gafas de seguridad** para proteger los ojos cuando el inspector se expone a partículas que circulan en el aire.
4. **Salva vidas** es esencial cuando se trabaja en el agua.
5. **Mascarilla** protege los pulmones de contaminantes dañinos.
6. **Respirador** protege al inspector de contaminantes dañinos en el aire como residuos arenosos, pintura y excreciones de palomas.
7. **Cinturón de seguridad y arnés** deberán ser usados cuando el inspector trabaja en alturas excesivas.
8. **Guantes** para proteger la mano de eventuales heridas por miembros deteriorados.

2.3.4 Seguridad para escalar



Figura 2-8 Actividades de inspección en alturas

Existen tres áreas básicas de preparación necesaria para una inspección que implica escalar. La primera área básica es la organización de la inspección.

1. Estrategia para escalar, el tiempo de escalar deberá ser minimizado.
2. Plan de inspección, el inspector debe saber exactamente a donde ir, lo que se necesita hacer y el tipo de herramientas necesarias para realizar la labor.
3. Condiciones climáticas, condiciones lluviosas justifican el posponer las inspecciones de puentes de acero.
4. El tráfico no deberá ser obstruido.

La segunda área básica es la inspección del equipo, el cual deberá ser verificado para que su uso y sus condiciones sean apropiados:

1. Escaleras, los accidentes con escaleras son los más comunes
2. Andamiaje, su altura, capacidad de carga, agrietamiento, conexiones sueltas y áreas débiles deberán ser verificadas.
3. Los tablonces de madera, se deberá de usar uno o más tablonces ajustados seguramente, los extremos del tablón deberán ser sujetos a sus apoyos.
4. Los vehículos de inspección, brazos mecánicos superior e inferior deberán ser usados cuando sea posible.
5. Plataformas, el inspector deberá tener conocimientos con las técnicas de plataformas apropiadas sin contar con una confianza extrema en estas.

La tercera área básica que requiere el instructor es estar mentalmente preparado para la inspección que implica escalar. Una buena actitud hacia la seguridad es de vital importancia. Tres precauciones que tienen que ser tomadas en cuenta son:

1. Evitar la angustia emocional- no escalar cuando se está molesto emocionalmente o cuando se carece de dominio propio.
2. Conciencia de uno mismo, saber siempre donde se encuentra y lo que está haciendo cuando está escalando.
3. Seguridad en sí mismo, no realizar ninguna acción cuando no se tiene confianza de realizarlas con seguridad y no esconder el hecho de que algo no fue inspeccionado.

2.3.5 Espacios confinados

La inspección de las vigas cajón, secciones circulares de acero, estructuras de celdas de concreto y alcantarillas largas involucra realizar actividades en espacios confinados. Existen tres preocupaciones principales cuando se inspecciona en este tipo de lugares:

1. Falta de oxígeno, el contenido del oxígeno deberá mantenerse por encima de un 19% para que el inspector se mantenga en un estado conciente.
2. Gases tóxicos, generalmente se producen por los procesos de las obras como pintar, quema de materiales y soldar.
3. Gases explosivos, los materiales tales como el gas natural y el metano son producto de la oxidación natural de la materia orgánica.

Cuando un espacio confinado debe ser inspeccionado, algunas precauciones de seguridad básicas deben de ser:

1. Poner a prueba el oxígeno y otros gases en intervalos de 15 minutos.
2. Evitar el uso de líquidos inflamables.
3. Colocar los vehículos de inspección lejos de las áreas de entrada para evitar el humo del monóxido de carbono.
4. Las operaciones que implican el uso de gasolina deben ser realizadas en la dirección del viento de donde está el operador y el equipo de reinspección.
5. Hacer uso de un aparato respirador aprobado cuando el ventilar no es posible o cuando no hay acceso a un equipo de detección.
6. Se requiere una iluminación adecuada y cuerdas de seguridad al ingresar en alcantarillas.
7. La inspección debe ser realizada en parejas con un tercer inspector, el cual permanece fuera de la oscuridad y de lugares confinados.

2.3.6 Organización del control de tráfico

Los principios y procedimientos que realzan la seguridad de los conductores y de los inspectores de puentes en áreas de trabajo son las siguientes:

1. La seguridad del tráfico debe ser un elemento de alta prioridad en cada proyecto de inspección de puentes cuando las actividades del inspector están expuestas al tráfico o más dadas a afectar los movimientos de tráfico normal.
2. El tráfico debe tener una ruta a través de las áreas de trabajo con dispositivos geométricos y de control de tráfico, que se pueden comparar a los utilizados para otras situaciones en las carreteras.
3. El movimiento del tráfico debe de ser restringido.
4. Los conductores que se acercan al área de trabajo deben ser guiados de manera clara y segura a través del sitio de inspección de puentes.
5. En las inspecciones de larga duración, se debe de realizar una inspección rutinaria de los dispositivos de control de tráfico.
6. Todas las personas responsables de las operaciones de control de tráfico deben ser entrenadas adecuadamente.

Capítulo 3 Información general sobre el inventario e inspección periódica de puentes

3.1 Introducción

El sistema de administración de estructuras de puentes es importante ya que permite almacenar información específica y necesaria de los puentes. Este sistema cuenta con dos actividades fundamentales para la investigación, recopilación e introducción de información sobre cada puente, las cuales son: la recolección de datos para inventario y la inspección periódica de puentes.

El inventario de puentes consta de cinco formularios que contienen información general del puente, detalles de la superestructura y la subestructura, imágenes de los planos y fotografías. La información que se introduce dentro del inventario no va a variar sino hasta que alguna de las partes principales del puente sea modificada o el puente sea reemplazado por una nueva estructura. En este último caso se conserva un historial del puente reemplazado.

En cuanto a los datos de inspección, éstos serán almacenados en el momento en que se realice la inspección del puente según los formularios 6 y 7 que forman parte de esta actividad. Los reportes de la hoja de inspección deben ser realizados de una manera muy cuidadosa por el inspector ya que es una parte importante del sistema, estos informes son guardados para ser utilizados como una herramienta administrativa debido a que a partir de los datos recopilados y en conjunto con otra información esencial como lo es la obsolescencia estructural (relaciona la capacidad de carga, geometría de la losa y claro libre vertical superior e inferior), el tránsito promedio diario, el tipo de ruta, la longitud de desvío y otros datos, se determina la deficiencia estructural, priorización de reparación y la estimación del costo bruto de la reparación de los puentes.

La información que se debe introducir en el inventario y la inspección de puentes se menciona más extensamente en el capítulo 4 de este manual.

El inventario de puentes y las actividades de inspección incluyen tres partes generales las cuales son: dimensionamiento del puente, inspección visual y toma de fotografías, estas se describen con más detalle a continuación.

3.2 Dimensionamiento de los puentes

Las dimensiones de los puentes es información importante para aspectos tales como el cálculo del costo de reparación, determinar el alcance de la reparación y estimar la capacidad de carga, entre otros. En algunas ocasiones los planos originales no se pueden encontrar en el departamento de puentes, por lo que es necesario realizar el dimensionamiento de los diferentes elementos

principales del puente. Para realizar esta tarea en puentes de longitudes menores a los 200 metros se puede requerir cerca de una hora o menos. Dentro de las mediciones existen algunas dimensiones que son datos indispensables tales como la longitud total del puente, ancho de la calzada, altura de la viga y el número de vigas principales.

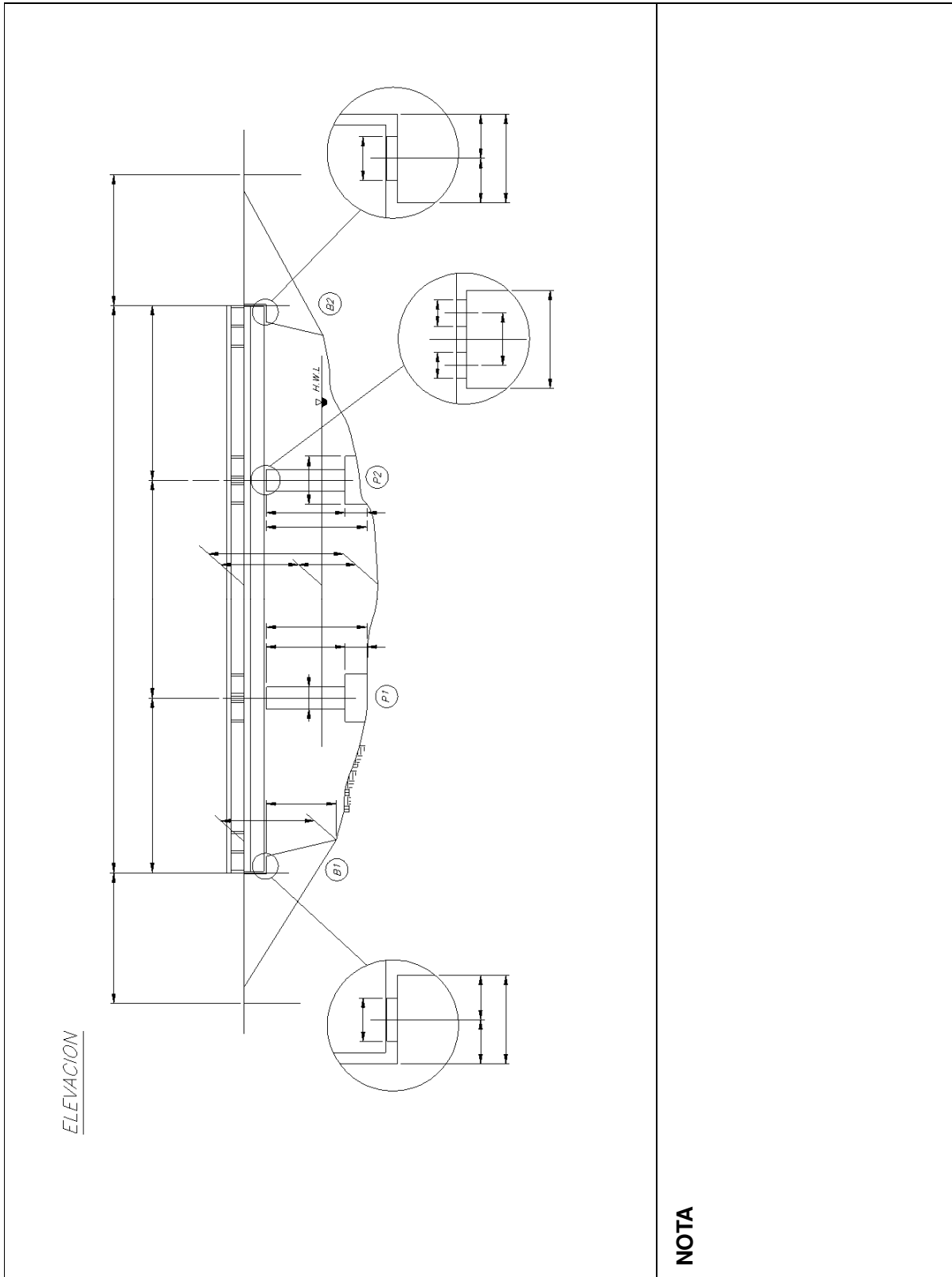
De la figura 3-1 a la figura 3-5 se han preparado algunos gráficos para la conveniencia de los ingenieros e inspectores, ya que esto facilita el registro de las dimensiones de los puentes en el campo y además ayuda a conocer en que puntos es importante tomar las medidas para que no falte ninguna. En caso de que las figuras en este manual no puedan ser aplicadas como estándares para la medición de puentes, los ingenieros o los inspectores deberán definir a cuales elementos del puente es necesario tomarles las dimensiones y adjuntar la información a la hoja de inspección.

3.3 Inspección visual del deterioro del puente

La inspección visual que se realiza para la evaluación del deterioro del puente es parte importante de la inspección periódica de los puentes. Los datos son también utilizados para analizar un estimado de los costos de reparación del puente, priorizar la reparación del puente y clasificar el grado de deterioro de estos. Si los datos no son precisos o registrados correctamente, los resultados no son fiables para cumplir el propósito de la administración de puentes. Por lo que, el inspector debe comprender por completo la información que va a recopilar en el registro de los datos de inspección descritos en este manual.

3.4 Fotografías

- 1) Las fotografías son datos de información importantes para el mantenimiento de puentes. Los inspectores deben en la medida de lo posible hacer uso de este recurso. Las fotografías tomadas en la inspección de inventario son almacenadas dentro de los datos de inventario. Existen partes esenciales en un puente que deben ser fotografiadas, por lo que de la figura 3-6, se muestran ejemplos de las partes que el inspector no debe olvidar fotografiar cuando se realiza el estudio de inventario, entre estas encontramos: rótulo con el nombre del puente, vista de la vía a los largo de la línea de centro, perspectiva de todo el puente, vista lateral, vista inferior, vista del cauce del río, vista de la subestructura, vista del elemento que cruza el puente, señales, entre otras. De acuerdo con las fotografías para la hoja de inspección están: losa, viga principal, bastiones, pilas, apoyos, juntas de expansión, superficie de rodamiento, barandas.



