



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

TÉRMINOS DE USO FRECUENTE POR INSPECTORES DE PUENTES



PIE

Programa de
Ingeniería Estructural

Abril 2018

TÉRMINOS DE USO FRECUENTE POR INSPECTORES DE PUENTES

PREPARADO POR:

Rolando Castillo Barahona, Ph.D.

Coordinador General - Programa de Ingeniería Estructural

Rodrigo Anchía Delgado

Asistente de Ingeniería - Programa de Ingeniería Estructural

Programa de Ingeniería Estructural - PIE
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales - LANAMME
Abril 2018

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a los ingenieros del Programa de Ingeniería Estructural del Lanamme quienes día a día contribuyen a mejorar el conocimiento sobre inspección, mantenimiento, diseño, construcción y rehabilitación de estructuras de puentes en Costa Rica

Pablo Agüero M. Sc.

Hellen Garita

María José Rodríguez Roblero, Ph.D.

Luis Guillermo Vargas

Esteban Villalobos, M.Sc., Coordinador - Unidad de Puentes

PRESENTACIÓN

Costa Rica cuenta con más de 1400 puentes a lo largo de la Red Vial Nacional y una cantidad poco conocida, pero nada despreciable, de puentes a lo largo de su Red Vial Cantonal. Estas estructuras son una importante inversión que ha realizado el país durante muchas décadas y deben ser inspeccionadas periódicamente para detectar daños que podrían causar su colapso parcial o total.

Los puentes sufren deterioros a lo largo del tiempo debido al efecto de los sismos, el agua de ríos o mares y al efecto del tránsito vehicular que circula a diario. Es por ello que estas estructuras deben ser inspeccionadas periódicamente para detectar problemas que obliguen a realizar trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, rehabilitación o el cierre de la estructura.

Debido al gran interés que han mostrado estudiantes, ingenieros, periodistas y público en general sobre la construcción de puentes nuevos y la condición estructural de puentes existentes, es que se decidió desarrollar esta publicación la cual presenta un resumen de términos comunes empleados por inspectores de puentes para facilitar la comprensión del tema.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. CLASIFICACIÓN DE PUENTES | 11 |
| 1.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE ESTRUCTURA | 11 |
| 1.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU FUNCIÓN | 12 |
| 2. COMPONENTES Y ELEMENTOS DE UN PUENTE | 13 |
| 2.1 SUPERESTRUCTURA | 13 |
| 2.2 SUBESTRUCTURA | 22 |
| 2.3 ACCESORIOS | 23 |
| 2.4 ACCESO DE APROXIMACIÓN | 26 |
| 3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 27 |

1. CLASIFICACIÓN DE PUENTES

Los puentes se pueden clasificar según: **tipo de estructura y función que cumplen.**

1.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE ESTRUCTURA

Los puentes se clasifican según 4 tipos de estructuras:

Puente: Estructura construida para salvar un cauce o extensión de agua como un río, quebrada, canal, lago, bahía, estero, entre otros (Ver Figura 1a).

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 (Ver Figura 1b).

Alcantarilla: Estructura que posee de una a cuatro celdas cada una con una longitud libre menor a 6 metros. Las celdas pueden ser de forma circular, rectangular u ovalada. A diferencia de un puente, una alcantarilla cuenta con una losa de piso (Ver Figura 1c).

Vado: Estructura conformada por más de cuatro celdas que permite el paso ininterrumpido de vehículos durante la época seca. Durante la época lluviosa, las celdas no tienen suficiente espacio para dejar pasar el aumento del caudal por crecidas del río por lo que el agua debe pasar sobre la estructura provocando la interrupción del tránsito vehicular (Ver Figura 1d).



(a) Puente sobre un río



(b) Paso a desnivel



(c) Alcantarilla de cuadro



(d) Vado

► **Figura 1.** Clasificación de puentes según el tipo de estructura

1.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU FUNCIÓN

Los puentes también se pueden clasificar según su principal función. Existen 4 funciones de puentes:

Puente vehicular: Estructura cuya función principal es el paso de vehículos. (Ver Figura 2a)

Puente peatonal: Estructura que permite el paso únicamente de personas. Se encuentran principalmente sobre carreteras de alto tránsito vehicular, pero también se pueden ubicar sobre ríos y quebradas. (Ver Figura 2b)

Puente ferroviario: Estructura cuya única función es el paso del ferrocarril. (Ver Figura 2c)

Puente de servicios: Estructura utilizada para permitir el cruce de tuberías que transporta líquidos como agua potable, aguas negras o hidrocarburos. (Ver Figura 2d)