NOTA

Figura 3-1 Hoja de Medición (Elevación)

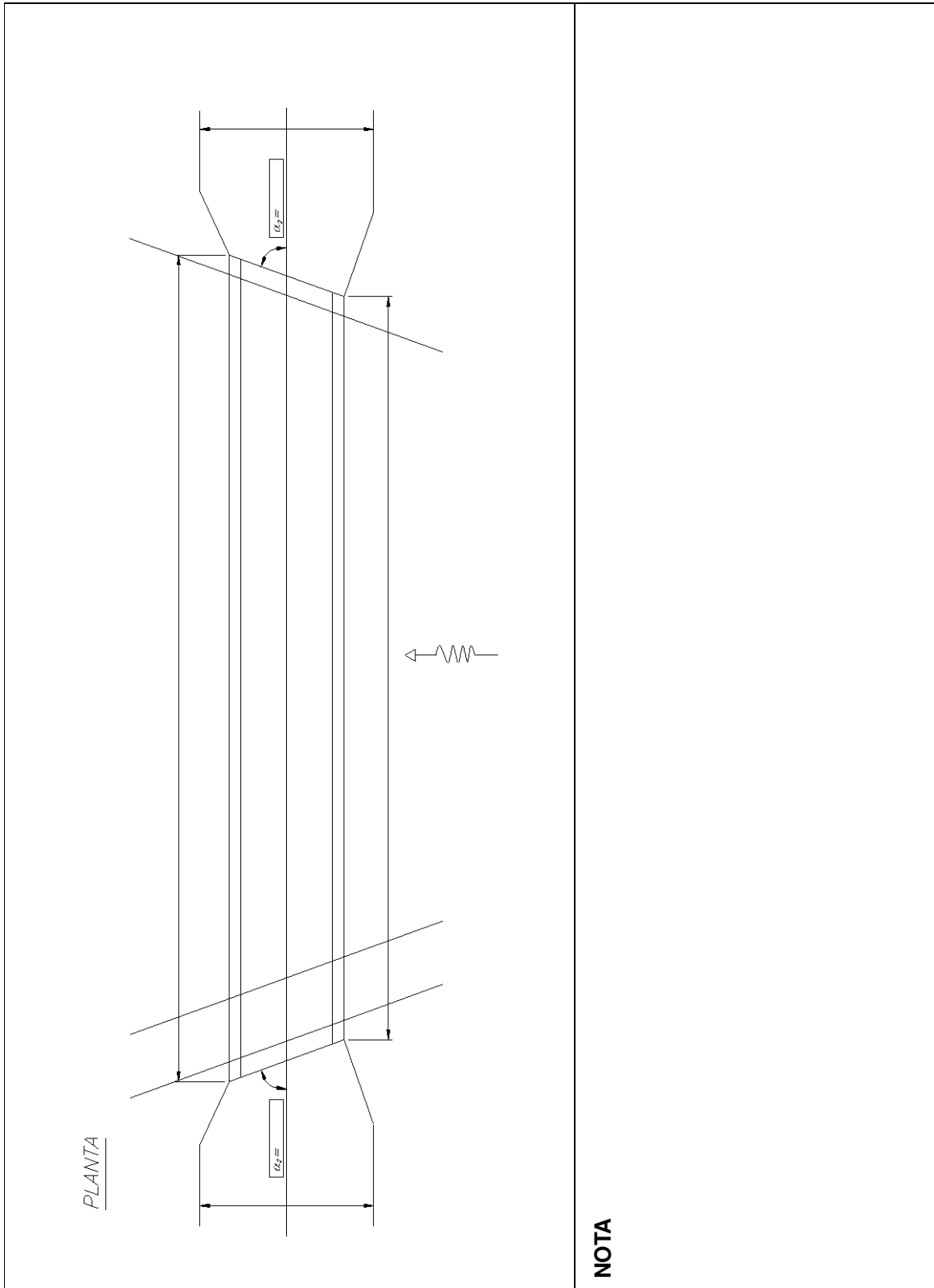
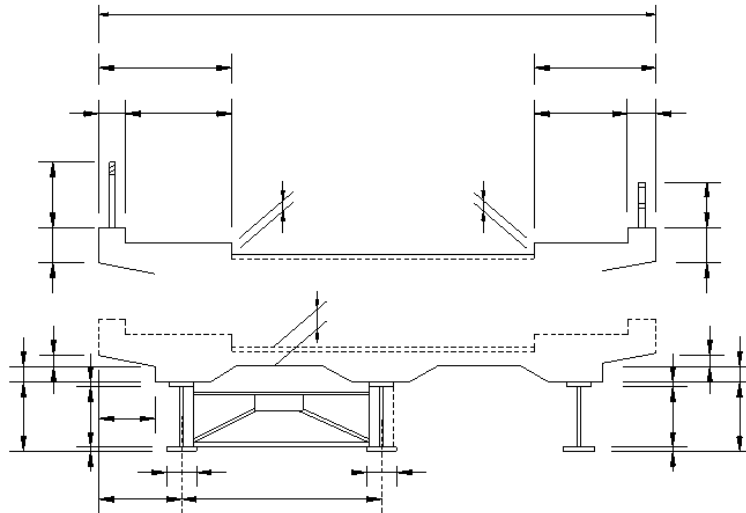


Figura 3-2 Hoja de Medición (Plano)

SECCIÓN TRANSVERAL – PUENTE METALICO



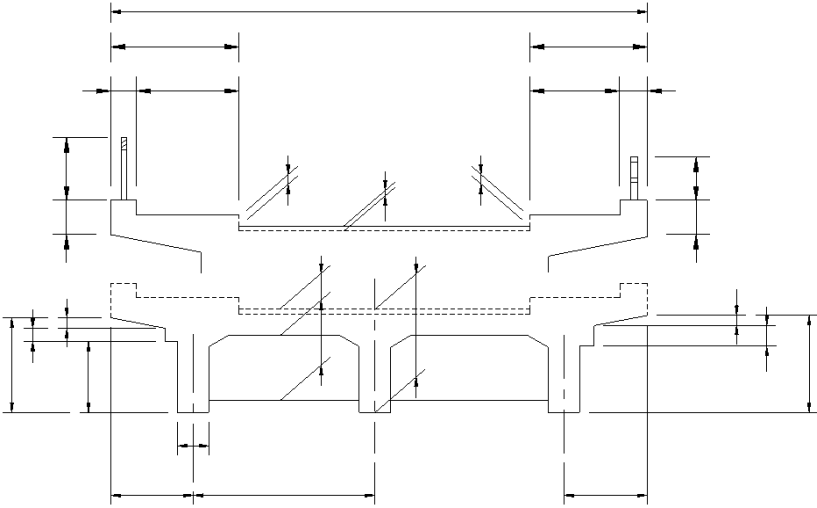
Número de vigas:

Número de viguetas:

Número de diafragmas:

Figura 3-3 Hoja de Medición (Sección Transversal para Puente de Acero)

SECCIÓN TRANSVERAL – PUENTE DE HORMIGÓN



	Número de vigas:
	Número de diafragmas:

Figura 3-4 Hoja de Medición (Sección Transversal para Puente de Concreto)

SECCIÓN TRANSVERAL – PUENTE LOSA

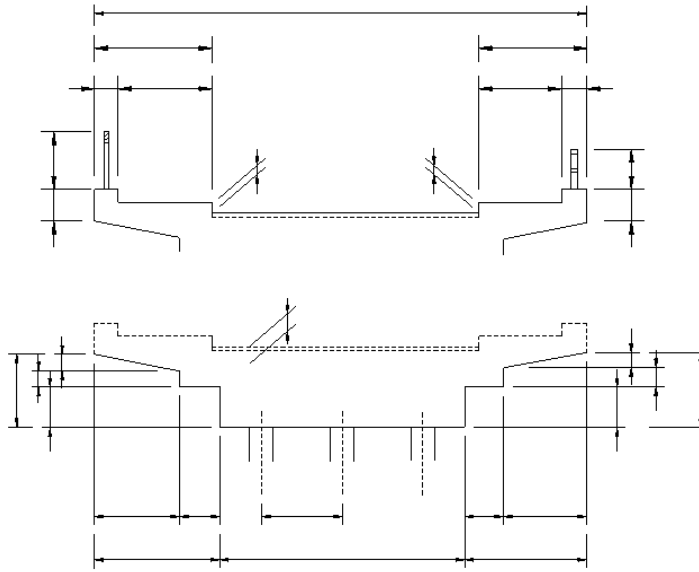


Figura 3-5 Hoja de Medición para Losas de Puente

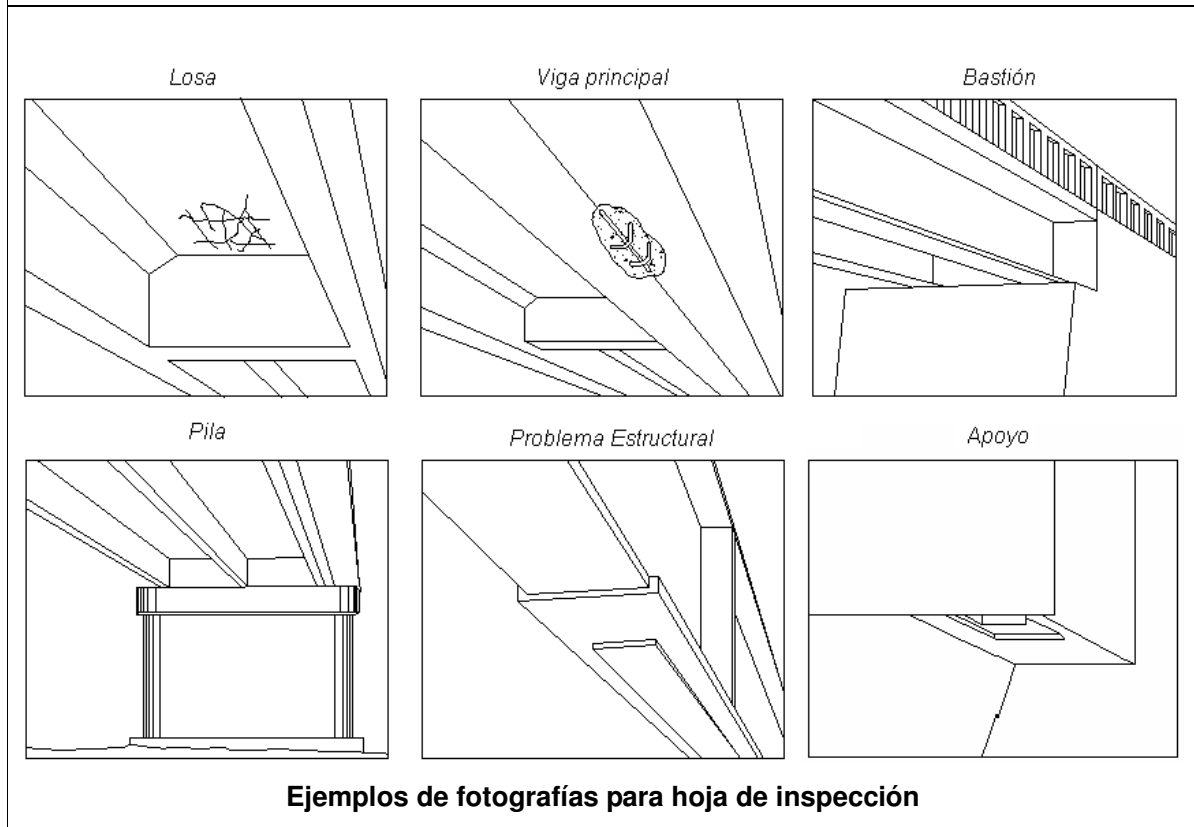
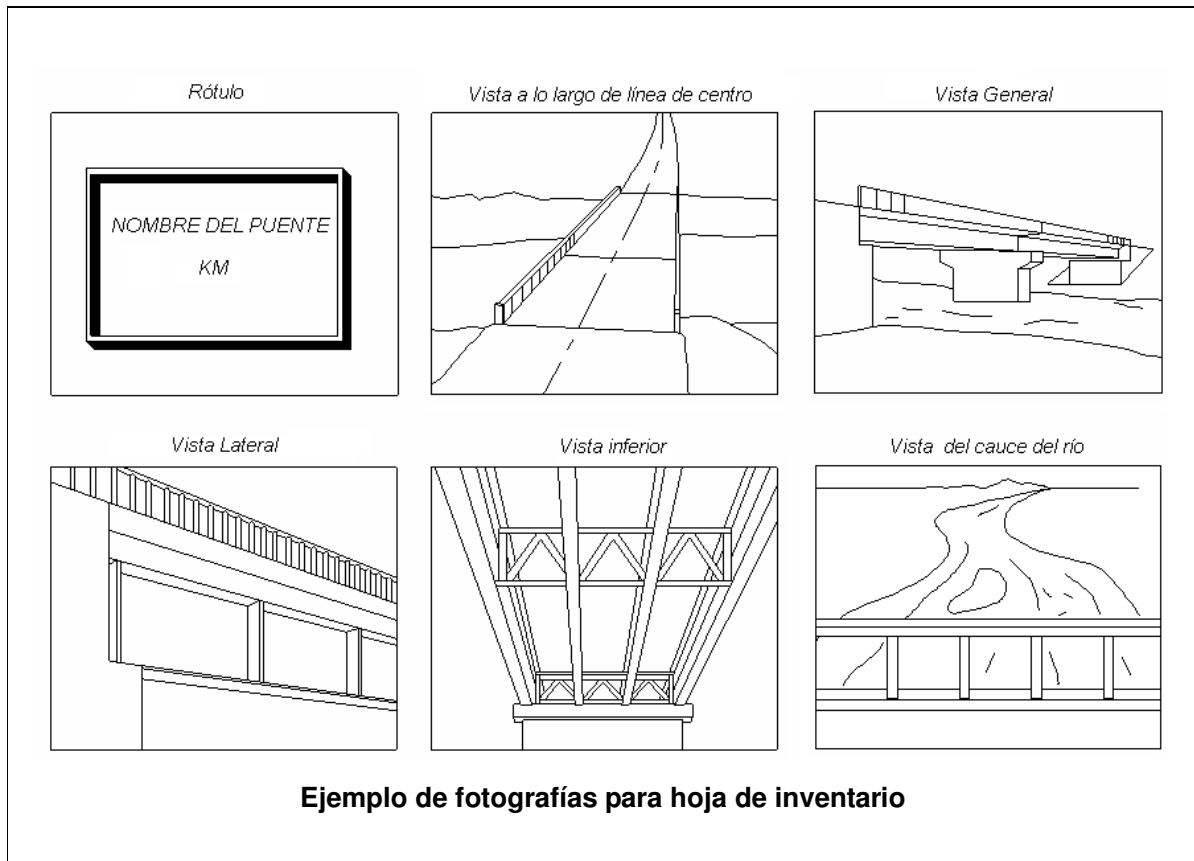


Figura 3-6 Guía para las fotografías

Capítulo 4 Descripción de los formularios de inventario e inspección de puentes

4.1 Introducción

Para el inventario y la inspección de puentes se recopilan datos sobre generalidades del puente, estado en que se encuentra actualmente, reparaciones que se han realizado, entre otras. Para obtener información real y estandarizada estos informes deben ser claros y completados según los formularios de inventario e inspección estándar respectivamente, lo que permitirá que se cuente con un archivo de registro con el mismo formato de información para cada puente.

El sistema cuenta con divisiones en las cuales los documentos son almacenados en un orden específico. Estas divisiones o pestañas del programa son las siguientes: elementos básicos, dimensiones del camino, superestructura, subestructura y otros. Dentro de la división de otros se almacenan comentarios, archivos de memoria de inspección y archivos de memorias de los trabajos de reparación.

Los archivos de memorias de inspección contienen fotografías y la calificación del grado de deterioro de los elementos inspeccionados. Los datos se incorporan directamente en una pantalla de entrada. Las instrucciones de evaluación de daños se van a describir paso a paso en este capítulo.

4.2 Formularios

Los formularios son hojas donde se recopila la información necesaria de cada puente, luego de realizar la recolección de los datos, éstos deben ser almacenados en el archivo correspondiente del sistema. Los datos y la información requerida para los formularios del uno al siete se describen a continuación, los formularios del uno al cinco son para los datos de inventario y del seis al siete son para el registro de inspección de puentes. Cada uno de los formularios en la parte superior contiene tres filas con información general del puente, es la misma información general para cada formulario, (nombre del puente, número de ruta, clasificación de la ruta, kilómetro de inicio del puente, localización por provincia, cantón y distrito, localización por coordenadas, nombre de la institución encargada del mantenimiento, fecha de diseño del puente y fecha de construcción).

4.2.1 Formulario-1 Inventario básico del puente. Características generales

Este formulario presenta datos de información general del puente y se divide en siete partes. La primera es la información básicos que sería, dirección de la vía, tipo de estructura, tipo de carga viva, longitud total del puente, especificación de diseño utilizada, número de superestructuras,

número de tramos, número de subestructuras, longitud de desvío, pendiente longitudinal, fecha de la última pintura, servicios públicos, cruce, pavimento, conteo de tráfico y restricciones. La segunda parte corresponde a las dimensiones. La tercera parte son los antecedentes de inspección y la cuarta parte se refiere a los antecedentes de rehabilitación. La quinta parte es la ubicación del puente, la sexta parte es la vista panorámica del puente y por último la séptima parte que corresponde a una casilla con observaciones para anotaciones de datos importantes.

4.2.2 Formulario-2 Inventario básico del puente. Detalle de superestructura

La información relevante de la superestructura se registra en este formulario. Este formulario consta de una tabla que detalla los datos de cada superestructura del puente. Con respecto al número de superestructuras que se incluyó en el formulario anterior se describe primero el número de tramos con que cuenta la superestructura correspondiente, la alineación de la planta, el tipo de material de las vigas principales, el tipo de superestructura, el tipo de viga, la longitud total, la longitud del tramo máximo, altura de la viga, tipo de juntas de expansión al inicio y final, material y espesor de la losa, tipo de pintura utilizada en el caso de vigas de acero, área pintada y empresa encargada de pintar. Las diferentes opciones para completar la información del formulario se mencionan más adelante.

4.2.3 Formulario-3 Inventario básico del puente. Detalle de subestructura

La información de la subestructura se almacena y se recopila en este formulario. Sobre el bastión y la pila se introduce el tipo de material, tipo de bastión o pila, altura, sobre la pila la forma de la columna y dimensiones, sobre la fundación el tipo, dimensiones y si existen pilotes se especifica el tipo, además el tipo de apoyo y el ancho de asiento. El tipo de materiales, el tipo de estructura, tipo de apoyo en cada subestructura y demás información se indican en la guía de recopilación en este manual.

4.2.4 Formulario-4 Inventario básico del puente. Planos

Si los planos constructivos están disponibles deben ser escaneados y almacenados en este formulario. En el caso de que algún plano no exista, deben escanearse esquemas con dimensiones del puente incluyendo la longitud, componentes, geometría de la losa, altura de la subestructura y otras notas especiales.

4.2.5 Formulario-5 Inventario básico del puente. Fotografías

Se deben recopilar para este formulario fotografías que muestren características típicas del puente. El inspector debe proveer fotografías digitales a color de 400 puntos x 600 puntos de

cada puente para el archivo de inventario. Cuando se realicen reparaciones grandes las fotografías deben ser renovadas.

Las siguientes fotografías deben estar presentes en el momento de la recopilación de las mismas:

- 2) Rótulo con el nombre del puente. Si no existe un rótulo en el puente, el inspector deberá anotar el nombre del puente en un papel y tomarle una fotografía a éste.
- 3) Vista de la vía a los largo de la línea de centro, la dirección debe ser en el sentido creciente del estacionamiento y se debe mostrar la condición de la superficie de rodamiento.
- 4) Perspectiva de todo el puente en donde se muestren las condiciones generales de los miembros principales.
- 5) Vista lateral en donde se pueda observar el tipo de viga principal.
- 6) Vista inferior donde se observe el sistema de piso, arriostramiento o diafragmas.
- 7) Vista desde la parte superior del puente donde se muestre el cauce del río y las condiciones para cruzar debajo del puente.
- 8) Vista de la subestructura que incluye el bastión, la pila y apoyos.
- 9) Vista del elemento que cruza el puente ya sea un río, camino o vía férrea.
- 10) Señales de límites de peso, carga, altura máxima, ancho, entre otras. Las señales deben verse legibles en las fotografías.

Además de los lugares mencionados anteriormente, también se deben tomar fotos del puente en sitios donde se presenten condiciones especiales y el inspector crea necesario.

4.2.6 Formulario-6 Inspección del puente. Grado de daño

Con respecto a las condiciones de grado de deterioro se debe realizar la inspección con este formulario. En la guía de codificación de este manual se describe el criterio de evaluación para el grado de daño en cada elemento del puente. El formulario debe ser completado según cada componente del puente, por ejemplo si el puente consiste en tres tipos de superestructuras, cerchas de acero, vigas I de acero y losa de concreto, el inspector debe preparar tres tipos de memorias del formulario 6 y 7 para cada componente. El registro de los daños debe ser renovado cada vez que se lleve a cabo una nueva inspección.

La calificación de los grados de deterioro ayudan en la planificación de las reparaciones necesarias. El grado de daño es la calificación dada por el inspector de campo a los componentes del puente. Se les asigna ese número objetivamente y no por criterios personales u opiniones, deben ser consistentes entre inspectores, es decir debe ser la misma calificación, para dar la misma deficiencia estructural del elemento.

El grado de deterioro es la medida del daño o deterioro y no es una medida de deficiencia de diseño. Por ejemplo, un puente viejo diseñado con baja capacidad de carga pero con un poco

deterioro o sin deterioro puede tener una buena calificación con respecto a un puente nuevo diseñado con las cargas modernas pero con deterioro que tendrá una calificación menor.

Hay quince elementos que se evalúan en el formulario 6, cada uno de estos enumera de tres a nueve condiciones de deterioro. Estos elementos son pavimento, baranda de acero o concreto, juntas de expansión, losa, viga principal de acero, sistema de arriostramiento, pintura, viga principal de concreto, viga diafragma, cuerpo principal del bastión, martillo de la pila y cuerpo principal de la pila. Cada elemento está basado en consideraciones independientes. Esto quiere decir que un elemento que pertenezca a la superestructura y obtenga un grado de deterioro alto, no implica necesariamente que la superestructura en general se encuentre en malas condiciones.

El formulario-6 tiene un espacio para los comentarios, estas observaciones se requieren para cualquier grado de daño de 4 o 5. Se dan más detalles del grado de deterioro para cada elemento en la guía de recopilación.

4.2.7 Formulario-7 Inspección del puente. Fotografías

Las fotografías en este formulario deben corresponder a las condiciones de deterioro del formulario-6 y este formulario debe renovarse cuando la inspección se lleva a cabo. No sólo se deben almacenar las fotografías de los elementos con mayores daños sino también los elementos con deterioro menor.

Las fotografías de este formulario deben incluir:

- 1) Las juntas de expansión. Si las juntas de expansión están cubiertas por sobrecapas de pavimento, se debe fotografiar el área donde se conoce que deben estar las juntas de expansión.
- 2) Los apoyos del puente. Si no hay apoyos en el puente, se debe fotografiar el límite entre la superestructura y la subestructura.
- 3) Vista inferior del puente para que se observe la condición de la losa y el sistema de piso.
- 4) Los bastiones del puente.
- 5) Se debe fotografiar el talud de aproximación al aletón del bastión mostrando la erosión de la pendiente.
- 6) El talud de protección al frente del bastión.
- 7) Las pilas del puente. Cualquier socavación o erosión significativa debe ser fotografiada.
- 8) Si el pavimento del puente ha sido reparado con sobrecapas de asfalto, se debe examinar el espesor de la sobrecapa de pavimento y se deben tomar fotografías mostrando la medida.
- 9) Baranda, si se observa alguna deformación o faltante de elementos.

Con respecto a las fotografías para la inspección, aquí se deben incluir fotos de todos los elementos que presenten los daños o deterioros descritos y evaluados en la hoja de inspección; no se debe limitar a las descripciones mencionadas anteriormente, sino se debe tomar fotografías de los rasgos que a criterio del inspector sean problemas estructurales, inusuales, peligrosos, o pobremente reparados.

Formulario-3 Inventario básico del puente. Detalle de subestructura

INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (DETALLE DE SUBESTRUCTURA)																						
NOMBRE DEL PUENTE	Río Coloreado		01		PROVINCIA ALAJUELA		ADMINISTRADO POR	Region I CONAVI			FECHA DE DISEÑO	DIA	MES	AÑO								
	No. DE LA RUTA	1	CLASIFICACION	Primario	LOCALIDAD	CANTON		GRECIA	LATITUD NORTE	10					1	21,4	1	7	1968			
KILOMETRO	34,270		km		DISTRITO		PUENTE DE PIEDRA		LONGITUD ESTE		84		21		32,1		15		9		1974	
No. DE	MATERIALES	TIPO	ALTURA	FORMA	PILA		TIPO	DIMENSIONES		TIPO DE PILOTES		TIPO		ANCHO DE ASIENTO								
					ANCHO	LARGO		ANCHO	LARGO	INICIAL	FINAL											
B1	Concreto	Marco rígido	10,00 m		m	m	Placa corrida	2,13 m	3,63 m	Fijo	Fijo			0,61 m								
B2	Concreto	Marco rígido	10,00 m		m	m	Placa corrida	1,83 m	2,44 m	Fijo	Fijo			0,46 m								
P1	Concreto	Marco rígido	12,00 m	Columna sencilla	0,91 m	0,91 m	Placa corrida	2,13 m	3,05 m	Expansivo	Expansivo			0,42 m								
P2	Concreto	Marco rígido	15,00 m	Columna sencilla	0,91 m	0,91 m	Placa corrida	2,13 m	3,05 m	Expansivo	Expansivo			0,42 m								
P3	Concreto	Marco rígido	10,00 m	Columna sencilla	0,91 m	0,91 m	Placa corrida	2,13 m	3,05 m	Fijo	Fijo			0,42 m								
P4	Concreto	Marco rígido	13,00 m	Columna sencilla	0,91 m	0,91 m	Placa corrida	2,13 m	3,05 m	Fijo	Fijo			0,42 m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								
			m		m	m		m	m					m								

Formulario-6 Inspección del puente. Grado de daño

INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)										No. DE ESTRUCTURA			1			
NOMBRE DEL PUENTE		01		ADMINISTRADO POR		Region I CONAVI		DIA		MES		AÑO				
Río Colerado		Punato		ALAJUELA		LA TITUD NORTE		1		7		1968				
No. DE LA RUTA		34,270		PROVINCIA		CANTON		21,4		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION		1974				
KILOMETRO		34,270		LOCALIDAD		DISTRITO		LONGITUD ESTE		32,1		COMENTARIOS				
		km		PUENTE DE PIEDRA												
TIPO DE DAÑO Y EVALUACION DEL GRADO DEL DAÑO																
1.	PAVIMENTO	ITEM EVALUACION	1. ONDULACION	2. SURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO									
			1	1	3	2	1									
2.	BARANDA (ACERO)	ITEM EVALUACION	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE										
3.	BARANDA (CONCRETO)	ITEM EVALUACION	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EMPUESTO	3. FALTANTE											
			1	1	1											
4.	JUNTA DE EXPANSION	ITEM EVALUACION	1. SONIDOS EXTRAÑOS	2. FILTRACION DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACION	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OSTRUIDAS	6. ACERO DE REFUERZO EMPUESTO								
			1	5	1	1	5	1								
5.	LOSA	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. AGUJEROS							
			1	1	2	2	1	3	1							
6.	VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM EVALUACION	1. OXIDACION	2. CORROSION	3. DEFORMACION	4. PERDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA									
7.	SISTEMA DE ARBOSTRAMIENTO	ITEM EVALUACION	1. OXIDACION	2. CORROSION	3. DEFORMACION	4. ROTURA DE CONEXIONES	5. ROTURA DE ELEMENTOS									
8.	PINTURA	ITEM EVALUACION	1. DECOLORACION	2. AMPOLLAS	3. DESCASCARAMIENTO											
9.	VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA								
			1	1	1	1	1	1								
10.	VIGA DIAFRAGMA	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA								
			1	1	1	1	1	1								
11.	APOYOS	ITEM EVALUACION	1. ROTURA DE PERNOS	2. DEFORMACION EXTRAÑA	3. INCLINACION	4. DESPLAZAMIENTO										
			1	1	3	1										
12.	VIGA CABEZAL Y ALETONES (BASTION)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. PROTECCION DE TALUD							
			1	1	1	1	1	1	1							
13.	CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. PERDIDA DEL TALUD							
			1	1	1	1	1	1	1							
14.	MARTILLO (PILA)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA								
			1	1	1	1	1	1								
15.	CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMI ENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. INCLINACION							
			3	1	1	1	1	1	1							
			8. SOCAVACION													
			1													
										FECHA INSPECCION	1	10	2005	NOMBRE DE INSPECTOR	Gabriela Muñoz	FIRMA

Formulario-7 Inspección del puente. Fotografías

INSPECCION DE PUENTES (FOTOGRAFIA)																			
NOMBRE DEL PUENTE		Río Colorado		01		Region 1 CONAVI		No. DE ESTRUCTURA											
No. DE LA RUTA		1		Clasificación		Primario		DIA											
KILOMETRO		34,270		km		PUENTE DE PIEDRA		FECHA DE DISEÑO											
No.		1		UBICACION		Baranda de acero		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION											
No.		2		UBICACION		Juntas de expansión		DIA											
No.		3		UBICACION		Juntas de expansión		MES											
No.		4		UBICACION		Juntas de expansión		AÑO											
NOTA		Se observa la deformación en la baranda		DIA		4		MES		10		AÑO		2005					
No.		4		UBICACION		Losa		DIA		4		MES		10		AÑO		2005	
NOTA		Se ve eflorescencia en algunas partes de la losa		DIA		4		MES		10		AÑO		2005					
No.		5		UBICACION		Losa		DIA		4		MES		10		AÑO		2005	
NOTA		Se puede ver como existe filtración de agua a través de las juntas		DIA		4		MES		10		AÑO		2005					
No.		6		UBICACION		Pila		DIA		4		MES		10		AÑO		2005	
NOTA		Las juntas están obstruidas con sobrecapas de pavimento		DIA		4		MES		10		AÑO		2005					
No.		7		UBICACION		Juntas de expansión		DIA		15		MES		9		AÑO		1974	
No.		8		UBICACION		Juntas de expansión		DIA		1		MES		7		AÑO		1968	

Capítulo 5 Guía de recopilación de datos

5.1 Introducción

Esta guía de recopilación corresponde a la información que se debe obtener de los formularios de inventario e inspección mencionados en el capítulo 4. Los inspectores que preparan la inspección del puente deben conocer la información de este capítulo. El inspector debe llenar cada uno de los formularios en el sitio de inspección.