(a) Puente vehicular



(b) Puente peatonal



(c) Puente ferroviario

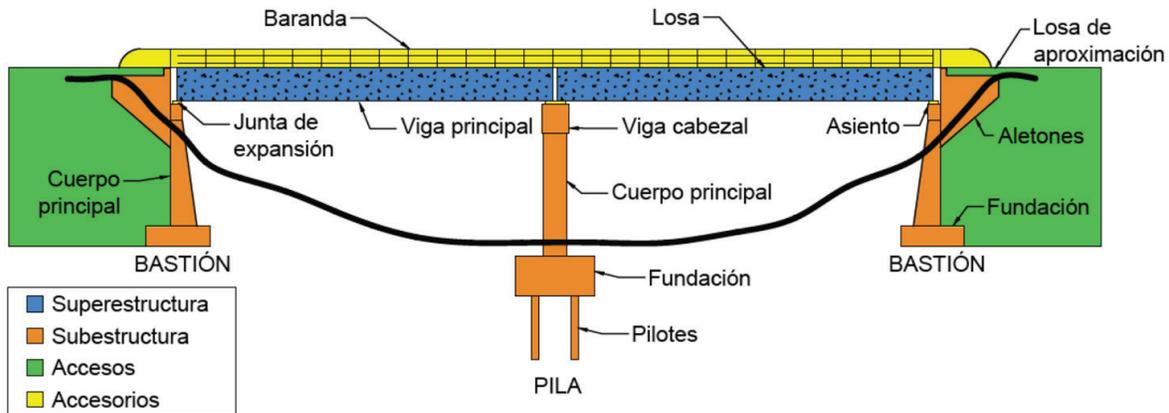


d) Puente para tuberías

► **Figura 2.** Clasificación de los puentes según su función

2. COMPONENTES Y ELEMENTOS DE UN PUENTE

Los componentes de un puente son: **Superestructura, Subestructura, Accesorios y Accesos de aproximación.** Estos componentes se muestran en la figura 3 con cuatro colores distintos.



► Figura 3. Componentes y elementos de un puente.

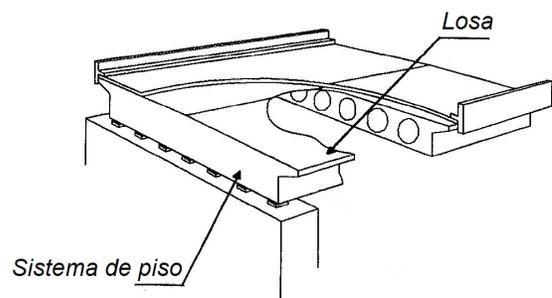
2.1 SUPERESTRUCTURA

La superestructura es el componente estructural que se encarga de recibir de forma directa la carga de los vehículos que circulan por el puente. Existen 4 tipos de superestructuras: **viga, cercha, arco y suspendida (colgante y atirantada).**

Superestructura de vigas: Este es el tipo de superestructura más utilizado para construcción de puentes. Las vigas pueden ser de acero o concreto. Entre las superestructuras de vigas están la **superestructura de losa de concreto** y la **superestructura de vigas doble T, vigas I, vigas canaleta o vigas cajón.**

Superestructura de losa de concreto: Este tipo de superestructura comprende una losa de concreto que cumple una doble función: Funciona como superficie de rodamiento y como viga que soporta su propio peso y la carga vehicular. La losa

puede ser sólida o tubular según se muestra en la figura 4). La figura 5 muestra un puente con este tipo de superestructura donde es evidente que la superficie inferior de la losa es plana.



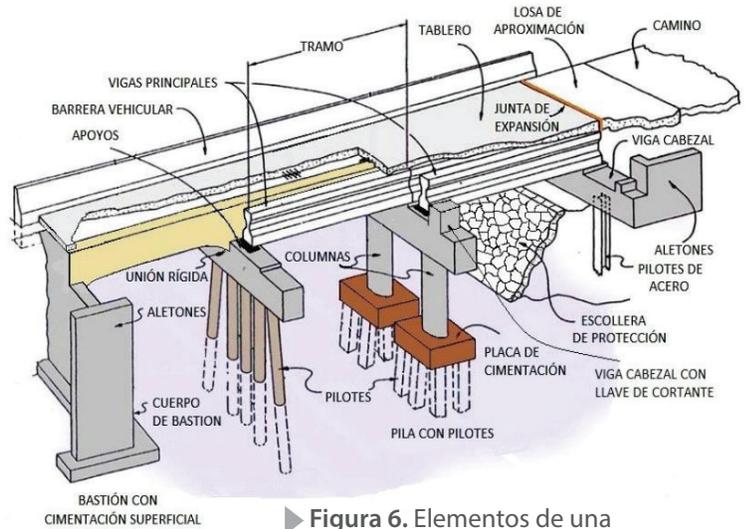
► Figura 4. Elementos de una superestructura de losa de concreto



► Figura 5. Superestructura de losa de concreto

Superestructura de vigas doble T, vigas I, vigas canaleta o vigas cajón. Esta superestructura está conformada por tres elementos estructurales: **tablero, vigas principales y vigas diafragma.** Estos elementos se muestran en la Figura 6.

Tablero: Es la plataforma sobre la cual transitan vehículos y peatones. Es un elemento secundario donde su principal función es transferir la carga vehicular a las vigas principales. El tablero puede ser: una losa de concreto, un sistema de rejillas de acero, un sistema de láminas de acero o un sistema de tabloncillos de madera según se muestra en la Figura 7.