5.2 Introducción de datos de información general para la identificación del puente

Los datos de información general de cada puente como se mencionó anteriormente son iguales para todos los formularios. Una vez que los datos son introducidos en el sistema, éstos aparecen en la impresión de cada uno de los siete formularios. A continuación se describe detalladamente la introducción de datos.

5.2.1 Número de puente

Este dato es definido por el encargado de la Dirección de Puentes del MOPT.

5.2.2 Nombre del puente

Generalmente en Costa Rica cuando un puente cruza un río éste lleva el nombre del mismo. De lo contrario si el puente cruza sobre una carretera o vía férrea hay que verificar planos o información del puente para obtener este dato y sino consultar con el encargado de la Dirección de Puentes.

5.2.3 Clasificación de la ruta

Este ítem se debe seleccionar de las cuatro opciones existentes. Existen cuatro tipos de clasificación de la ruta: ruta primaria, secundaria, terciaria o cantonal.

Según la ley número 5060 “Ley general de caminos públicos y sus reformas” se definen como rutas primarias a la red de rutas que sirven de corredores caracterizados por volúmenes de tránsito relativamente altos y con una alta proporción de viajes internacionales, interprovinciales o de la larga distancia; rutas secundarias son las que conectan cabeceras cantonales importantes, así como otros centros de población, producción o turismo; rutas terciarias son aquellas que sirven de colectoras del tránsito para las carreteras primarias y secundarias y las rutas cantonales son las que están administradas por las municipalidades que incluyen los caminos vecinales, locales y los no clasificados. Las rutas primarias, secundarias y terciarias son definidas como tales por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT según el tránsito promedio diario de cada una. En la

tabla 5-1 se muestran las opciones.

Tabla-5-1 Datos del tipo de ruta

Número	Tipo de ruta
1	Primaria
2	Secundaria
3	Terciaria
4	Cantonal

5.2.4 Kilómetro

Se refiere al kilómetro en el cual está ubicado el inicio del puente. Es definido según cada ruta y al igual que el caso anterior la Dirección de Planificación Sectorial cuenta con esta información.

5.2.5 Localización

Se define la ubicación del puente según la provincia, cantón y distrito. Para esta información existen opciones de las cuales se puede obtener el dato correcto. A continuación se muestra un ejemplo de parte de la tabla de opciones en el caso de la provincia de San José.

Tabla-5-2 Ejemplo de datos de localización

NÚMERO	PROVINCIA	NÚMERO	CANTÓN	NÚMERO	DISTRITO
1	SAN JOSÉ	01	SAN JOSÉ	01	CARMEN
				02	MERCED
				03	HOSPITAL
				04	CATEDRAL
				05	ZAPOTE
				06	S. FRANCISCO DOS RIOS
				07	URUCA
				08	MATA REDONDA
				09	PAVAS
				10	HATILLO
				11	SAN SEBASTIAN
		02	ESCAZÚ	01	ESCAZU
				02	SAN ANTONIO
				03	SAN RAFAEL
		03	DESAMPARADOS	01	DESAMPARADOS
				02	SAN MIGUEL
				03	SAN JUAN DE DIOS
				04	SAN RAFAEL ARRIBA
				05	SAN ANTONIO
06	FRAILES				
07	PATARRA				
08	SAN CRISTOBAL				
09	ROSARIO				

5.2.6 Administración

Se debe de determinar las regiones ya sea del MOPT o CONAVI o las municipalidades que están encargadas del mantenimiento del puente, a continuación en la tabla 5-3 presenta la información de donde se determina este dato.

Tabla-5-3 Datos de las instituciones encargadas de la administración

Número	Oficina	Número	Oficina	Número	Oficina
1	Región 1 MOPT	13	Región 1 CONAVI	25	Región 13 CONAVI
2	Región 2 MOPT	14	Región 2 CONAVI	26	Región 14 CONAVI
3	Región 3 MOPT	15	Región 3 CONAVI	27	Región 15 CONAVI
4	Región 4 MOPT	16	Región 4 CONAVI	28	Región 16 CONAVI
5	Región 5 MOPT	17	Región 5 CONAVI	29	Región 17 CONAVI
6	Región 6 MOPT	18	Región 6 CONAVI	30	Región 18 CONAVI
7	Región 7 MOPT	19	Región 7 CONAVI	31	Región 19 CONAVI
8	Región 8 MOPT	20	Región 8 CONAVI	32	Región 20 CONAVI
9	Región 9 MOPT	21	Región 9 CONAVI	33	Región 21 CONAVI
10	Región 10 MOPT	22	Región 10 CONAVI	34	Región 22 CONAVI
11	Región 11 MOPT	23	Región 11 CONAVI	35	Municipalidad del cantón
12	Región 12 MOPT	24	Región 12 CONAVI	-	-

5.2.7 Latitud y Longitud

Se refiere a la localización del puente según sus coordenadas. Para obtener este dato es necesario que el inspector porte un aparato de sistema de posicionamiento global conocido como GPS por sus siglas en inglés.

5.2.8 Fecha de diseño y construcción

La fecha de diseño y construcción en el caso de que existan planos o información sobre el puente puede obtenerse de allí, de lo contrario hay que consultar al encargado de la Dirección de Puentes.

5.3 Introducción de datos del formulario-1. Inventario básico del puente

Este formulario se divide en siete partes: información básica, dimensiones generales del puente, antecedentes de inspección, antecedentes de rehabilitación, ubicación, vista panorámica y observaciones. Para cada una de estas partes se debe recopilar información ya sea de los planos del puentes o en el sitio.

1. Información Básica

5.3.1 Dirección de la vía

Se refiere al lugar hacia el cual se dirige el puente utilizando como punto de referencia el kilómetro de inicio del mismo. Generalmente este dato se encuentra en la hoja del plan general de los planos del puente.

5.3.2 Tipo de estructura

Para este caso existen opciones de tipos de estructura determinadas las cuales son: puente, paso superior, paso inferior, vado, alcantarilla y otros. Las definiciones y descripción de estas estructuras se encuentran en el capítulo 1 de este manual y en la tabla 5-4 se observan las opciones.

Tabla-5-4 Datos del tipo de estructura

Número	Tipo de estructura
1	Puente
2	Paso superior
3	Paso inferior
4	Vado
5	Alcantarilla
6	Otro

5.3.3 Carga viva de diseño

El tipo de carga asignada para el diseño del puente se establece en las especificaciones y normas utilizadas en el año de diseño del mismo, si se cuenta con los planos del puente este dato se puede encontrar en la hoja de plan general, de lo contrario se debe de consultar con el encargado de la Dirección de Puentes. En general, se encuentran dos tipos de cargas estándares. El primer tipo es un vehículo de una sola unidad con dos ejes y designado como camión tipo H. El segundo tipo de carga de camión estándar es el denominado HS y comprende vehículos de tres ejes. Cuando no se conoce la carga de diseño del puente, se debe registrar como desconocida, a continuación se mencionan en la tabla 5-5 los tipos de carga.

Tabla-5-5 Datos del tipo de carga de diseño

Número	Carga de diseño
1	H20-44
2	H15-44
3	H10-44
4	HS25-44
5	HS20+25%
6	HS20-44
7	HS15-44
9	Desconocida

5.3.4 Longitud Total

Se refiere a la suma total de la longitud de cada tramo del puente. Es la distancia comprendida entre la línea centro de los apoyos inicial y final ubicados en los bastiones. El dato se debe de obtener en metros.

5.3.5 Especificación de diseño del puente

Los puentes que existen en Costa Rica están diseñados con base en las Especificaciones Estándares para los Puentes de Carretera emitido por la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte (AASHTO). Además a partir del año 1994 aparece la norma de diseño de carga última LRFD por lo que también se debe de tomar en cuenta. Este dato se puede encontrar en los planos (ver hoja de plan general), de no ser así se deberá consultar con el encargado de la Dirección de Puentes.

Tabla-5-6 Datos para la especificación de diseño del puente

Número	Especificación aplicada para el diseño de puentes
1	AASHTO 1941 3 Ed
2	AASHTO 1944 4 Ed
...	...
9	LRFD 2004 3 Ed

5.3.6 Número de superestructura

Se refiere a la sumatoria de todos los tipos de superestructura que presenta un mismo puente. Una característica es que cada tipo de superestructura se encuentra separada por juntas de expansión, es decir, si “n” es la cantidad de juntas de expansión total del puente, existen “n-1” tipos de superestructuras.

5.3.7 Número de tramos

Se refiere al número de tramos en que se divide el puente.

5.3.8 Número de subestructura

Es la cantidad total de bastiones y pilas de un puente.

5.3.9 Longitud de desvío

Es la distancia que debe recorrer un vehículo para llegar al mismo destino debido al cierre del paso por un puente. Primero se debe determinar si existe o no longitud de desvío; si existe se debe de obtener la longitud en kilómetros.

5.3.10 Pendiente longitudinal

Es el porcentaje de la inclinación longitudinal del puente.

5.3.11 Fecha de última pintura

Se refiere al día, mes y año de la última vez que se pintó la estructura, en el caso de puentes de acero.

5.3.12 Servicios públicos

En algunas ocasiones tuberías o conductos para los servicios públicos como agua, gas, telecomunicación, aceite, entre otros, pasan de un lado a otro conectados al puente. Cuando este sea el caso, se debe de tomar nota del tipo de servicio público. A continuación se presenta en la tabla las diferentes opciones.

Tabla-5-7 Datos de tipos de servicios públicos

Número	Tipo de servicios públicos
1	Agua
2	Gas
3	Telecomunicaciones
4	Aceite
5	Otros

5.3.13 Cruce

Se refiere al nombre del río o estructura sobre o debajo de la cual atraviesa el puente.

5.3.14 Tipo de pavimento y espesor

Se debe obtener información sobre el tipo de pavimento, en este caso se cuenta con varias opciones determinadas (asfalto, concreto, no existe superficie de rodamiento, otros), además, se debe de obtener el espesor en milímetros del pavimento tanto de la capa original como también de la sobrecapa si existe.

Tabla-5-8 Datos de tipo de pavimento

Número	Tipo de pavimento
1	Asfalto
2	Concreto
3	No existe superficie de rodamiento
4	Otros

5.3.15 Conteo de tráfico

Se debe de recopilar datos de: el año en que se realizó el último conteo de tráfico, el total de vehículos que se midieron y por último, el porcentaje de vehículos pesados de esta medición.

5.3.16 Restricciones

Se refiere al caso en que el puente presenta alguna restricción. Si existe una restricción por carga se debe de obtener el dato en toneladas, si es por altura o ancho se debe de obtener en metros.

2. Dimensiones del puente

5.3.17 Dimensiones

Se debe obtener las medidas en metros del ancho total del puente, el ancho de la calzada, altura libre vertical tanto superior como inferior, ancho de losa de aproximación (Waprox) y otras medidas de la sección transversal.

Ancho del puente: Espacio comprendido entre los bordes exteriores de los elementos extremos de la sección transversal del puente. El ancho del puente es la suma del ancho de la calzada y aceras incluyendo el ancho de las barandas.

Ancho de calzada: La distancia entre las partes internas de los cordones.

Altura libre superior: Altura entre la rasante del paso inferior y la menor elevación de todos los elementos que componen la carretera existente. En el caso de las cerchas es la altura entre la rasante del puente y la elevación inferior del portal o armadura frontal de la cercha.

Altura libre vertical inferior: Altura existente entre la parte inferior de la viga de mayor peralte o altura y el nivel de agua máximo del río, o, a la rasante del camino o línea férrea para el caso de un paso superior.

Ancho de losa de aproximación: Espacio destinado al tránsito de vehículos en el camino de acceso. El ancho de aproximación siempre es mayor que la calzada del puente.

En la figura 5-1 se muestran las dimensiones que deben recopilar de los planos o en el sitio de la inspección.

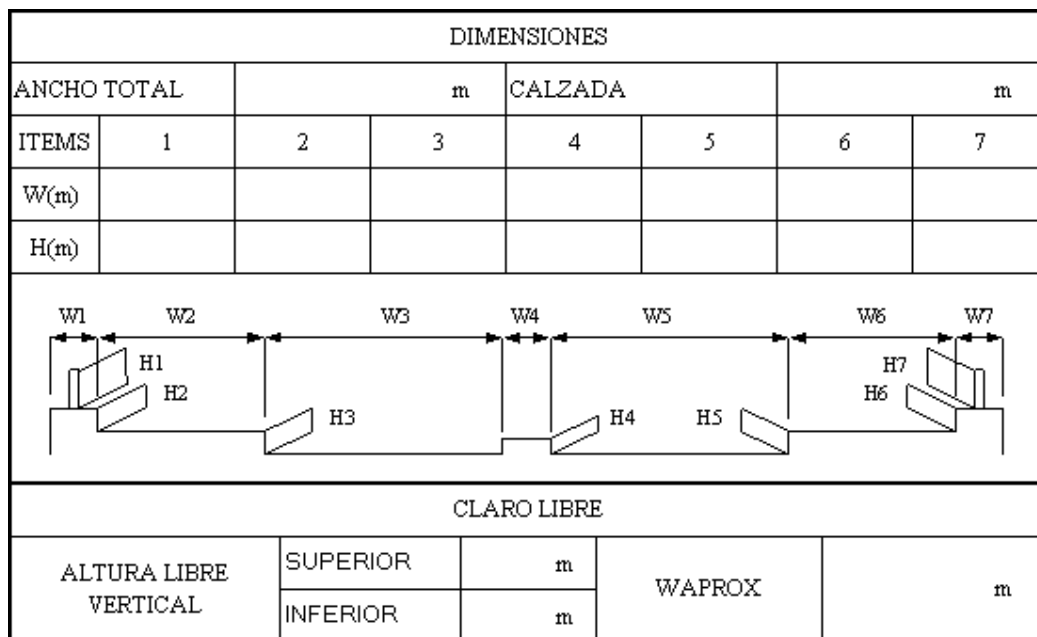


Figura 5-1 Dibujo de sección transversal del puente para mediciones

3. Antecedentes de inspección

En el caso de los antecedentes de inspección se debe anotar la fecha en que se realizó la inspección, el nombre del inspector y el tipo de inspección (inventario, rutinaria, detallada, otra).

4. Antecedentes de rehabilitación

Para los antecedentes de rehabilitación se debe anotar la fecha en la que se realizó, el elemento que se rehabilitó y el tipo de contramedida que se utilizó.