► **Figura 6.** Elementos de una superestructura de vigas



(a) Losa de concreto



(b) Rejilla de acero abierta



(c) Láminas de acero



(d) Sistema de tabloncillos de madera

► **Figura 7.** Tipos de tableros

Vigas principales: Su función es soportar las cargas que le transfiere el tablero y a su vez transmitir las a los bastiones y pilas. Las vigas pueden ser: vigas doble T, vigas I, vigas canaleta o vigas cajón. Estas vigas pueden ser construidas con concreto o acero. (Ver figura 8)

Vigas diafragma: Estas son elementos secundarios que distribuyen las cargas entre las vigas principales. Se conectan perpendicularmente a los elementos principales (Ver Figura 9).



(a) Vigas doble T de concreto



(b) Viga I de concreto



(c) Viga canaleta de concreto



(d) Viga cajón de concreto

► **Figura 8.** Vigas principales para superestructura de vigas



(a) Vigas diafragma de concreto conectando vigas principales de concreto

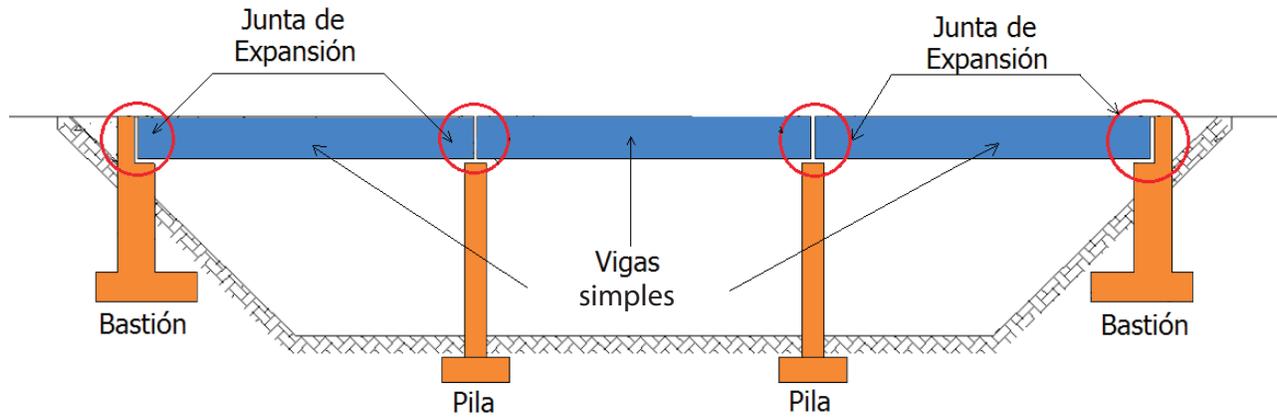


(b) Viga diafragma de armadura de acero conectando vigas principales de acero

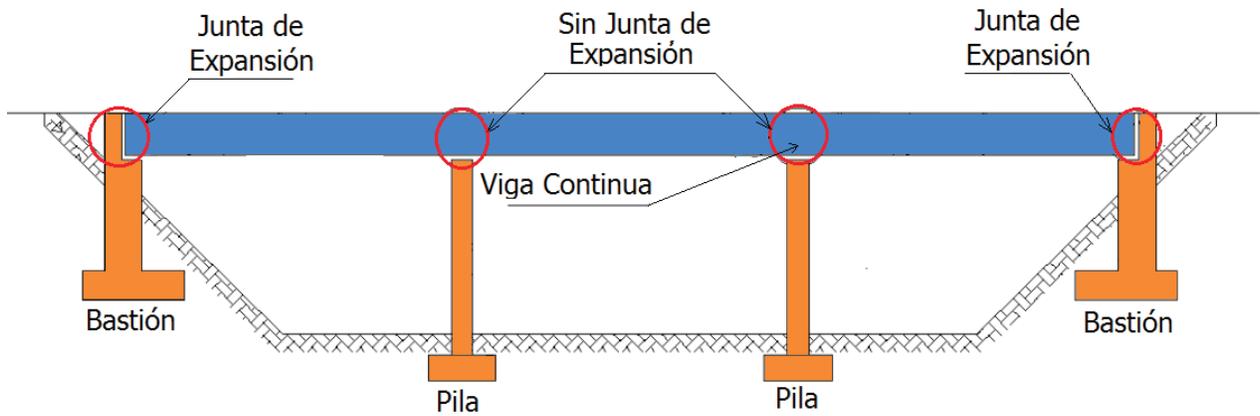
► **Figura 9.** Vigas diafragma

Las vigas principales pueden ser vigas simples por tramo (ver Figura 10), o vigas continuas (ver Figura 11) sobre dos o más tramos.

Las vigas principales y las columnas de las pilas pueden estar unidas monolíticamente formando marcos rígidos en el sentido longitudinal. (Ver Figura 12).



► Figura 10. Superestructura de vigas simples por tramo

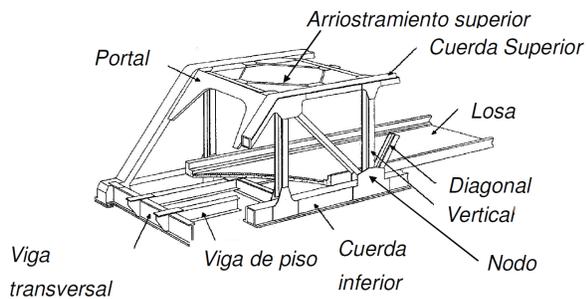


► Figura 11. Superestructura de vigas continuas sobre tres tramos



► Figura 12. Superestructura de marcos rígidos en el sentido longitudinal. Paso inferior intersección Alajuela RN1

Superestructura de cercha: Está compuesta de dos **cerchas** (o armaduras) la cuales cuentan con elementos verticales y diagonales, cuerda superior, cuerda inferior y nodos. Las cerchas están conectadas entre sí mediante un **sistema de piso** el cual comprende la losa y las **vigas de piso**, las **vigas transversales**, el **arriostramiento superior** y el **portal** (Ver Figura 13).



► **Figura 13.** Elementos de una superestructura de cercha

Sistema de piso: Para la superestructura de cercha, este consiste de un **tablero** soportado por **vigas de piso** conectadas a **vigas transversales**. (Ver figura 13)

Vigas de piso: Es un elemento secundario que soportan la losa y transmite la carga a las **vigas transversales**. (Ver Figura 13)

Vigas transversales: Son elementos secundarios que se conectan perpendicularmente a las cer-

chas las cuales se encargan de soportar la carga proveniente de las vigas de piso y transmiten las cargas a las cerchas. (Ver figura 13)

Cerchas (o armaduras): Son elementos principales que tienen la función de soportar las cargas que transfiere el sistema de piso. Estos elementos, a su vez, transmiten las cargas a los bastiones y pilas. La cercha está compuesta de cuerda superior e inferior, diagonales, verticales y nodos. (Ver figura 13)

Sistema de arriostramiento: Comprende el **arriostramiento superior** y el **portal**. Estos elementos secundarios se encargan de aumentar la rigidez de la estructura. (Ver figura 13)

Arriostramiento superior: Consiste de barras sólidas, angulares de acero o armaduras conectadas a la cuerda superior de ambas cerchas. Este elemento se encarga de brindar rigidez lateral a la superestructura. (Ver figura 13)

Portal: Consiste de una armadura inclinada que se conecta a la cuerda superior de ambas cerchas y de armaduras verticales que se conectan a los elementos verticales de las cerchas. Este elemento se encarga de aumentar la rigidez de la superestructura en la dirección vertical permitiendo con ello distribuir la carga vehicular entre las cerchas. (Ver figura 13)

Superestructura de cercha de paso superior: es aquella donde el paso vehicular es por encima de la superestructura (Ver figura 14).



► **Figura 14.** Superestructura tipo cercha de paso superior. Puente sobre el río Aranjuez, RN1



► **Figura 15.** Superestructura tipo cercha de paso inferior. Puente sobre el río Abangares, RN1

Superestructura de cercha de paso inferior: es aquella donde el paso vehicular es por debajo de la superestructura. (Ver figura 15).

Superestructura de arco: Esta estructura está conformada por un **sistema de piso, marcos transversales, cuerdas de arco y puntales transversales.** (Ver Figura 16).

Sistema de piso: Para la superestructura de arco, este comprende un **tablero** soportado por **vigas principales.** (Ver figura 16)

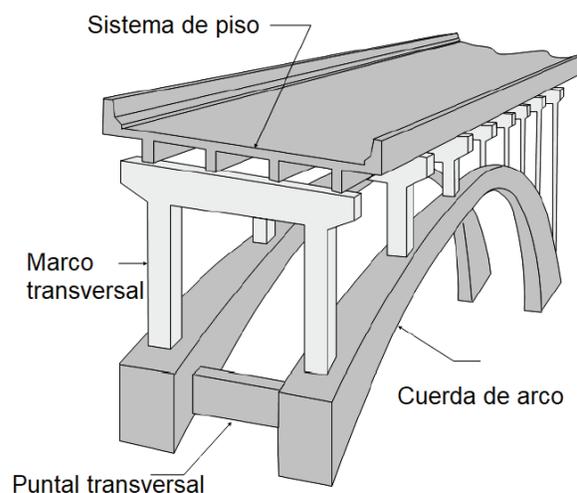
Marcos transversales: Son elementos principales los cuales comprenden dos columnas unidas con una viga cabezal que soporta las cargas provenientes del sistema de piso y transmiten dichas cargas a las cuerdas de arco. (Ver Figura 16)

Cuerdas de arco: Son elementos principales que reciben cargas a través de los marcos transversales para luego ser transmitidas a las placas de cimentación. (Ver figura 16)

Puntales transversales: Son elementos secundarios que conectan las cuerdas de arco en varios puntos a lo largo de la cuerda. Estos elementos

brindan estabilidad lateral a las cuerdas e incrementan la rigidez lateral de la superestructura. (Ver figura 16).