5. Ubicación

Se refiere a la imagen de un mapa con la ubicación del puente. Esta imagen la genera el sistema según las coordenadas que se obtuvieron.

6. Vista panorámica

Aquí se debe de recopilar una imagen de la vista panorámica del puente respectivo.

7. Observaciones

Este espacio se utiliza para realizar alguna anotación sobre aspectos de importancia de la condición del puente y el sitio donde está ubicado. Cualquier información de relevancia que se observe por el ingeniero o inspector y que no haya sido recopilada en los formularios debe ser escrita en este espacio.

5.4 Introducción de datos del formulario-2. Inventario básico del puente. Detalle de superestructura

El sistema de numeración para la superestructura es usado para la introducción de información en este formulario. Si existen planos y reportes de inspecciones previas, se debe de respetar la numeración utilizada. Si no existen memorias anteriores disponibles, el inspector debe de utilizar el sistema de identificación establecido. La numeración de la superestructura se determina basándose en la dirección de la ruta y el kilómetro de inicio para identificar tanto el inicio como el final del puente y a partir de ahí se determina como número uno la superestructura ubicada al inicio del mismo.

En cada una de las filas disponibles se debe de anotar para cada tipo de superestructura la información que se describe a continuación.

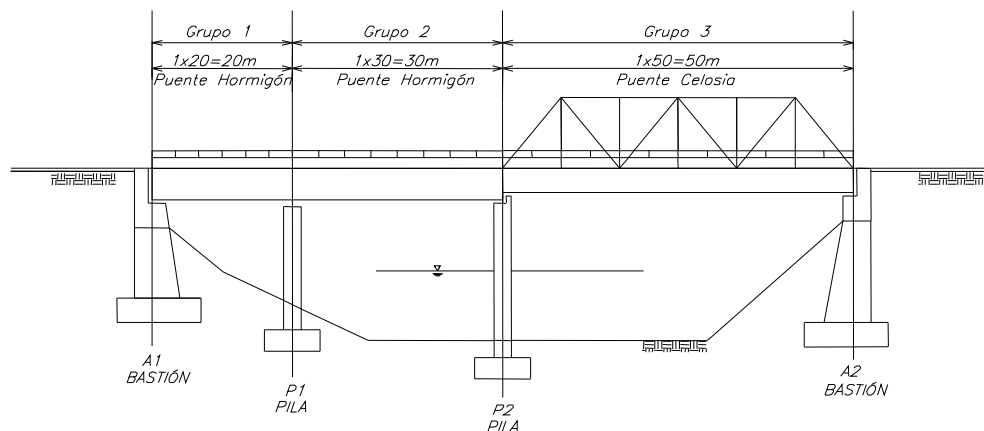


Figura 5-2 Numeración de superestructura y subestructura

5.4.1 Número de tramos

Se debe de anotar el número de tramos que presenta cada superestructura.

5.4.2 Alineación de la planta

La alineación del puente se refiere a la ubicación en planta del puente respecto a un eje horizontal general. Existen tres tipos:

Recto: Cuando la línea centro del puente coincide o se mantiene constante sobre el eje horizontal general.

Sesgado: Cuando la línea centro del puente está desfasada un ángulo "θ" respecto del eje horizontal general.

Curvo: El alineamiento del eje central del puente forma una curva horizontal con respecto al eje general.

En la tabla 5-9 se muestran las diferentes opciones.

Tabla 5-9 Datos de alineación del puente

Número	Tipo de alineación
1	Recto
2	Sesgado
3	Curvo

5.4.3 Material de vigas principales de superestructura

En la tabla 5-10 se muestran las diferentes opciones de tipo de materiales para las vigas principales.

Tabla 5-10 Datos de material de vigas principales

Número	Material de vigas principales
1	Acero
2	Concreto preesforzado
3	Concreto reforzado
4	Mampostería
5	Madera
6	Compuesto concreto-acero
7	Otros

5.4.4 Tipo de superestructura

Los diferentes tipos de superestructuras se mencionan en la tabla a continuación.

Tabla 5-11 Datos de tipo de superestructura

Número	Tipo de superestructura
1	Viga simple
2	Viga continua
3	Marco rígido
4	Cercha paso inferior
5	Cercha paso superior
6	Arco paso inferior
7	Arco paso superior
8	Colgantes
9	Atirantados
10	Cercha tipo pony
11	Otros

5.4.5 Tipo de vigas principales

Con respecto al tipo de vigas principales existen seis tipos determinados que se muestran en la tabla 5-12.

Tabla 5-12 Datos de tipo de vigas principales

Número	Tipo de vigas principales
1	Losa
2	Viga tipo I
3	Viga T
4	Cajón
5	Troncos
6	Otros

5.4.6 Longitud total

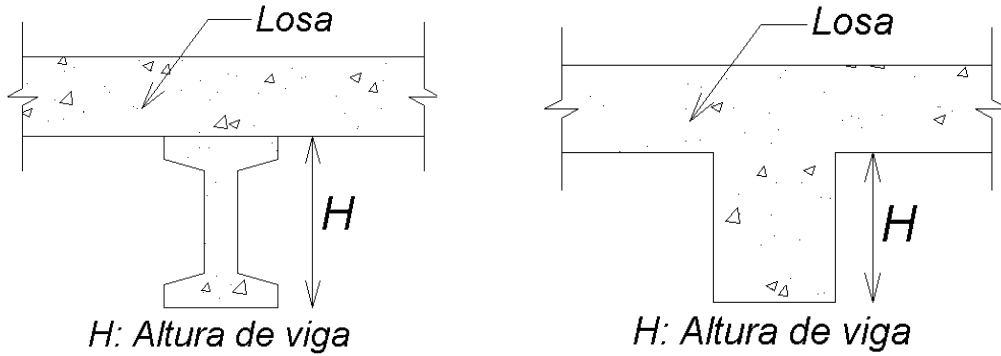
Se refiere a la longitud total en metros de la superestructura.

5.4.7 Longitud de tramo máximo

Esta longitud al igual que la anterior se debe de escribir recopilar en metros, y se refiere al tramo de mayor longitud de la superestructura analizada.

5.4.8 Altura de la viga

Se refiere a la altura de la viga principal de la superestructura respectiva, este dato se debe recopilar en metros.



5.4.9 Juntas de expansión

En la tabla a continuación se mencionan los tipos de juntas de expansión.

Tabla 5-13 Datos de tipos de juntas de expansión

Número	Tipo de junta de expansión
1	Juntas abiertas
2	Juntas Selladas
3	Juntas de Placas de Acero Deslizantes
4	Juntas de Placas dentadas
9	Otras

5.4.10 Material de la losa

Se muestran en la tabla 5-14 cuatro opciones del material de losa.

Tabla 5-14 Datos de material de la losa

Número	Materiales para la losa
1	Concreto
2	Acero
3	Madera
9	Otros

5.4.11 Espesor de la losa

Se debe de anotar el espesor de la losa en metros.

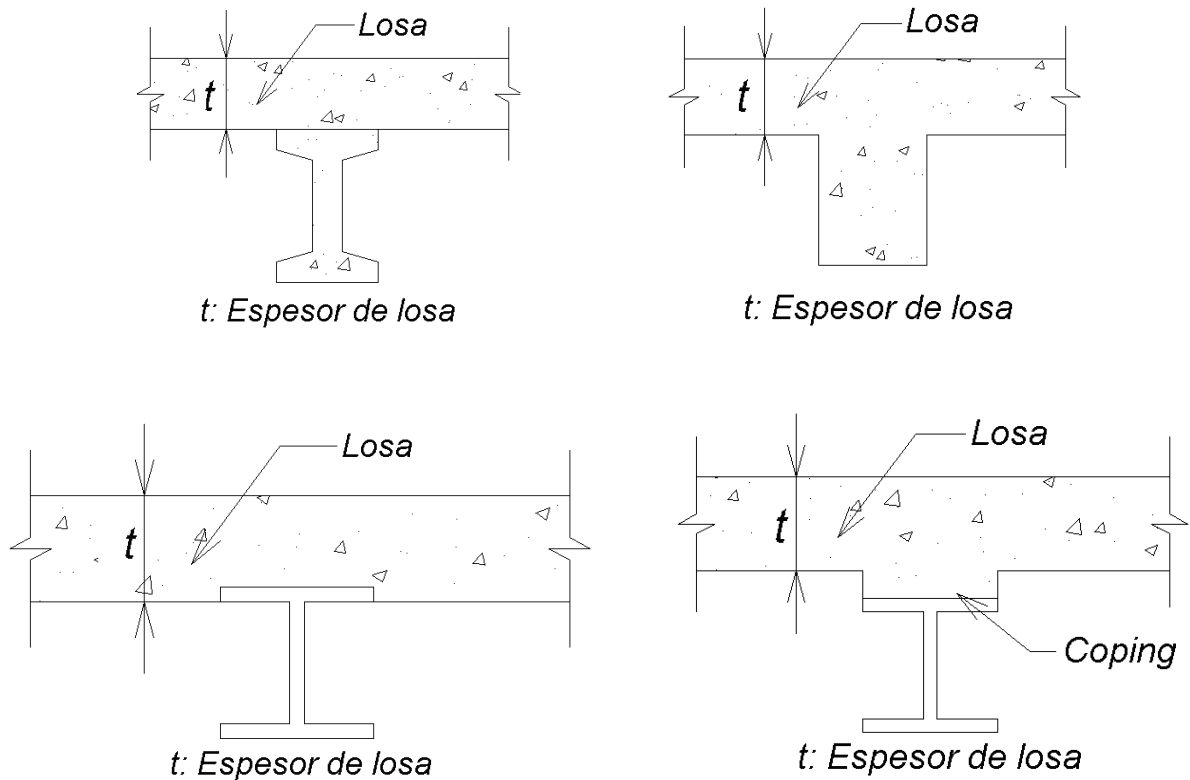


Figura 5-3 Espesor de losa

5.4.12 Tipo de pintura

En la tabla a continuación se mencionan las opciones del sistema que se pueden escoger para el tipo de pintura. Este ítem aplica en el caso que la superestructura sea de acero.

Tabla 5-15 Datos de tipo de pintura

Número	Material de pintura
1	Pintura de aceite
2	Pintura vinílica
3	Epóxico
4	Masilla epóxica
5	Uretanos
6	Primarios ricos en zinc
7	Pintura de latex
9	Otras

5.4.13 Área pintada

Para este caso en el espacio determinado se debe introducir el área pintada en metros cuadrados.

Al igual que el ítem anterior, aplica en el caso que sea una superestructura de acero.

5.4.14 Fecha de última pintura

Se debe introducir en el caso de puentes de acero el día, mes y año de la última vez que se pintó la superestructura.

5.4.15 Empresa encargada

Se refiere al nombre de la empresa encargada de realizar las labores de pintura a la superestructura.

5.5 Introducción de datos del formulario-3. Inventario básico del puente. Detalle de subestructura

La recolección de los datos de inventario que corresponden a la subestructura del puente incluye información del bastión (material y tipo), pila (tipo, dimensiones), fundación y apoyos, la cual debe ser registrada en el formulario-3, cada código se encuentra especificado a continuación desde la tabla-5-16 a la 5-23 . La numeración de la subestructura se determina al igual que para la superestructura, basándose en la dirección de la ruta y el kilómetro de inicio del puente para identificar tanto el inicio como el final del mismo y a partir de ahí se determina como número uno la subestructura ubicada al inicio.

5.5.1 Material del bastión y pila

Para este caso en el sistema se encuentran seis opciones de material del bastión y pila de las cuales se debe seleccionar una. En la tabla 5-16 se muestran los diferentes tipos de material.

Tabla 5-16 Datos de material del bastión y pila

Número	Material del bastión y pila
1	Concreto
2	Acero
3	Compuesto concreto-acero
4	Mampostería
5	Madera
9	Otros

5.5.2 Tipo de bastión o pila

Para el tipo de bastión al igual que en los casos anteriores se presentan en la tabla 5-17 las

opciones a seleccionar.

Tabla 5-17 Datos de tipo de bastión

Número	Tipo de bastion
1	Gravedad
2	Voladizo
3	Marco
4	Muro con Contrafuerte
5	Tierra armada
6	Cabezal sobre pilotes
7	Otros

En el sistema se cuenta con cinco según el tipo de columnas de pila. En la tabla 5-18 se muestran las opciones.

Tabla 5-18 Datos de tipo de pila

Número	Tipo de pila
1	Muro
2	Marco
3	Columna sencilla
4	Columna múltiple
9	Otros

5.5.3 Altura del bastión o pila

Se refiere a la altura total en metros del bastión y la pila. La cual comprende para la pila desde la parte superior de la viga cabezal ó martillo hasta la base de la fundación y para el bastión desde la pared de cabezal hasta la base de la fundación. Este dato se introduce en el espacio correspondiente.

5.5.4 Dimensiones de la columna

Se anota el ancho y el largo de la columna de bastiones o pila. Ambos datos deben estar en metros.

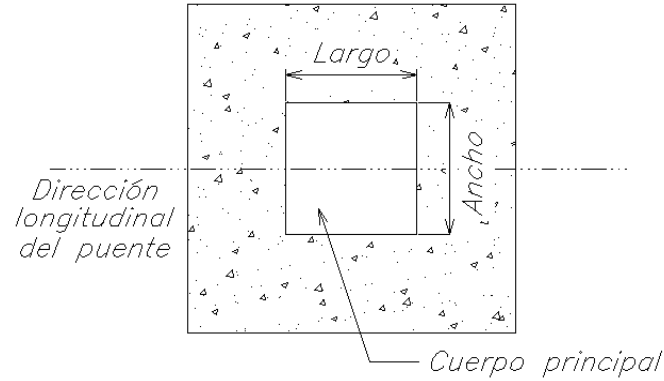


Figura 5-4 Dimensiones de columna

5.5.5 Tipo de Fundación

En este manual se mencionan cuatro tipos de fundación. Si el tipo de fundación no es conocido, se debe de seleccionar la opción otros.

Tabla 5-19 Datos de tipo de fundación

Número	Tipo de fundación
1	Placa
2	Pilotes
3	Cabezal sobre pilotes
4	Caisson
9	Otros

5.5.6 Dimensiones de la fundación

Se introduce en los dos espacios establecidos tanto el ancho como el largo de fundaciones. Ambos datos deben ser almacenados en metros. En la figura a continuación se muestran las dimensiones.

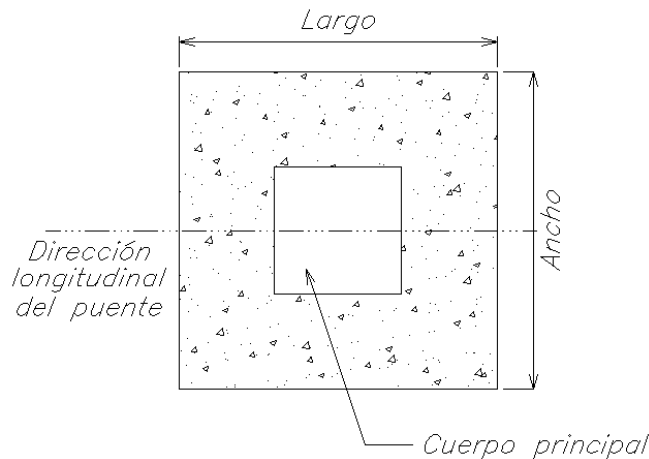


Figura 5-5 Dimensiones de la fundación

5.5.7 Tipo de pilotes

Si la fundación posee pilotes la tabla 5-20 muestra los nueve tipos de pilotes que están determinados en el sistema para seleccionar.

Tabla 5-20 Datos de tipos de pilote

Número	Tipo de pilote
1	Concreto preesforzado
2	Concreto reforzado
3	Pilotes de concreto colado en sitio
4	Tubos de acero
5	Acero tipo H
6	Madera
9	Otros

5.5.8 Tipo de apoyo

A continuación en la tabla 5-22 se muestran los tipos de apoyos de donde se debe seleccionar las opciones para este ítem.

Tabla 5-22 Datos de tipo de apoyo en subestructura

Código No.	Tipo de apoyo en subestructura
01	Apoyo fijo
02	Apoyo expansivo
03	Apoyo rígido
04	Otros

5.5.9 Ancho de asiento

Se refiere a la máxima distancia de apoyo posible desde el borde exterior del elemento principal o viga hasta el extremo exterior de la viga cabezal o martillo. Esta medida debe ser anotada en metros. Ver figura 1-28 donde se señala el asiento del bastión.

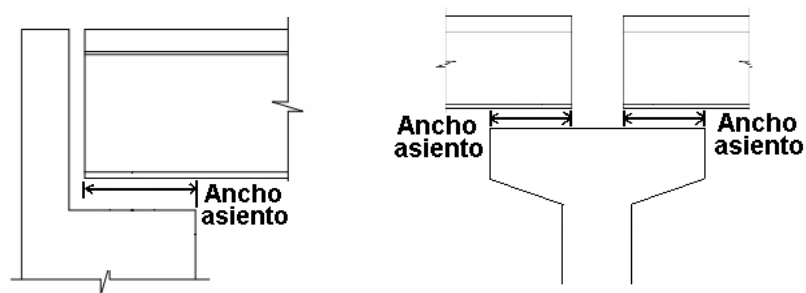


Figura 5-6 Ancho de asiento

Capítulo 6 Lineamientos para la calificación del grado de deterioro del puente

Como parte del procedimiento de inspección de puentes se cuenta con una hoja de inspección (formulario-6), donde se califica el grado de deterioro del puente tomando en cuenta la condición en que se encuentran los diferentes elementos que componen los accesorios, la superestructura y la subestructura. Cada uno de estos elementos se evalúan según el grado de daño que presentan en una escala progresiva, es decir, por ejemplo el número 1 significa que no existen daños y el número 5 que hay gran deterioro en el elemento.

A continuación se enuncian y describen los diferentes tipos de deterioro que se pueden encontrar para cada uno de los elementos y la calificación del grado de daño asociada. Además se menciona como debe realizarse la inspección.

6.1 Pavimento

El pavimento en la losa del puente funciona como una superficie de rodamiento y además tiene como objetivo proveer protección adicional a la losa contra el clima y el tráfico.

El pavimento no es un miembro estructural, sin embargo, genera carga muerta al puente, por lo tanto el espesor del pavimento debe ser el mínimo. Por ejemplo, para un pavimento asfáltico de 7cm de espesor en un ancho de vía de 10m y en una longitud de tramo de 30m ($0.07\text{m} \times 10\text{m} \times 30\text{m} \times 1.91\text{t/m}^3 = 40.11\text{ ton}$) se obtiene un peso total de 40.11 ton. Es decir el peso es casi equivalente al peso de la carga máxima del vehículo que pasa por el puente. **Por lo anterior, técnicamente las sobrecapas de pavimento en la losa del puente son totalmente prohibidas.**

Dentro de este elemento se van a evaluar cinco tipos de daños: ondulaciones, surcos, agrietamiento, baches y sobrecapas de asfalto. A continuación se describe cada uno.

6.1.1 Ondulaciones

Las ondulaciones son deformaciones que se extienden transversalmente en el pavimento. Las ondulaciones o abultamientos son ocasionados por el paso continuo de vehículos en el puente, en la tabla 6-1 se define el grado de daño en el pavimento debido a las ondulaciones y en la figura 6-1 se muestra una fotografía.

Tabla 6-1 Grado de daño por ondulaciones

Grado del daño	Descripción
1	Sin ondulación
2	La profundidad de la ondulación es menor a 2cm
3	La profundidad de la ondulación esta entre 2.0 y 4.0 cm
4	La profundidad de la ondulación es mayor a 4cm
5	Es necesario detener el vehículos para esquivar la ondulación



Figura 6-1 Ondulaciones en el pavimento

6.1.2 Surcos

Los surcos son deformaciones en el pavimento originadas por el paso continuo de las ruedas de los vehículos. Es similar a las ondulaciones pero se extienden longitudinalmente. El grado de daño en el pavimento ocasionado por los surcos se muestra en la tabla-6-2.

Tabla 6-2 Grado de daño por surcos

Grado del daño	Descripción
1	No hay surcos
2	La profundidad de los surcos es menor a 2.0cm
3	La profundidad de los surcos esta entre 2.0 y 4.0 cm
4	La profundidad de los surcos es mayor a 4cm
5	Es necesario detener el vehículos para esquivar los surcos

6.1.3 Grietas

Las grietas son fisuras o cavidades que se producen generalmente por vibraciones y cambios de temperatura. El grado de daño en el pavimento debido a las grietas está definido en la tabla-6-3 y la figura 6-2 muestra una fotografía de grietas en la superficie de rodamiento.

Tabla 6-3 Grado de daño por las grietas

Grado del daño	Descripción
1	No se observan grietas
2	El espesor de la grieta es menor a 5.0mm
3	El espesor de la grieta está entre 5.0 y 10.0 mm
4	Se observan grietas en red
5	Se observan grietas en red y en algunas partes hay desprendimiento del concreto



Figura 6-2 Grietas en el pavimento (grado 4)

6.1.4 Baches en el pavimento

Un bache es un defecto en la nivelación de la vía; es una depresión u hoyo en la superficie de rodamiento. El grado de daño en el pavimento por los baches está definido en la tabla-6-4 y la figura 6-3 muestra una fotografía de un bache.

Tabla 6-4 Grado de daño por baches

Grado del daño	Descripción
1	No se observan baches
2	La profundidad del bache es menor que 20.0 mm
3	La profundidad del bache esta entre 20.0 y 50.0 mm
4	La profundidad del bache es mayor que 50.0 mm
5	Es necesario detener el vehículos para esquivar los baches



Figura 6-3 Baches en el pavimento (grado 2)

6.1.5 Sobrecapas de pavimento sobre la losa de puente

Las sobrecapas son capas adicionales sobre la superficie principal. Como se explicó anteriormente, las sobrecapas de asfalto en la losa del puente son prohibidas por lo que cuando se observa una indiscriminada sobrecapa de pavimento, el grado del daño debe ser automáticamente cinco. El grado de daño está definido en la tabla-6-5 y la figura 6-4 muestra una fotografía de un puente con sobrecapas de asfalto.

Tabla 6-5 Grado de daño por sobrecapas de asfalto

Grado del daño	Descripción
1	No se observa sobrecapas de asfalto
2	No aplica
3	Se observa una sobrecapa de asfalto
4	No aplica
5	Se observan mas de una sobrecapa de asfalto



Figura 6-4 Sobrecapas en el pavimento (grado 5)

6.2 Barandas

En el caso de las barandas se consideran dos tipos: de acero o de concreto. Si se utiliza otro material como madera, el inspector debe anotar un comentario y no se deberá realizar ninguna evaluación al respecto. En caso de barandas de acero, la condición del cordón de concreto debe ser evaluada en la fila de barandas de concreto. En relación a la baranda de acero se evalúan cuatro tipos de daños: deformación, oxidación, corrosión y la ausencia del elemento (faltante). En el caso de las barandas de concreto se calificarán tres daños: agrietamiento, acero de refuerzo expuesto y al igual que las de acero la ausencia del elemento (faltante). A continuación se describe cada uno.

6.2.1 Deformación (baranda de acero)

La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a la aplicación de una o más fuerzas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica. El grado de daño para la deformación de las barandas de acero está definido en la tabla-6-5 y en la figura 6-5 se muestra una baranda de acero deformada.

Tabla 6-5 Grado de daño por deformación

Grado del daño	Descripción
1	No se observan daños de deformación en el elemento.
2	Deformación menor a 5.0cm
3	Deformación entre 5.0 y 10.0 cm con respecto al original
4	Deformación entre 10.0 y 20.0cm con respecto al original
5	Deformación mayor a 20cm con respecto al original



Figura 6-5 Deformación de la baranda (grado 5)

6.2.2 Oxidación (baranda de acero)

La oxidación es una reacción química que se produce en el acero al estar en contacto con el agua,

ya sea dulce o salada, o por la humedad del medio ambiente, lo que puede producir daños en el refuerzo de los elementos. La oxidación se observa como una capa de color rojizo-café que se va formando en la superficie del acero.

Tabla 6-6 Grado de daño por oxidación

Grado del daño	Descripción
1	No se observa oxidación en el elemento
2	Se observa comienzos de oxidación
3	20% del elemento está cubierta con oxidación
4	50% del elemento está cubierta con oxidación
5	Más del 50% de la superficie del elemento está cubierto con oxidación.



Figura 6-6 Oxidación (baranda de acero)

6.2.3 Corrosión (baranda de acero)

La corrosión es la alteración causada por el ambiente en el elemento, empieza como oxidación y si no se le da algún tratamiento o se le brinda alguna protección al elemento se llega a dar la corrosión lo que produce la reducción de la sección de la pieza de acero. En la tabla 6-7 se muestran los grados de deterioro debido a la corrosión.

Tabla 6-7 Grado de daño por corrosión

Grado del daño	Descripción
1	No se observa corrosión en el elemento
2	Se observa el principio de la corrosión
3	La corrosión creció y ha ocasionado orificios en partes del elemento
4	Algunas partes del elemento están reducidas por corrosión
5	Algunas partes del elemento se han perdido por la corrosión



Figura 6-7 Corrosión en la baranda de acero (grado 3)

6.2.4 Faltante o ausencia (baranda de acero o concreto)

Faltante se refiere a la pérdida parcial o total de algún elemento. En el caso de las barandas a continuación se menciona el grado de daño debido al faltante o ausencia de la misma.

Tabla 6-8 Grado de daño por baranda faltante

Grado del daño	Descripción
1	Se cuenta con la totalidad de la baranda
2	Algunas partes de la baranda están dañadas
3	Hace falta menos del 10 % de la baranda
4	Hace falta entre 10% y 30 % de la baranda
5	Hace falta más del 30% de la baranda



Figura 6-8 Falta baranda de acero (grado 5)

6.2.5 Agrietamiento (baranda de concreto)

Agrietamiento se refiere a aberturas que surgen en alguna superficie. En el caso de las barandas de concreto se describe en la tabla 6-9 el grado de daño del elemento debido a este tipo de deterioro.

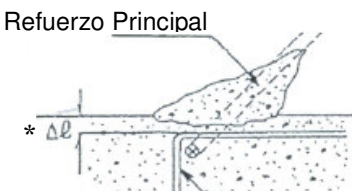

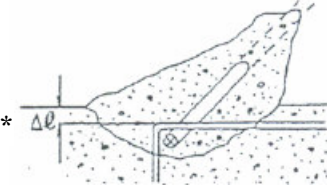
Tabla 6-9 Grado de daño por grietas

Grado del daño	Descripción
1	No hay grietas
2	Se observan algunas grietas
3	El espesor de la grieta es menor a 0.3mm con intervalos de 50cm
4	El espesor de la grieta es mayor a 0.3mm con intervalos de 50cm
5	Se observan grietas con espesores de varios mm

6.2.6 Acero de refuerzo expuesto (barandas de concreto)

Se refiere a la exposición del acero de refuerzo que debe estar embebido en el concreto. El grado de daño para el acero de refuerzo expuesto debe ser evaluado con base en la descripción de la tabla 6-10.

Tabla 6-10 Grado de daño por acero de refuerzo expuesto

Grado del daño	Descripción
1	Descascaramiento en la superficie del concreto
2	Se observan cáscaras a lo largo del refuerzo principal 
3	El refuerzo está expuesto en pequeñas partes 
4	Se observa el refuerzo principal expuesto y oxidado 

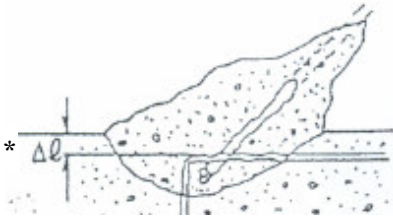
5	<p>Se observa el acero principal expuesto y con reducción de la sección.</p>  <p>* Δl: Recubrimiento de concreto</p>
---	--



Figura 6-9 Acero de refuerzo expuesto (baranda de concreto)

6.3 Juntas de expansión

Las juntas de expansión son una parte muy importante del puente. La junta de expansión debe ser capaz de resistir los cambios climáticos para llevar a cabo su función y no comprometer la calidad del viaje de los vehículos que transitan en el puente. El inspector debe ser capaz de reconocer aquellas juntas de expansión que no están funcionando apropiadamente. Dentro de los tipos de deterioro que puede presentar las juntas encontramos: sonidos extraños, filtración de agua, ausencia (faltante) o deformación de juntas, que presente algún desplazamiento vertical, obstrucción y acero de refuerzo expuesto. Cada uno de los daños anteriores se describen a continuación.

6.3.1 Sonidos extraños

Se deben detectar cuidadosamente los sonidos en las juntas de expansión cuando los vehículos pasan sobre ellas. Esto debido a que los sonidos provienen de zonas donde la junta presenta algún daño. Si se detecta un sonido considerable, debe ser calificado con grado tres.