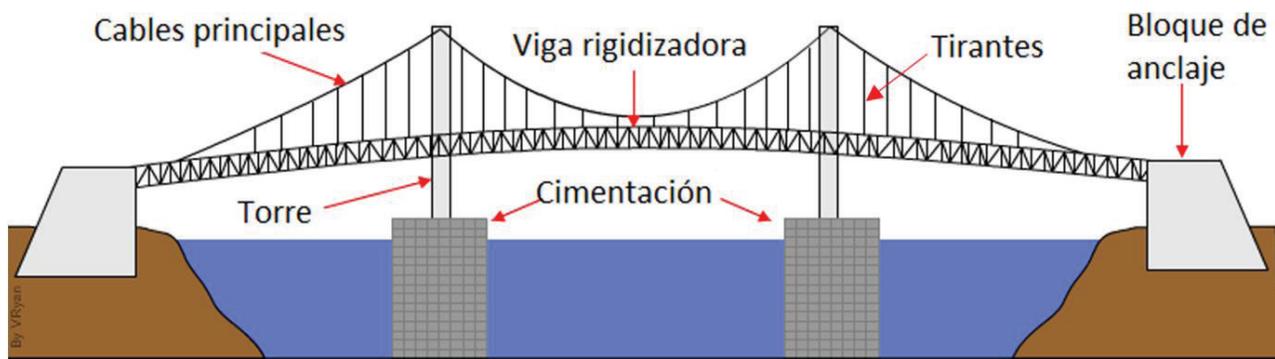
Superestructura de arco de paso superior: es aquella donde el paso vehicular ocurre por encima de la superestructura (Ver figura 17).



► **Figura 16.** Elementos de una superestructura de arco de paso superior



► **Figura 17.** Superestructura de arco de paso superior. Puente sobre el río El Salto RN1



► **Figura 18.** Elementos de una superestructura colgante

Superestructura colgante: Consiste de un **sistema de piso** conectado a una **viga rigidizadora** suspendida con **tirantes** o (**péndolas**). Los **tirantes** están conectados a los **cables principales** que forman una **curva catenaria** entre las **torres**. Los cables principales transmiten las cargas a las **torres** y a **bloques de anclaje** ubicados en ambos extremos del puente. (Ver Figura 18). Un ejemplo de puente colgante se muestra en la Figura 19.

Viga rigidizadora: Es un elemento principal que se encarga de rigidizar el sistema del piso. Esta esta soportada por los tirantes.

Tirantes o péndolas: Son elementos secundarios que consisten de barras o cables verticales de los cuales se suspende la viga rigidizadora. Estos cables se conectan a los cables principales.

Cables principales colgantes: Son elementos principales que se apoyan entre las torres creando una **curva catenaria** y anclados a los bloques de anclaje.

Curva catenaria: Curva que adoptan los cables principales cuando son cargados uniformemente por los tirantes.

Torres: Son elementos principales que pueden ser clasificados como pilas o bastiones dependiendo de la configuración del puente. Estos se encargan de soportar las cargas verticales y laterales transmitidas por los cables principales debido a la carga vehicular, carga por viento y carga por sismo.

Bloques de anclaje: Son elementos principales ubicados en los extremos de la superestructura. Son elementos masivos de concreto que proveen estabilidad al puente.

Superestructura atirantada: Consiste de **cables principales atirantados**, inclinados y rectos conectados a la **torre** y a las **vigas rigidizadoras** por medio de **anclajes**. El **sistema de piso** está conectado a la viga rigidizadora. A diferencia de las superestructuras colgantes, la superestructura atirantada no requiere de bloques de anclajes en

los extremos para lograr la estabilidad del puente (Ver Figura 20). En la figura 21 se muestra la superestructura atirantada del puente sobre el Río Tempisque.

Sistema de piso: Para la superestructura atirantada, este comprende un **tablero** soportado por **vigas transversales**. (Ver figura 13)

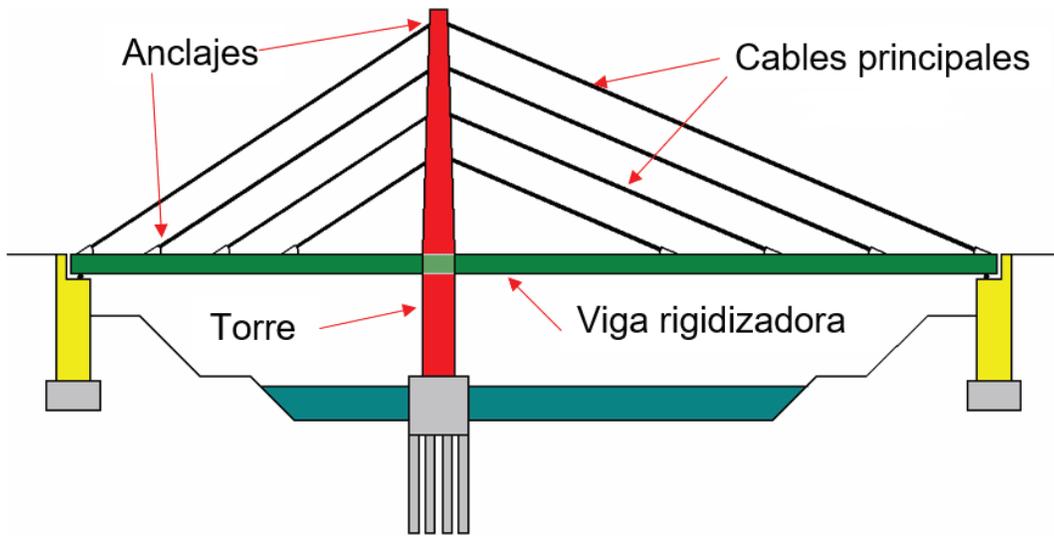
Viga rigidizadora: Es un elemento principal que se encarga de rigidizar el sistema del piso. Esta está soportada por los tirantes. Las vigas transversales se conectan a estas vigas.

Cables principales atirantados: Son los elementos principales que se anclan directamente a la viga rigidizadora y a la torre a través de **anclajes**.

Anclajes: Son elementos metálicos utilizados para conectar el cable atirantado a la viga rigidizadora y a la torre.



► **Figura 19.** Superestructura colgante, puente sobre río Peñas Blancas RN 702



► Figura 20. Elementos de un puente atirantado



► Figura 21. Superestructura atirantada del Puente de la Amistad- Puente sobre el río Tempisque RN18

2.2 SUBESTRUCTURA

La subestructura comprende aquellos elementos ubicados por debajo de los apoyos (inclusive). Son elementos estructurales que están diseñados para soportar las cargas transmitidas por la superestructura. Los principales elementos son: **apoyos, bastiones, pilas** y **cimentaciones** (Ver Figuras 3 y 6).

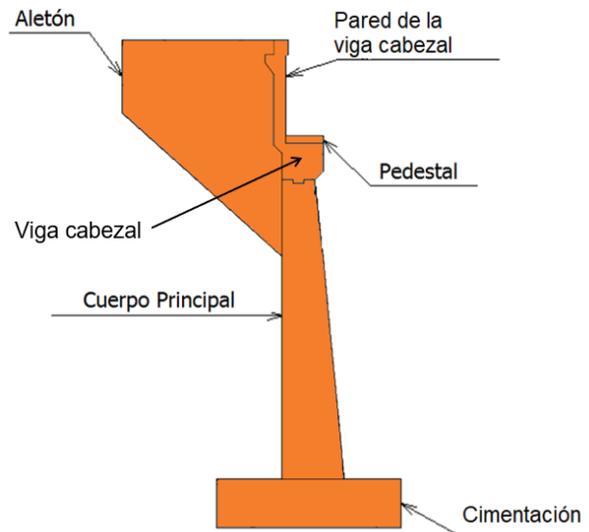
Apoyos: Los apoyos son elementos mecánicos o de neopreno (hule) que soportan y transmiten las cargas verticales y horizontales de la superestructura a los bastiones y pilas (Ver Figura 22).



► Figura 22. Tipos de apoyo

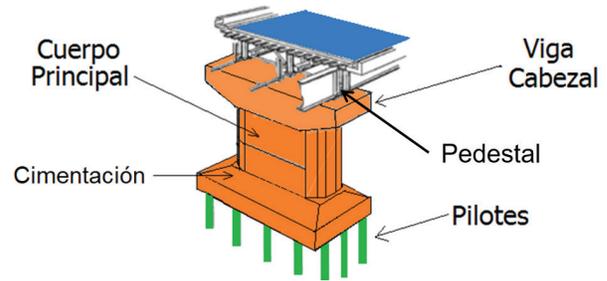
Bastión: Es un elemento que soporta las cargas transmitidas por la superestructura y la presión del suelo introducida por el relleno de aproximación. Se ubica en los extremos del puente. Los bastiones están compuestos por aletones, pared de la viga cabezal, viga cabezal, pedestal, cuerpo principal y cimentación (Ver Figura 23).

Pila: Elemento que sirve de apoyo intermedio a la superestructura. No es necesario su uso en todos los puentes. A diferencia de los bastiones, las pilas no necesariamente resisten la presión del suelo. Los elementos de la pila son la viga cabezal, pedestal, cuerpo principal y cimentación (Ver Figura 24).