6.3.2 Filtraciones de agua

La filtración de agua a través de cualquier junta del puente contribuye al deterioro del concreto. Esta filtración de agua a través de la junta de expansión debe ser inspeccionada en el asiento de los apoyos del puente y en el muro de las subestructuras. Los grados de daño debido a la filtración de agua se muestran en la tabla 6-11.

Tabla 6-11 Grado de daño por filtración de agua en las juntas de expansión

Grado de daño	Descripción
1	No hay filtración de agua proveniente de las juntas de expansión
2	Se observaron filtraciones en algunas partes de los asientos del puente
3	Se observan filtraciones en menos del 50% del muro y la viga cabezal
4	Se observan filtraciones en más del 50% del muro y la viga cabezal
5	Las filtraciones cubren toda la pared frontal y la viga cabezal



Figura 6-10 Filtración de agua por la junta de expansión (grado 5)

6.3.3 Faltante o deformación

Se debe prestar atención cuando la junta de expansión presenta alguna alteración en su forma o alguna parte o la totalidad de la junta se ha perdido. En la tabla 6-12 se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Tabla 6-12 Grado de daño por faltante o deformación de juntas de expansión

Grado de daño	Descripción
1	No se observan faltante o deformación de juntas
2	Se observan pequeñas deformaciones.
3	Algunas partes están deformadas
4	Algunas partes se han perdido
5	Los vehículos deben reducir la velocidad antes de pasar por la junta de expansión



Figura 6-11 Faltante o deformación de las juntas de expansión (grado 5)

6.3.4 Movimiento vertical

Se refiere al caso en que las juntas de expansión presenten algún desplazamiento vertical.

Tabla 6-13 Grado de daño por movimiento vertical de la junta de expansión

Grado de daño	Descripción
1	No se observan movimientos
2	Se observan pequeños movimientos
3	Algunas partes se mueven verticalmente y se detectaron sonidos
4	Algunas partes se mueven considerablemente o se detectaron grandes sonidos
5	La velocidad del vehículo debe reducirse antes de la junta de expansión



Figura 6-12 Movimiento vertical de la junta de expansión

6.3.5 Juntas obstruidas

En Costa Rica se observan juntas cubiertas por sobrecapas de asfalto. Cuando se aplica un nuevo pavimento a un puente, frecuentemente se coloca una sobrecapa a las juntas de expansión sin ningún cuidado de permitir el funcionamiento apropiado de la misma. La presencia de grietas transversales pueden evidenciar que las juntas están cubiertas por sobrecapas.

Tabla 6-14 Grado de daño por juntas obstruidas

Grado del daño	Descripción
1	No se observan juntas obstruidas
2	No aplica
3	Se observa cierta obstrucción en la junta
4	No aplica
5	La junta esta cubierta por sobrecapas de asfalto



Figura 6-13 Sobrecapas sobre las juntas de expansión (grado 5)

6.3.6 Acero de refuerzo expuesto en las juntas de expansión

Refiérase a la tabla 6-10 para la evaluación del grado del daño del acero de refuerzo expuesto en las juntas de expansión.

6.4 Losa

Las losas están sujetas a una variedad de daños causados por diferentes factores, tales como el tráfico, la exposición a la intemperie, contaminación ambiental, etc; además de las deficiencias de diseño y construcción, como un recubrimiento insuficiente, remoción de la formaleta antes de tiempo, una mezcla de concreto pobre o una vibración inapropiada, todos estos factores pueden contribuir al deterioro del puente. Usualmente las losas son de concreto siendo los daños más comunes: grietas en una y dos direcciones, descascaramiento, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, eflorescencia y agujeros son descritas a continuación.

6.4.1 Grietas en una dirección

Las grietas en el concreto es el indicativo más fiable de futuros problemas en el elemento, por lo tanto, es importante determinar su causa. Las grietas en una dirección son fisuras lineales en el concreto causadas en muchos casos por los esfuerzos debido a la carga viva y muerta. El ancho y distancia entre grietas debe ser cuidadosamente inspeccionado y almacenado como notas en el formulario de inspección.

Tabla 6-15 Grado de daño por grietas en una dirección en losas de concreto

Grado de daño	Descripción
1	No se observan grietas.

2	El ancho de las grietas es menor a 0.2mm en intervalos de más de 1.0m
3	El ancho de las grietas es mayor a 0.2mm en intervalos de más de 1.0m
4	El ancho de las grietas es mayor a 0.2mm en intervalos entre 1.0 m y 0.5 m
5	El ancho de las grietas es mayor a 0.2mm en intervalos de menos de 0.5m



Figura 6-14 Grieta en una dirección en la losa

6.4.2 Grietas en dos direcciones en la losa

La causa principal de las grietas en dos direcciones en la losa es la fatiga causada por la repetición de carga viva. La extensión y el patrón de la malla de la grieta en la losa deben ser cuidadosamente inspeccionados, ya que es una de las señales más claras del deterioro de la losa de concreto.

Tabla 6-16 Grado de daño por grietas en dos direcciones en la losa de concreto

Grado de daño	Descripción
1	No se observan grietas
2	No aplica
3	El ancho de grieta es menor a 0.2 mm con intervalos mayores a 50cm
4	El ancho de grieta es mayor a 0.2 mm con intervalos menores a 50cm
5	El ancho de grieta es mayor a 0.2 mm y el concreto de esta descascarando.



Figura 6-15 Grietas en dos direcciones

6.4.3 Descascaramiento

El descascaramiento es la delaminación local o desprendimiento de una superficie terminada de concreto endurecido como resultado de cambios de temperatura, pobre procedimiento constructivo o algún daño en el acero de refuerzo. En la tabla a continuación se muestra del grado de daño.

Tabla 6-17 Grado de daño por descascaramiento en superficie de concreto

Grado de daño	Descripción
1	No se observa descascaramiento en la superficie de la estructura
2	Se observa el principio del descascaramiento
3	Ha crecido el descascaramiento en algunas partes de la superficie de la estructura.
4	Se observa un considerable descascaramiento.
5	Se observa un considerable descascaramiento y óxidación.

6.4.4 Acero de refuerzo expuesto en la losa de concreto

Refiérase a la tabla 6-10 de grado de daño en acero de refuerzo expuesto.



Figura 6-16 Refuerzo expuesto (grado 5)

6.4.5 Nidos de piedra

Los nidos de piedra son causados por la vibración inapropiada durante el colado del concreto lo que produce segregación de los agregados gruesos, de los agregados finos y la pasta de cemento. En la tabla 6-18 se describe el grado de deterioro.

Tabla 6-18 Grado de daño por nidos de piedra

Grado de daño	Descripción
1	No se observaron nidos de piedra
2	Se observaron nidos de piedra en algunos sitios.
3	Se observan mas de diez nidos de piedra.
4	Se observan nidos de piedra en muchos sitios
5	No aplica



Figura 6-17 Nidos de piedra en la losa de concreto

6.4.6 Eflorescencia en la losa de concreto

La eflorescencia es una mancha blanca que se forma en el concreto por causa del cloruro de calcio que es traído a la superficie del concreto por el agua. La eflorescencia indica que las grietas son profundas y que han penetrado a través de la losa. A continuación se muestra en la tabla el grado de daño.

Tabla 6-19 Grado de daño por eflorescencia

Grado de daño	Descripción
1	No se observó eflorescencia
2	Se observaron pequeñas manchas blancas en la superficie de concreto
3	Se observó eflorescencia a lo largo de la grieta en menos de la mitad del área de losa

4	Se observó eflorescencia en más de la mitad del área de losa
5	Se observaron estalactitas en muchos lugares causadas por el cloruro de calcio



Figura 6-18 Eflorescencia debajo de la losa de concreto (Grado 3)

6.4.7 Agujeros en la losa de concreto

Cuando se observan agujeros, escamas, reventaduras en el concreto es una clara evidencia de la deterioración de la losa de concreto. En la tabla 6-20 se muestra el grado de deterioro.

Tabla 6-20 Grado de daño por agujeros en la losa

Grado de daño	Descripción
1	No se observaron agujeros
2	Se observaron escamas en la superficie de concreto
3	Se observan pequeños agujeros a lo largo del refuerzo en la losa
4	Se desarrollan agujeros con mas de 1.0 m ³ del área bajo la losa
5	Existen evidencias de que el agujero se extiende a través la losa.



Figura 6-19 Agujero en la losa (grado 5)

6.5 Viga principal de acero

El acero es uno de los materiales más comunes utilizados para las superestructuras en la construcción de puentes. Los daños más comunes de la superestructura de acero son la oxidación, corrosión, deformación, pérdida de pernos y grietas en la soldadura o placas.

6.5.1 Oxidación

Refiérase a la tabla 6-6 para la evaluación del grado de daño por oxidación.



Figura 6-20 Oxidación en la viga principal

6.5.2 Corrosión

Refiérase a la tabla 6-7 para la evaluación del grado de daño por corrosión.

6.5.3 Deformación

Las causas principales de la deformación de la viga principal de acero son la sobrecarga, la colisión de vehículos y el hundimiento de subestructuras. El inspector debe de revisar la alineación horizontal de la viga principal para detectar si existe alguna deformación por el hundimiento de la subestructura y cualquier otra viga que puede estar dañada debido a una colisión cercana. El grado de daño para la deformación de la viga principal de acero se define en la tabla-6-5.

6.5.4 Pérdida de pernos

Los miembros de los puentes de acero están conectados por soldadura, pernos y remaches. La fatiga puede causar pérdida de pernos o remaches. Los pernos o los remaches en la conexión de los miembros deberá ser verificada cuidadosamente y el número de pernos o remaches faltante deberá ser registrado.

Tabla 6-24 Grado de daño por pérdida de pernos

Grado de daño	Descripción
1	No se observan pernos faltantes
2	Se observan 2 o menos pernos faltantes
3	Se observan entre 3 y 5 pernos faltantes
4	Se observan entre 6 y 10 pernos faltantes
5	Se observan más de 10 pernos faltantes



Figura 6-21 Pérdida de pernos

6.5.5 Grieta en la soldadura o la placa

Si la estructura ha sido pintada, el agrietamiento en la pintura acompañado por las manchas de óxido indica la posible existencia de una grieta de fatiga. Se necesita investigar las áreas alrededor del final de la cubreplaca soldada en el ala a tensión. El área donde se sospecha que existe la grieta debe estar limpia para determinar la presencia de la misma y su extensión.

Tabla 6-25 Grado de daño por grieta en la soldadura o la placa

Grado de daño	Descripción
1	No se observan grietas
2	No aplica
3	Se detectan varias grietas de menos de 1.0 cm
4	No aplica
5	Se detectan varias grietas de más de 1.0cm

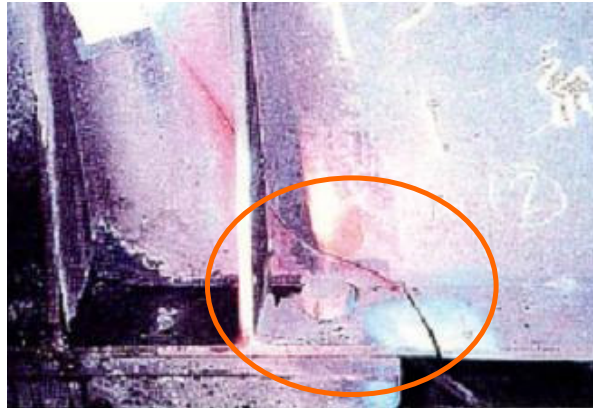


Figura 6-22 Grieta cerca del apoyo de la viga principal

6.6 Sistema de arriostramiento

El sistema de arriostramiento del puente incluye el sistema de piso y el arriostramiento lateral y superior de una superestructura tipo cercha. En el área de conexión del arriostramiento es necesario verificar la presencia de grietas en la soldadura o la pérdida de pernos y/o remaches. También es importante revisar la torsión de los miembros de arriostramiento. Los daños más comunes a los que se les debe prestar atención son: oxidación, corrosión, deformación, rotura de uniones y rotura de elementos.

6.6.1 Oxidación

La oxidación comienza usualmente en pocos lugares y luego se va extendiendo. La capa de pintura generalmente es más delgada en bordes filosos y en las esquinas. La oxidación empieza en estos bordes y esquinas y se va extendiendo a través del elemento.

Tabla 6-26 Grado de daño por oxidación en los elementos

Grado de daño	Descripción
1	No se observa oxidación
2	Se puede observar oxidación en lugares determinados
3	La oxidación comienza en los bordes filosos de la superficie de la estructura
4	20% de la superficie de la estructura está cubierto con oxidación
5	Más del 50% de la superficie de la estructura esta cubierto con oxidación



Figura 6-23 La oxidación comienza en el borde filoso (grado 3)

6.6.2 Corrosión

Refiérase a la tabla 6-7 para la evaluación del grado de daño por corrosión.



Figura 6-24 Corrosión del atiesador vertical (grado 5)

6.6.3 Deformación

En Costa Rica muchos de los elementos de la cercha superior están dañados debido al paso de camiones de altura superior al claro vertical del elemento inferior de la cercha. En caso de que el claro vertical no sea suficiente, este elemento inferior debe ser sustituido. A continuación se presenta la tabla de evaluación del grado de daño de la deformación del sistema de arriostramiento del puente.

Tabla 6-28 Grado de daño por deformación

Grado de daño	Descripción
1	No se observa deformación en los elementos

2	Se observa una ligera deformación
3	Algunas partes de los elementos están deformadas
4	Algunas partes de los elementos deberán de reemplazarse
5	El tablero o el elemento inferior de la cercha superior deberá ser sustituido

6.6.4 Rotura de conexiones

Tabla 6-29 Grado de daño por rotura de una unión en los elementos

Grado de daño	Descripción
1	No se observa ninguna rotura en las conexiones
2	No aplica
3	Se observa una ligera rotura en la conexión
4	No aplica
5	Algunas conexiones presentan gran rotura

6.6.5 Rotura de elementos

Tabla 6-30 Grado de daño por rotura de elementos

Grado de daño	Descripción
1	No se observa roturas en los elementos
2	Se observa una ligera rotura
3	Algunas partes de los elementos están arruinados
4	Algunas partes de los elementos deberán de reemplazarse
5	El tablero o el elemento inferior del diafragma superior deberá ser sustituido



Figura 6-25 Rotura del elemento inferior del diafragma superior (Grado 3)

6.7 Pintura

La pintura es de los medios principales utilizados para la protección de la estructura de acero contra la oxidación y la corrosión.