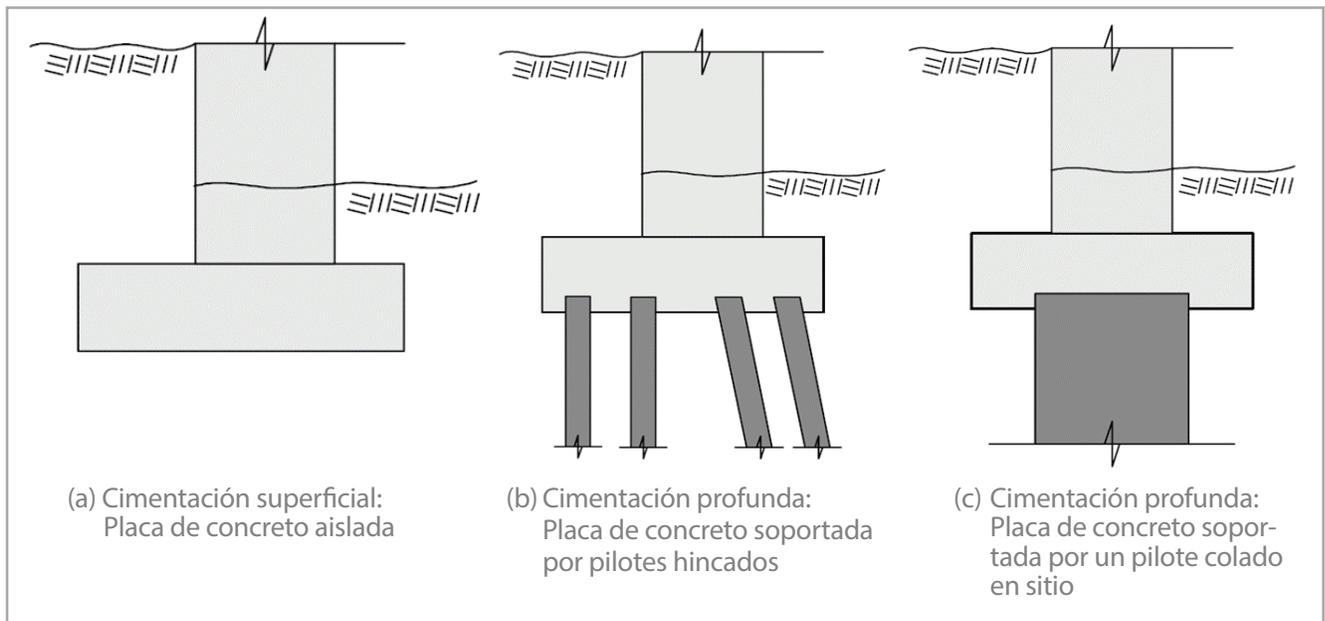


► Figura 23. Elementos de un bastión

Cimentación: Elemento estructural del bastión y pila que sirve de soporte al puente. Su principal función es transmitir las cargas al suelo sin que se llegue a superar la capacidad de soporte del suelo. Las cimentaciones se clasifican en cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas. Las cimentaciones superficiales, como son las placas de concreto aisladas, transfieren las cargas al suelo existente directamente debajo de ellas. Por otro lado, las cimentaciones profundas, como son las placas de concreto que se apoyan sobre pilotes hincados o colados en sitio, transfieren las cargas a un estrato de suelo más profundo con una capacidad de soporte apropiada (Ver Figura 25).



► Figura 24. Elementos de una pila



► Figura 25. Tipos de cimentaciones

2.3 ACCESORIOS

Los accesorios son elementos vitales para garantizar la adecuada y segura operación de los puentes durante su periodo de servicio. Entre los accesorios se encuentra: **barrera vehicular, superficie de desgaste, sistema de drenaje, guardavía, bordillo y juntas de expansión.**

Barrera vehicular: Es un elemento de contención fijado al tablero para evitar la caída de vehículos al vacío y así proteger la vida de los ocupantes del vehículo. Para el caso donde el puente cuente con una acera o ciclovía, ésta debe ser separada de la calzada por medio de un bordillo o una barrera vehicular para proteger la integridad de ciclistas y peatones. Las barreras pueden ser de

concreto, acero o combinada, es decir, una barrera compuesta por un elemento superior de acero sobre un murete de concreto (Ver Figura 26)

Superficie de desgaste: Es un elemento de protección al desgaste del tablero por el tráfico vehicular. Provee una superficie de rodamiento plana para el tránsito confortable de los usuarios. Puede ser concreto, carpeta asfáltica, madera (tablones de huella) o rejilla de acero dentado (Ver Figura 27)

Sistema de drenaje: Permite evacuar apropiadamente el agua de la calzada y aceras del puente. Este consiste de elementos de entrada, como sumideros y orificios en la losa y elementos de salida como tuberías y bajantes (Ver Figura 28).