6.7.1 Decoloración

Tabla 6-31 Grado de daño por decoloración

Grado de daño	Descripción
1	No se observa ninguna decoloración
2	No aplica
3	Se observa decoloración en un grado
4	No aplica
5	No se observa el color original



Figura 6-26 Decoloración de la viga principal

6.7.2 Ampollas

Las ampollas son producto del levantamiento de la pintura debido a la corrosión que presenta el elemento de acero. Ocurre comúnmente en las rayaduras que presenta la pintura. La corrosión atraviesa la pintura intacta, causando que se ampolle.

Tabla 6-32 Grado de daño por ampollas en la pintura

Grado de daño	Descripción
1	No se observan ampollas en la superficie de la estructura

2	Se observan ampollas ligeras.
3	Han crecido ampollas en algunas partes de la superficie de la estructura.
4	Se detecto óxido alrededor de la ampolla en algunas partes de la superficie de la estructura.
5	Se observa que el óxido socava más de 10 cm ² en la superficie de la estructura

6.7.3 Descascaramiento

Tabla 6-33 Grado de daño por descascaramiento de la pintura

Grado de daño	Descripción
1	No se observa descascaramiento de la pintura en la superficie de la estructura
2	Se observa el principio del descascaramiento de la pintura
3	Ha crecido el descascaramiento de la pintura en algunas partes de la superficie de la estructura.
4	Se observa un considerable descascaramiento de la pintura.
5	Se observa un considerable descascaramiento de la pintura con óxido.



Figura 6-27 Descascaramiento de la pintura en la estructura (grado 3)

6.8 Viga principal de concreto

Existen dos tipos de superestructuras de concreto, los puentes de concreto preesforzado y los puentes de concreto reforzado. Los daños o deterioros en la viga principal de concreto son similares a los de la losa de concreto, así como la evaluación del grado de daño.

6.8.1 Grietas en una dirección

Las grietas de flexión son perpendiculares al refuerzo longitudinal y comienzan en la zona de máxima tensión. En la mitad del tramo de las vigas de concreto, las grietas de flexión se pueden encontrar algunas veces en la parte inferior de los miembros. Las grietas debido al esfuerzo cortante son grietas diagonales que usualmente ocurren en el alma de la viga. Estas grietas estructurales son usualmente grietas en una dirección.

Tabla 6-34 Grado de daño por grietas en una dirección en la viga de concreto

Grado de daño	Descripción
1	No se observan grietas.
2	El ancho de las grietas es menor a 0.2mm en intervalos de más de 1.0m
3	El ancho de las grietas es mayor a 0.2mm en intervalos de más de 1.0m
4	El ancho de las grietas es mayor a 0.2mm en intervalos entre 1.0 m y 0.5 m
5	El ancho de las grietas es mayor a 0.2mm en intervalos de menos de 0.5m



Figura 6-28 Grietas en una dirección (debido a flexión en la viga)

6.8.2 Grietas en dos direcciones

Casi no se observan grietas en dos direcciones en la viga de concreto. Cuando se observan grietas en dos direcciones, se deberá de investigar la reacción de dióxido de silicio alcalino de los agregados.

Tabla 6-35 Grado de daño por grietas en dos direcciones en la viga de concreto

Grado de daño	Descripción
1	No se observan grietas.
2	No aplica
3	El ancho de las grietas es menor de 0.2mm con intervalos mayores de 50cm
4	El ancho de las grietas es mayor de 0.2mm con intervalos menores de 50cm
5	El ancho de las grietas es mayor de 0.2mm y el concreto se empieza a descascarar.

6.8.3 Descascaramiento

Referirse a la tabla 6-17 de grado de daño en el concreto debido al descascaramiento.



Figura 6-29 Fisuras del concreto en las juntas de construcción

6.8.4 Acero de refuerzo expuesto

Refiérase a la tabla 6-10 para la evaluación del grado de daño del acero de refuerzo expuesto.



Figura 6-30 Oxidación en el acero de refuerzo.

6.8.5 Nidos de piedra y cavidades

Refiérase a la tabla 6-18 para la evaluación del grado de daño de los nidos de piedra y cavidades.



Figura 6-31 El acero de refuerzo está expuesto dentro de la cavidad

6.8.6 Eflorescencia

Refiérase a la tabla 6-19 para la evaluación del grado de daño de la eflorescencia.



Figura 6-32 Eflorescencia en la viga principal (grado 4)

6.9 Viga diafragma

La evaluación del grado de daño de la viga diafragma de concreto es la misma que la de la viga principal de concreto. Ver apartados del 6.8.1 al 6.8.6.

6.10 Apoyos del puente

Para inspeccionar los apoyos, primero el inspector debe determinar que tipo de apoyo fue previsto en el diseño (fijo, expansivo o rígido). El inspector debe consultar con los planos los tipos de apoyo utilizados en el puente. En Costa Rica la causa principal de daños en los apoyos es el movimiento

de la tierra en un sismo. Se debe registrar el número de apoyos utilizados para un puente y el grado de daño de la peor condición del apoyo. El inspector debe registrar las fotografías de los apoyos.

6.10.1 Rotura de pernos

El perno de anclaje es una pieza de metal comúnmente enroscado y ubicado con una tuerca y una arandela en un extremo. Se utiliza para asegurar en posición fija el apoyo del puente sobre la estructura. En la figura 6-35 se muestra un perno de anclaje deformado (grado de daño 3) y en la figura 6-36 se muestra el perno del anclaje cortado.

Tabla 6-37 Grado de daño por rotura del perno de anclaje

Grado de daño	Descripción
1	No se observan daños en el perno de anclaje
2	La tuerca no se encuentra en su posición original
3	El perno de anclaje está deformado.
4	El perno de anclaje se desplazó más de 5cm.
5	El perno de anclaje está completamente cortado.



Figura 6-33 Deformación del perno



Figura 6-34 Pernos de anclaje cortados

6.10.2 Deformación

Tabla 6-38 Grado de daño por deformación del apoyo

Grado de daño	Descripción
1	No se observan deformaciones.
2	Se observa una ligera deformación
3	Se observan deformaciones pero todavía funciona.
4	El apoyo está considerablemente deformado y deberá ser reemplazado.

5	El apoyo está completamente deforme y no funciona como apoyo.
---	---



Figura 6-35 Deformación del apoyo (grado 5)

6.10.3 Inclinación

Tabla 6-39 Grado de daño por inclinación del apoyo

Grado de daño	Descripción
1	No se observa ninguna inclinación
2	No aplica
3	Ligeramente inclinado
4	No aplica
5	Está considerablemente inclinado y no tiene función como apoyo



Figura 6-36 Inclinación del apoyo (grado 5)

6.10.4 Desplazamiento

Tabla 6-40 Grado de daño por desplazamiento del apoyo

Grado de daño	Descripción
1	No hay desplazamiento en el apoyo
2	No aplica

3	El apoyo está ligeramente desplazado
4	No aplica
5	El apoyo se desplazó más de 5cm de su posición original.



Figura 6-37 Movimiento del apoyo (grado 5)

6.11 Viga cabezal y aletones del bastión

Los procedimientos de inspección para la viga cabezal y los aletones son los siguientes.

6.11.1 Grietas en una dirección

Refiérase a la tabla 6-15 para la evaluación del grado de daño de grietas en una dirección.

6.11.2 Grietas en dos direcciones

Refiérase a la tabla 6-16 para la evaluación del grado de daño de grietas en dos direcciones.

6.11.3 Descascaramiento

Refiérase a la tabla 6-17 para la evaluación del grado de daño de descascaramiento en el concreto.

6.11.4 Acero de refuerzo expuesto

Refiérase a la tabla 6-10 para la evaluación del grado del acero de refuerzo expuesto.

6.11.5 Nidos de piedra

Refiérase a la tabla 6-18 para la evaluación del grado de los nidos de piedra.

6.11.6 Eflorescencia

Refiérase a la tabla 6-19 para la evaluación del grado de daño de la eflorescencia.

6.11.7 Protección del talud

El problema principal de los aletones en Costa Rica no es la deficiencia estructural de éstos, sino más bien el colapso del relleno de aproximación cerca de los aletones como se muestra en la figura 6-40. El inspector debe inspeccionar cuidadosamente el colapso del relleno de aproximación cerca del aletón.

Tabla 6-41 Grado de daño por protección del talud

Grado de daño	Descripción
1	No hay daños en el talud del relleno de aproximación
2	No aplica
3	El talud del relleno de aproximación colapsó ligeramente.
4	No aplica
5	El colapso del talud reduce al ancho de la vía.



Figura 6-38 Relleno de aproximación

6.12 Cuerpo principal del bastión

Los problemas más comunes en el bastión observados durante la inspección son la falla del material de construcción, el desplazamiento y la socavación. El material de construcción principal para el bastión es el concreto y los tipos de fallas del concreto son similares a las de la viga de

concreto.

6.12.1 Grietas en una dirección

Refiérase a la tabla 6-15 para la evaluación del grado de daño de grietas en una dirección.

6.12.2 Grietas en dos direcciones

Refiérase a la tabla 6-16 para la evaluación del grado de daño de grietas en dos direcciones.

6.12.3 Descascaramiento

Refiérase a la tabla 6-17 para la evaluación del grado de daño de descascaramiento en el concreto.

6.12.4 Acero de refuerzo expuesto

Refiérase a la tabla 6-10 para la evaluación del grado del acero de refuerzo expuesto.

6.12.5 Nidos de piedra

Refiérase a la tabla 6-18 para la evaluación del grado de los nidos de piedra.

6.12.6 Eflorescencia

Refiérase a la tabla 6-19 para la evaluación del grado de daño de la eflorescencia.

6.12.7 Pérdida del talud de protección en frente del bastión

El colapso del talud en frente del bastión tipo marco se observa frecuentemente en Costa Rica y es la causa principal del deterioro de la vía de aproximación y del bastión. La figura 6-41 muestra el colapso típico del talud de protección y una contramedida inadecuada.

Tabla 6-42 Grado de daño por colapso de la protección

Grado de daño	Descripción
1	No hay daño en el talud
2	No aplica
3	El talud en frente del bastión está deformado ligeramente.
4	No aplica.

5	El talud en frente del bastión colapsó.
---	---



Figura 6-39 Colapso de la protección enfrente del bastión (Grado 5)

6.12.8 Inclinación

La inclinación del bastión incluye el movimiento vertical, lateral o rotacional de la estructura. Las causas principales de la inclinación del bastión son la falla del talud, la filtración de agua y los sismos.

Tabla 6-43 Grado de daño por inclinación del bastión

Grado de daño	Descripción
1	No se observa movimiento
2	No aplica
3	Se confirma visualmente el movimiento ligero
4	No aplica
5	La inclinación es notable



Figura 6-40 Inclinación del bastión por sismo (grado 5).

6.12.9 Socavación en la fundación

La socavación es la erosión de material causada por el agua en movimiento. La socavación puede causar desgaste en el material de relleno en el bastión por la filtración de agua. En la figura 6-43 se muestra un ejemplo del colapso de la protección del talud en frente del bastión tipo marco debido al flujo del río. En caso del bastión tipo marco, si la protección del talud en frente del bastión colapsara por socavación, el grado de daño debe ser de cinco.

Tabla 6-44 Grado de daño por socavación en la fundación

Grado de daño	Descripción
1	No se observa socavación
2	No aplica.
3	Se observa socavación pero no se extiende a la fundación
4	No aplica.
5	Aparece socavación por la fundación



Figura 6-41 Colapso total de la protección del talud frente al bastión.

6.13 Martillo de la pila

Los problemas más comunes observados durante la inspección para el martillo de una pila son la falla en los materiales de construcción. La evaluación del grado de daño es igual a la mencionada para la viga de concreto.

6.13.1 Grietas en una dirección

Refiérase a la tabla 6-15 para la evaluación del grado de daño de grietas en una dirección.

6.13.2 Grietas en dos direcciones

Refiérase a la tabla 6-16 para la evaluación del grado de daño de grietas en dos direcciones.

6.13.3 Descascaramiento

Refiérase a la tabla 6-17 para la evaluación del grado de daño de descascaramiento en el concreto.

6.13.4 Acero de refuerzo expuesto

Refiérase a la tabla 6-10 para la evaluación del grado del acero de refuerzo expuesto.

6.13.5 Nidos de piedra

Refiérase a la tabla 6-18 para la evaluación del grado de los nidos de piedra.

6.13.6 Eflorescencia

Refiérase a la tabla 6-19 para la evaluación del grado de daño de la eflorescencia.

6.14 Cuerpo principal de la pila

Los problemas más comunes observados durante la inspección del cuerpo principal de la pila son el deterioro en el material de construcción, la inclinación y la socavación. El material principal para la construcción de la pila es el concreto y los tipos de deterioro son similares a los citados para la viga de concreto.

6.14.1 Grietas en una dirección

Refiérase a la tabla 6-15 para la evaluación del grado de daño de grietas en una dirección.

6.14.2 Grietas en dos direcciones

Refiérase a la tabla 6-16 para la evaluación del grado de daño de grietas en dos direcciones.

6.14.3 Descascaramiento

Refiérase a la tabla 6-17 para la evaluación del grado de daño de descascaramiento en el concreto.

6.14.4 Acero de refuerzo expuesto

Refiérase a la tabla 6-10 para la evaluación del grado del acero de refuerzo expuesto.

6.14.5 Nidos de piedra

Refiérase a la tabla 6-18 para la evaluación del grado de los nidos de piedra.

6.14.6 Eflorescencia

Refiérase a la tabla 6-19 para la evaluación del grado de daño de la eflorescencia.

6.14.7 Inclinación

Las causas principales de la inclinación son la falla en el apoyo del suelo, la consolidación del suelo, socavación y deterioro del material de la fundación. El movimiento rotacional y lateral de las pilas puede ser causado por el hundimiento asimétrico del suelo debido a las fuerzas excesivas transversales o longitudinales, tales como las fuerzas sísmicas. Se debe prestar especial atención en inspecciones posteriores a sismos, ya que puede que el daño de la pila no se note a simple vista. La inspección para la inclinación de la pila debe incluir la verificación de la alineación de la baranda del puente. Si la inclinación de la pila es notable, el registro del daño deberá ser de cinco sin importar el grado de inclinación.

6.14.8 Socavación en la fundación

Las fundaciones por lo general se encuentran completamente enterradas y por lo tanto, no pueden ser inspeccionadas visualmente. Sin embargo, las fundaciones que están expuestas debido a la erosión del suelo u otros factores deben ser inspeccionadas. Para evaluar el puntaje de la socavación en la fundación puede referirse la tabla 6-45.

Tabla 6-45 Grado de daño por socavación en la fundación

Grado de daño	Descripción
1	No se observa socavación
2	No aplica
3	Se observa socavación pero no se extiende a la fundación
4	No aplica
5	La fundación aparece por la socavación



Figura 6-42 Socavación en la fundación (grado 5)