(a) Barrera de acero



(b) Barrera de concreto



(c) Barrera de concreto y baranda peatonal de acero. Se busca proteger al peatón

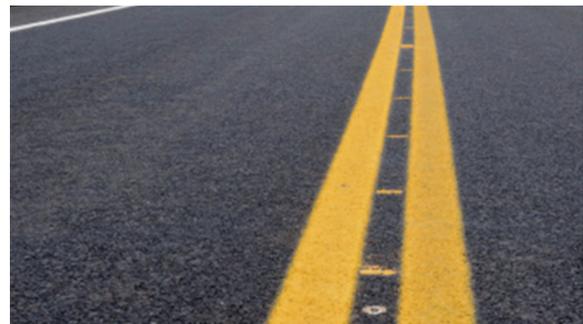


(d) Barrera combinada con bordillo de separación de la acera peatonal

► **Figura 26.** Tipos de barreras de puentes



(a) Concreto



(b) Carpeta asfáltica



(c) Huella de tablonés



(d) Rejilla de acero dentada

► **Figura 27.** Tipos de superficies de desgaste de puentes

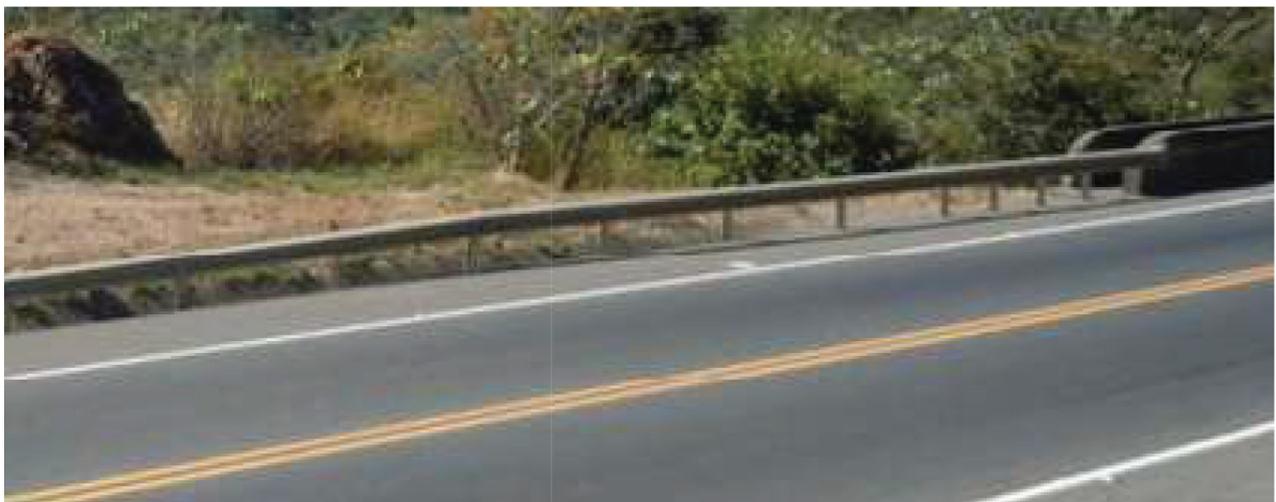


► **Figura 28.** Componentes de los drenajes

Guardavía: Es un sistema de seguridad vial que consiste de una barrera semiflexible de acero estructural diseñada para absorber el impacto de vehículos y redireccionarlos en la dirección paralela al tránsito. Esta se debe colocar en los accesos del puente y debe estar conectada a la barrera vehicular del puente (Ver Figura 29).

Bordillo: El bordillo o cordón de un puente es un elemento de seguridad que consiste de una grada entre la acera peatonal y la calzada del puente. Este elemento evita que los vehículos invadan la acera (Ver Figura 26d)

Juntas de expansión: Las juntas de expansión son dispositivos instalados en los extremos de cada superestructura conectados a la losa. Estos dispositivos permiten la traslación y/o rotación de la superestructura(s) durante su vida útil debido a cambios de temperatura y a deflexiones que introduce la carga vehicular. En Costa Rica se pueden encontrar cuatro tipos de juntas de expansión: Juntas abiertas, juntas selladas (reellenas o con sellos comprimidos de neopreno), juntas de placa deslizantes y juntas de placas dentadas. (Ver Figura 30)



► **Figura 29.** Guardavías de acero



► Figura 30. Tipos de juntas de expansión

2.4 ACCESO DE APROXIMACIÓN

El acceso de aproximación es el componente que sirve de transición entre el puente y la carretera. Los elementos principales de los accesos de aproximación son: **el relleno de aproximación y la losa de aproximación.**

Relleno de aproximación: Es el material seleccionado que se coloca detrás de los bastiones para alcanzar la elevación del terreno frente al puente para la construcción de la losa de aproximación.

Losa de aproximación: Es un elemento de concreto reforzado construido en los accesos que cuenta con la misma elevación que la carretera para permitir el acceso al puente. La losa de aproximación se utiliza para evitar que un posible asentamiento del relleno de aproximación afecte el ingreso de vehículos al puente (Ver figura 3).

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JICA-MOPT. (2007). Manual de Inspección de Puentes. San José, Costa Rica: Agencia de Cooperación Internacional del Japón(JICA) y Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).
- Ryan T.H et al (2012). Bridge Inspector's Reference Manual, Reporte No. FHWA NHI 12-049, Arlington, Virginia, Federal Highway Administration.
- Linkimer. L, Ramirez. C, Vargas. L, Castillo. R (2012). Glosario de términos geológicos y de ingeniería de interés para periodistas, editado por la Oficina de Divulgación e Información. Universidad de Costa Rica.
- NZ Transport Agency. (2001). Bridge Inspection and Maintenance Manual. New Zealand.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PIE Programa de
Ingeniería Estructural

Ing. Pablo Agüero-Barrantes, M.Sc.

Ing. Rolando Castillo - Barahona, Ph.D.
Coordinador General

Ing. Hellen Garita-Durán

Ing. María José Rodríguez Roblero, Ph.D.

Ing. Luis Guillermo Vargas-Alas

Ing. Esteban Villalobos-Vega, M.Sc.
Coordinador Unidad de Puentes

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
DIAGRAMACIÓN, DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD:
LICDA. DANIELA MARTÍNEZ ORTIZ / ÓSCAR RODRÍGUEZ QUINTANA

Tel. (506) 2511-2500 / Fax (506) 2511-4440
Código Postal 11501-2060

E-mail: direccion@lanamme.ucr.ac.cr
Sitio web: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr>