



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
CHIMBORAZO

Unach
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL

PUENTES

Ing. Marcelo David Guerra Valladares, MSc.

Magíster en Ingeniería Civil – Mención Estructuras Sismorresistentes

Especialista Estructural



UNIDAD 1

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN
PUENTE



Puente colgante
El antiguo puente de bejucos trenzados, sobre un abismo de montaña o un río, es el prototipo del puente colgante, cuyo piso se halla suspendido de recios cables colgantes.



Definición de puente

Obras de arte destinadas a salvar corrientes de agua, depresiones del relieve topográfico, y cruces a desnivel que garanticen una circulación fluida y continua de peatones, agua, ductos de los diferentes servicios, vehículos y otros que redunden en la calidad de vida de los pueblos.

El puente es una estructura que forma parte de caminos, carreteras y líneas férreas y canalizaciones, construida sobre una depresión, río, u obstáculo cualquiera. Los puentes constan fundamentalmente de dos partes: la superestructura y la infraestructura.



PUENTE SOBRE EL ESTRECHO DE GOLDEN GATE EN LA BAHÍA DE SAN FRANCISCO (USA)

- PROBLEMA PRINCIPAL EN CONSTRUCCIÓN
 - FUERTES CORRIENTES DE VIENTO (APROX. 130KM/H)
 - DIFICULTAD DE CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIÓN
- FORMADO POR 3 ARCADAS COLGANTES.
 - LATERALES: 325 m DE LONGITUD
 - CENTRAL: 1280 m DE LONGITUD (RECORD DE LONGITUD HASTA 1964)

GOLDEN GATE - CALIFORNIA

LOCALIDAD	RESPONSABLES	LONGITUD	TIPO	AÑOS DE CONSTRUCCIÓN
SAN FRANCISCO	ING. JOSEPH B. STRASS ARQ. IRVING F. MORROW	2737m	PUENTE COLGANTE	1933 – 1937



PUENTE QUE UNE BROOKLYN CON MANHATTAN

- PROBLEMA PRINCIPAL EN CONSTRUCCIÓN
 - DIFICULTAD DE CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIÓN
 - FALLECIMIENTO PREMATURO DEL INGENIERO DISEÑADOR.
- UTILIZACIÓN DEL ACERO SOBRE EL HIERRO DULCE.
- DOS TORRES DE GRANITO QUE SE ELEVAN 99m SOBRE EL NIVEL DEL MAR

PUENTE DE BROOKLYN – NUEVA YORK

LOCALIDAD	RESPONSABLES	LONGITUD	TIPO	AÑOS DE CONSTRUCCIÓN
BROOKLYN	ING. JOHN AUGUSTUS RÖBLING	1050m	PUENTE COLGANTE	1869 – 1883



PUENTE SOBRE EL NUEVO MOSA EN ROTTERDAM

- PROBLEMA PRINCIPAL EN CONSTRUCCIÓN
 - FORMA Y DISEÑO INNOVADOR.
- CONOCIDO COMO “CISNE”
- PILA ASIMÉTRICA DE 139m DE ALTURA.

PUENTE ERASMUS – PAÍSES BAJOS

LOCALIDAD	RESPONSABLES	LONGITUD	TIPO	AÑOS DE CONSTRUCCIÓN
ROTTERDAM	ING. BEN VAN BERKEL	802m	PUENTE DE CABLES DE ACERO	1994 – 1996



PUENTE SOBRE EL ESTRECHO DE AKASHI

- PROBLEMA PRINCIPAL EN CONSTRUCCIÓN
 - DIFICULTAD DE CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIÓN
 - FUERTES VIENTOS Y SISMOS.
- ESTRUCTURA TOTALMENTE DE ACERO.
- PILARES DE 283 m DE ALTURA.

PUENTE AKISHIA KAIKYO - JAPÓN

LOCALIDAD	RESPONSABLES	LONGITUD	TIPO	AÑOS DE CONSTRUCCIÓN
AKASHI	HONSHU – SHIKOKU BRIDGE AUTHORITY	3911m 1991m (TRAMO MÁS LARGO)	PUENTE COLGANTE METÁLICO	1989 – 1999

Clasificación de Puentes

SEGÚN SU FUNCIÓN









Clasificación de Puentes

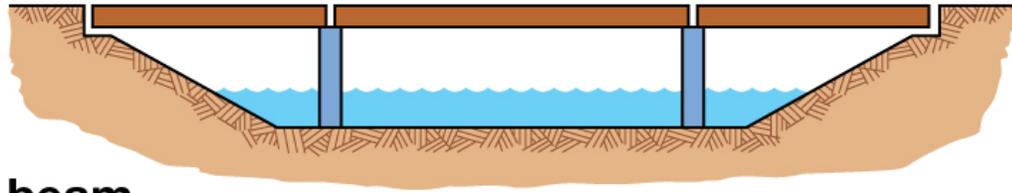
SEGÚN EL MATERIAL
DE CONSTRUCCIÓN



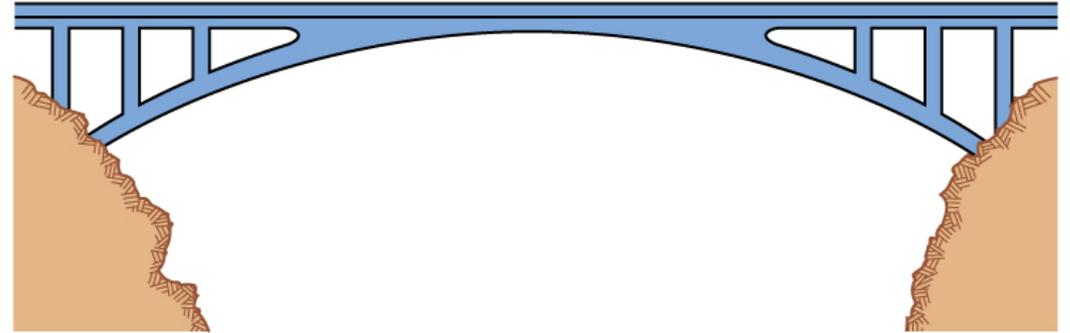


Clasificación de Puentes

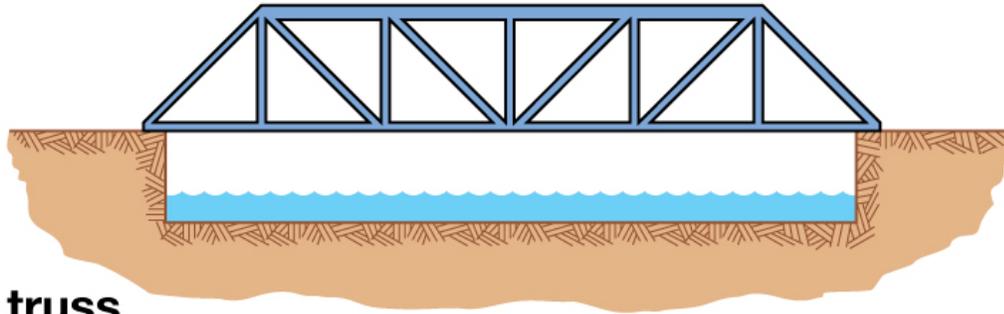
SEGÚN SU TIPO DE
ESTRUCTURA



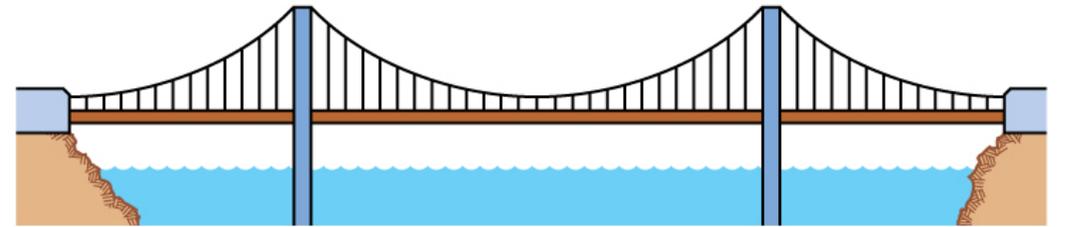
beam



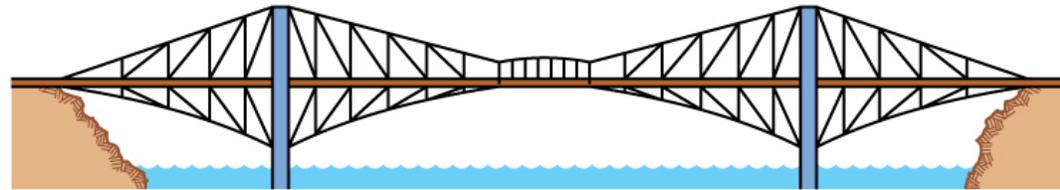
arch



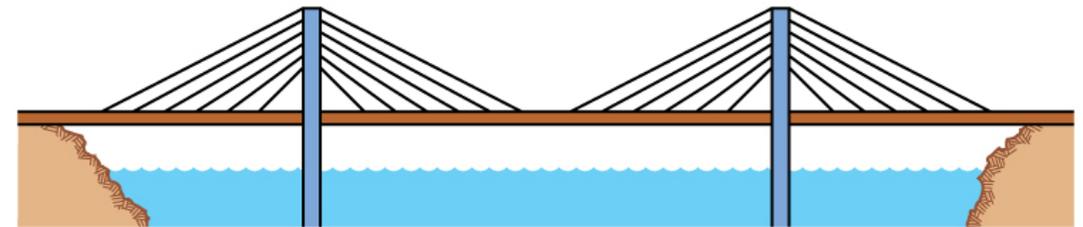
truss



suspension



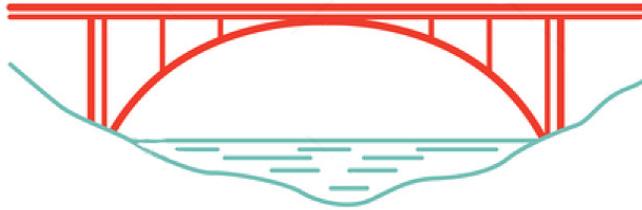
cantilever



cable-stayed

TIPOS DE PUENTES

puente de arco



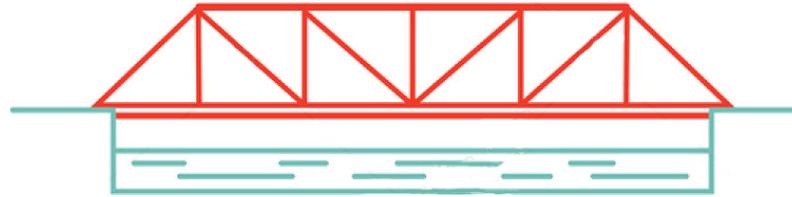
puente de arco atirantado



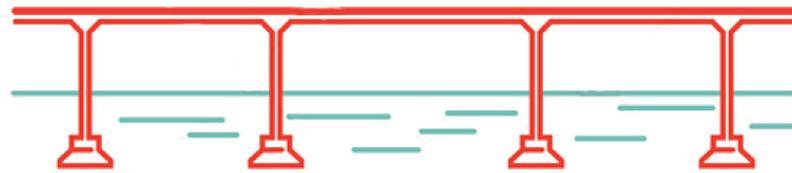
puente voladizo



puente de armadura



puente de vigas



puente colgante



puente atirantado

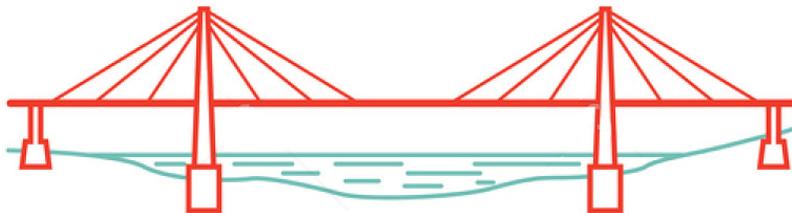
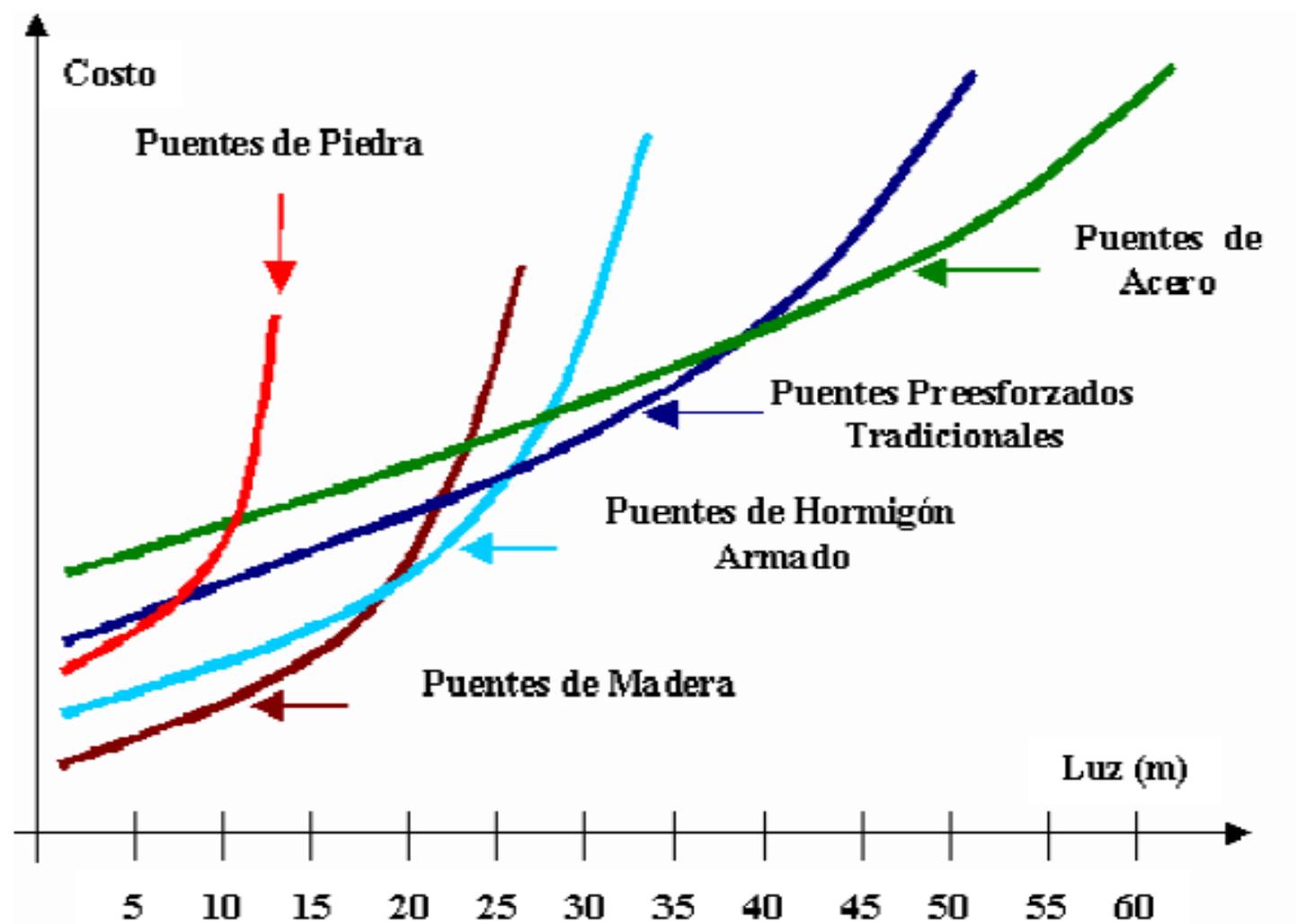
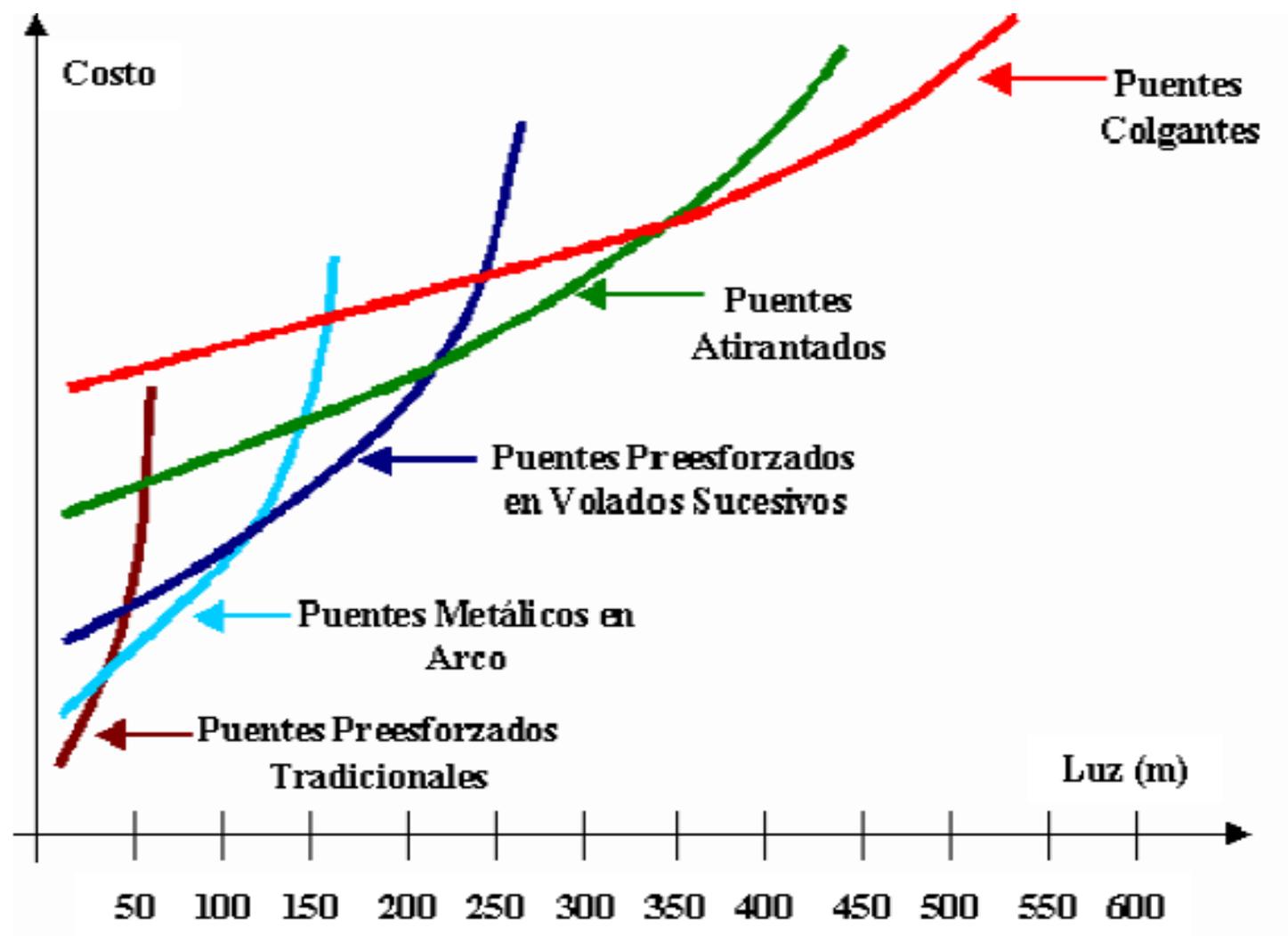


TABLA 1.2: RANGO DE LUCES SEGUN EL TIPO DE ESTRUCTURA

Tipo de Estructura	Material	Rango de luces (m.)	Puente	Máxima luz construída
Losa	C. Armado	0 12		
	C. Presforzado	10 40		
Vigas	C. Armado	12 25		
	C. Presforzado	25 325	Gateway Great Belt (*)	260 m. 325 m.
	Acero	30 300	Río Niteroi	300 m.
Arco	Concreto	80 390	Glandesville Yugoslavia	300 m. 390 m.
	Acero	130 400	Fremont	382 m.
	Acero ret.	240 520	Virginia	518 m.

	Acero	100 600	Quebec	549 m.
Reticulado	Concreto	50 500	Dome Point Sunshimi Skyw	396 m. 366 m.
			Fernandez Casado	440 m.
	Acero	100 1000	Yokojama Normandia (**)	460 m. 856 m.
	Hibrido		Annacis	465 m.
Colgante	Acero	300 2000	Humber Akashi Kaikyo (**)	1410 m. 1990 m.









VIGAS EN ' T '



Clasificación de Puentes

SEGÚN SU
GEOMETRÍA EN
PLANTA



Clasificación de Puentes

Según el tiempo de vida

- Definitivos
- Temporales (Bailey)



Ubicación y elección de tipo de puente

Se debe considerar principalmente los siguientes parámetros:

- Localización de la estructura o ubicación en cuanto a sitio, alineamiento, pendiente y rasante.
- Tipo de puente que resulte más adecuado para el sitio escogido, teniendo en cuenta su estética, economía, seguridad y funcionalidad.
- Forma geométrica y dimensiones, analizando sus accesos, superestructura, infraestructura, cauce de la corriente y fundaciones.
- Obras complementarias tales como: barandas, drenaje de la calzada y de los accesos, protección de los márgenes y rectificación del cauce, si fuera necesario forestación de taludes e iluminación.
- En caso de obras especiales conviene recomendar sistemas constructivos, equipos, etapas de construcción y todo aquello que se considere necesario para la buena ejecución y estabilidad de la obra.



ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA PARA EL DISEÑO DE PUENTES

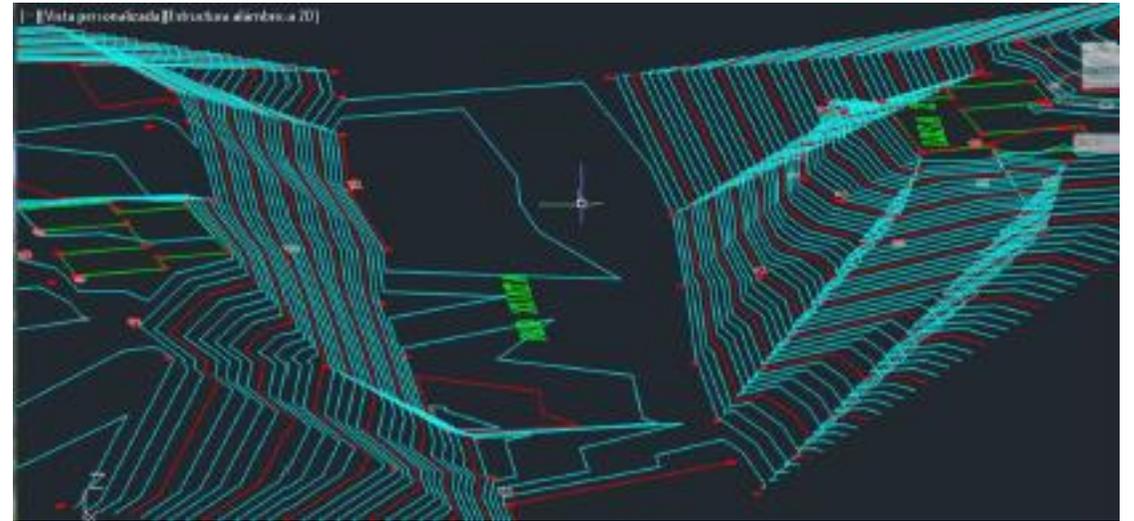
Estudios Topográficos

Los estudios topográficos tendrán como objetivos:

- Realizar los trabajos de campo que permitan elaborar los planos topográficos.
- Proporcionar información de base para los estudios de hidrología e hidráulica, geología, geotecnia, así como de ecología y sus efectos en el medio ambiente.
- Posibilitar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de los elementos estructurales.
- Establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.

Estos estudios deberán comprender como mínimo lo siguiente:

- Levantamiento topográfico general de la zona del proyecto, documentado en planos a escala entre 1:500 y 1:2000 con curvas de nivel a intervalos de 1 m.
- Definición de la topografía de la zona de ubicación del puente y sus accesos. Los planos deberán indicar los accesos del puente.
- En el caso de puentes sobre cursos de agua deberá hacerse un levantamiento detallado del fondo.
- Ubicación e indicación de cotas de puntos referenciales, puntos de inflexión y puntos de inicio y término de tramos curvos.
- Levantamiento catastral de las zonas aledañas al puente.



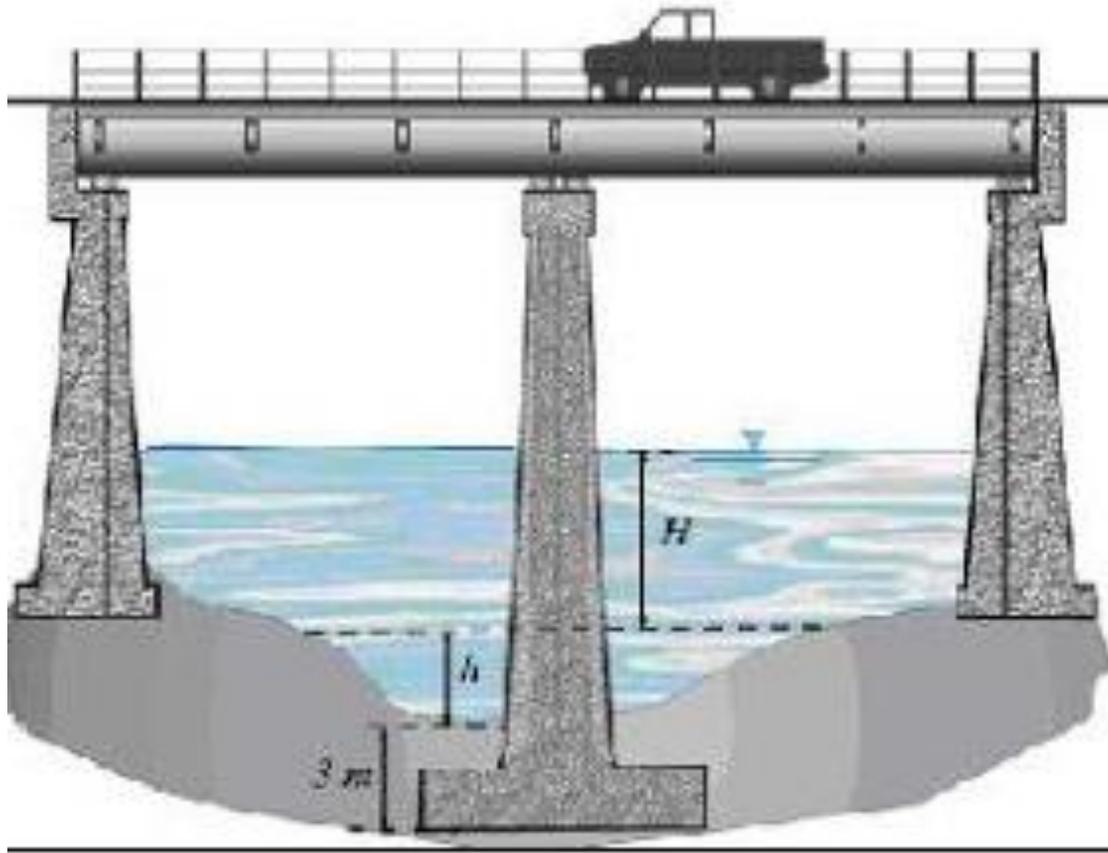
Estudios Hidrológicos e Hidráulicos

Los estudios hidrológicos e hidráulicos tendrán como objetivo:

- Establecen las características hidrológicas de los regímenes de avenidas máximas y extraordinarias y los factores hidráulicos que conllevan a una real apreciación del comportamiento hidráulico del río que permiten definir los requisitos mínimos del puente, y su ubicación óptima en función de los niveles de seguridad o riesgos permitidos.

Estos estudios deberán comprender como mínimo lo siguiente:

- Ubicación óptima del cruce.
- Caudal máximo de diseño hasta la ubicación del cruce.
- Comportamiento hidráulico del río en el tramo que comprende el cruce.
- Área de flujo a ser confinada por el puente.
- Nivel máximo de agua (NMA) en la ubicación del puente.
- Nivel mínimo recomendable para el tablero del puente.
- Previsiones para la construcción del puente.
- Obras de protección necesarias.



Estudios Geológicos y Geotécnicos

Los estudios geológicos y geotécnicos tendrán como objetivo:

- Establecen las características geológicas, tanto locales como generales de las diferentes formaciones geológicas que se encuentran, identificando tanto su distribución como sus características geotécnicas correspondientes.

Estos estudios deberán comprender como mínimo lo siguiente:

- Revisión de información existente y descripción de la geología a nivel regional y local.
- Descripción geomorfológica.
- Definición de las propiedades físicas y mecánicas de suelos y/o rocas.
- Definición de zonas de deslizamientos y aluviones sucedidos en el pasado y de potencial ocurrencia en el futuro.
- Recomendación de canteras para materiales de construcción.
- Identificación y caracterización de fallas geológicas.



Estudios de Riesgo Sísmico

Los estudios de riesgo sísmico tendrán como objetivo:

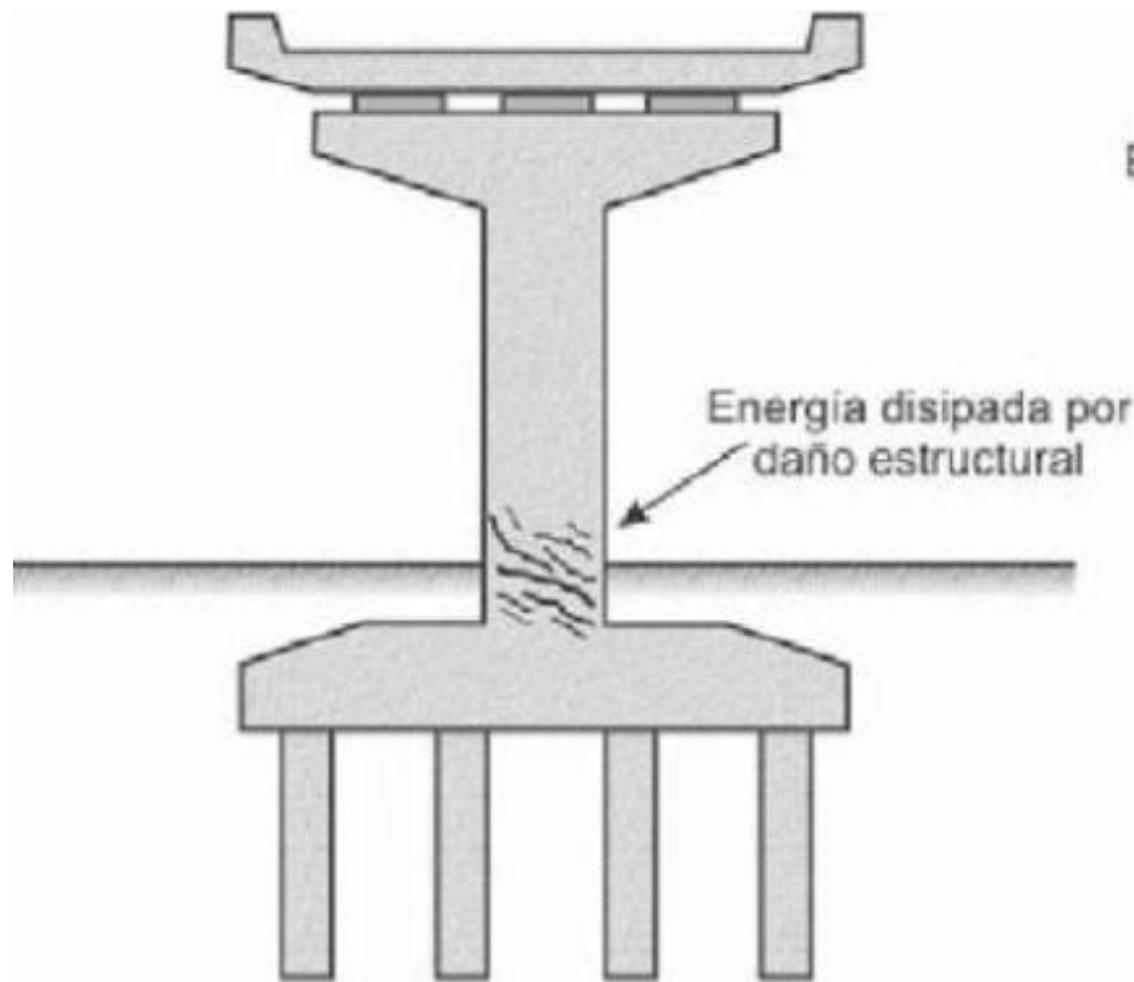
- Tienen como finalidad determinar los espectros de diseño que definen las componentes horizontal y vertical del sismo a nivel de la cota de cimentación.



El alcance de los estudios de riesgo sísmico dependerá de:

- La zona sísmica donde se ubica el puente.
- El tipo de puente y su longitud.
- Las características del suelo.





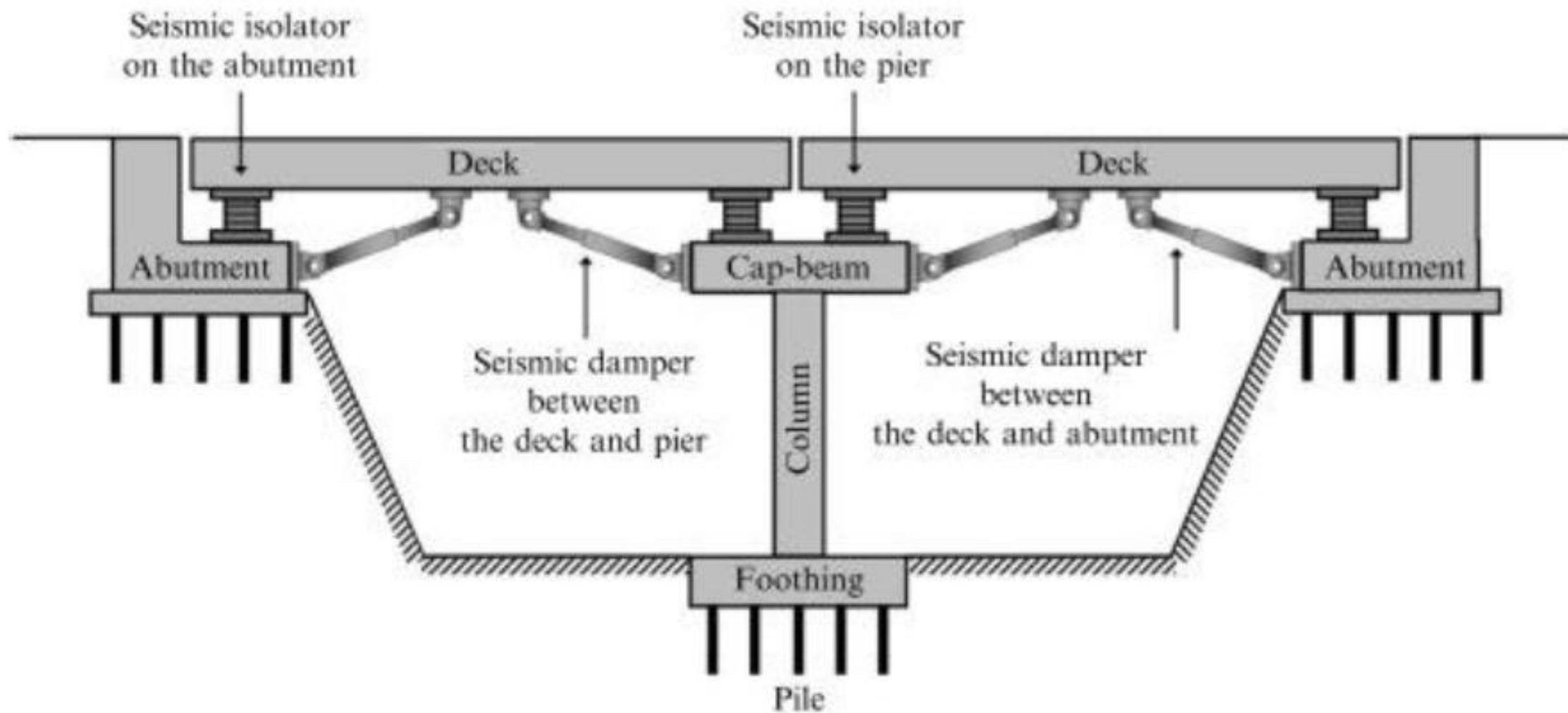
Energía disipada por
daño estructural

(a) Puente convencional



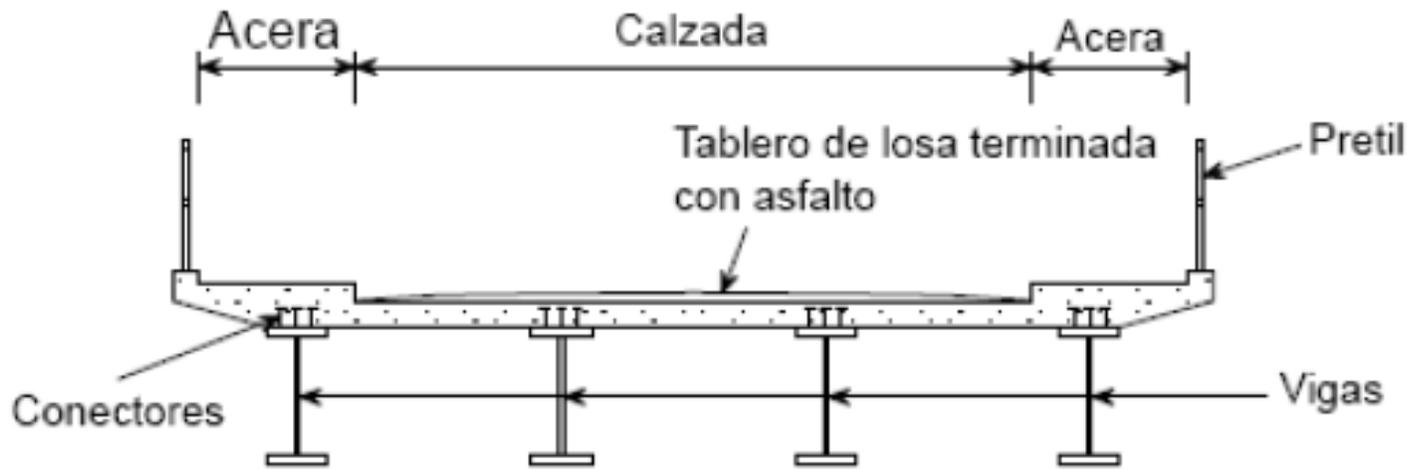
Energía disipada en
los aisladores

(a) Puente con aisladores

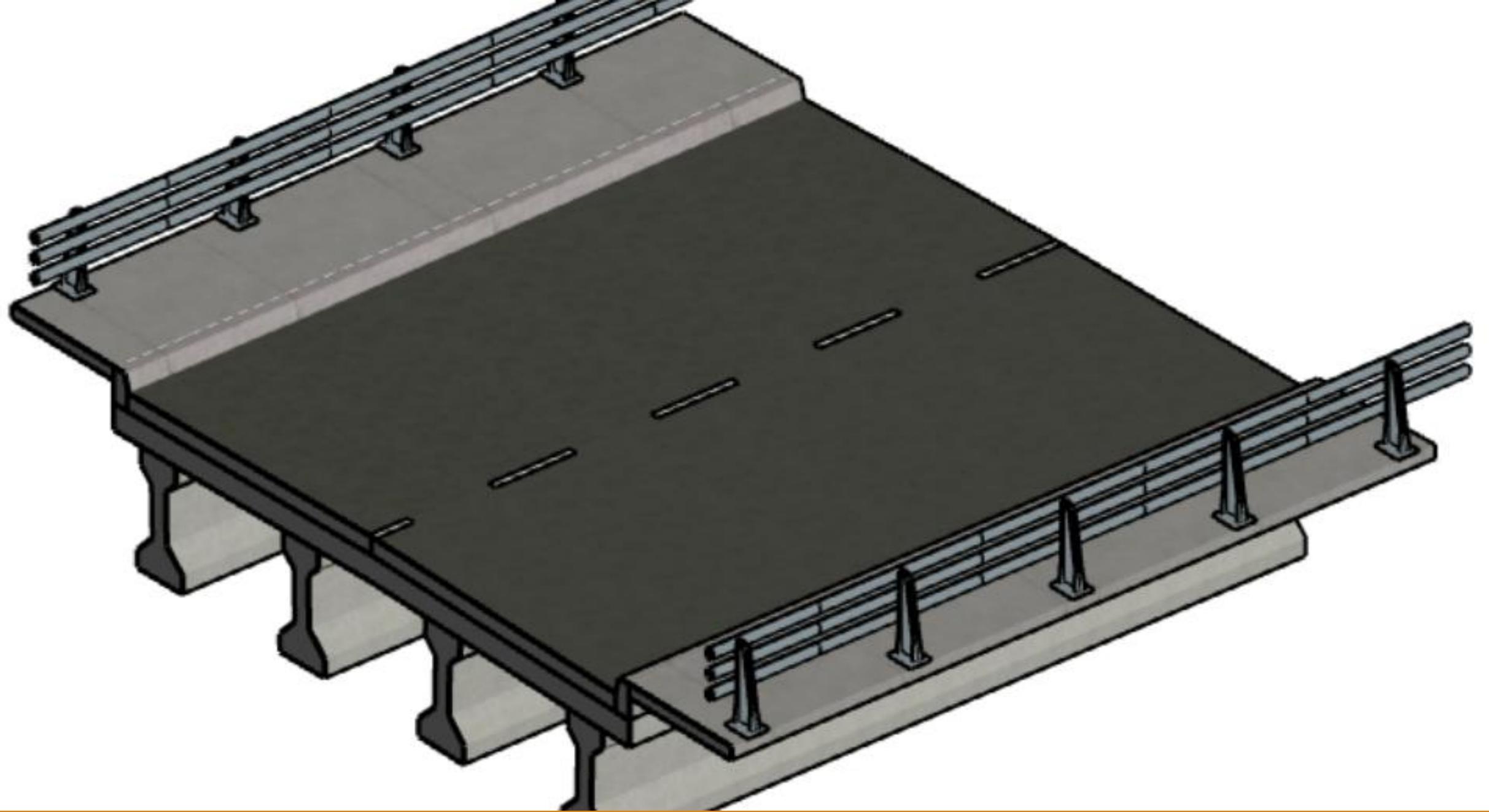


Estudios Adicionales

- Estudios de tráfico: Cuando la magnitud de la obra lo requiera, será necesario efectuar los estudios de tráfico correspondiente a volumen y clasificación de tránsito en puntos establecidos, para determinar las características de la infraestructura vial y la superestructura del puente.
- Estudios complementarios: Son los estudios básicos como: instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, señalización, coordinación con terceros y cualquier otro que sea necesario al proyecto.
- Estudios de trazo y diseño vial de los accesos: Estos estudios definen las características geométricas y técnicas del tramo de carretera que enlaza el puente en su nueva ubicación con la carretera existente.
- Estudios de alternativas a nivel de anteproyecto: Propuesta de diversas soluciones técnicamente factibles, para luego de una evaluación técnica económica, elegir la solución mas viable.



CONSIDERACIONES PARA LA GEOMETRÍA DEL PUENTE



Sección Transversal

El ancho de la sección transversal de un puente no será menor que el ancho del camino de acceso al puente, y podrá contener: vías de tráfico, vías de seguridad (bermas), veredas, ciclovía, barreras y barandas, elementos de drenaje.

El puente debe estar integrado completamente al desarrollo del proyecto geométrico de la carretera tanto en planta como en perfil.

1



2



3



4



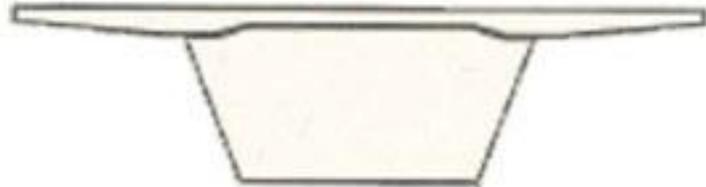
5



6



7



Select Bridge Deck Section Type

Concrete Box Girders



Ext. Girders Vertical



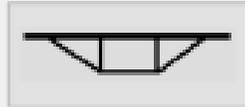
Ext. Girders Sloped



Ext. Girders Clipped



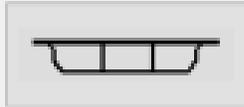
Ext. Girders with Radius



Ext. Girders Sloped Max



AASHTO - PCI - ASBI
Standard



Advanced

Other Monolithic Concrete Sections



Tee Beam



Solid Girder



Flat Slab

Concrete Deck on Composite Girders



Precast I Girder



Precast U Girder



Steel I Girders

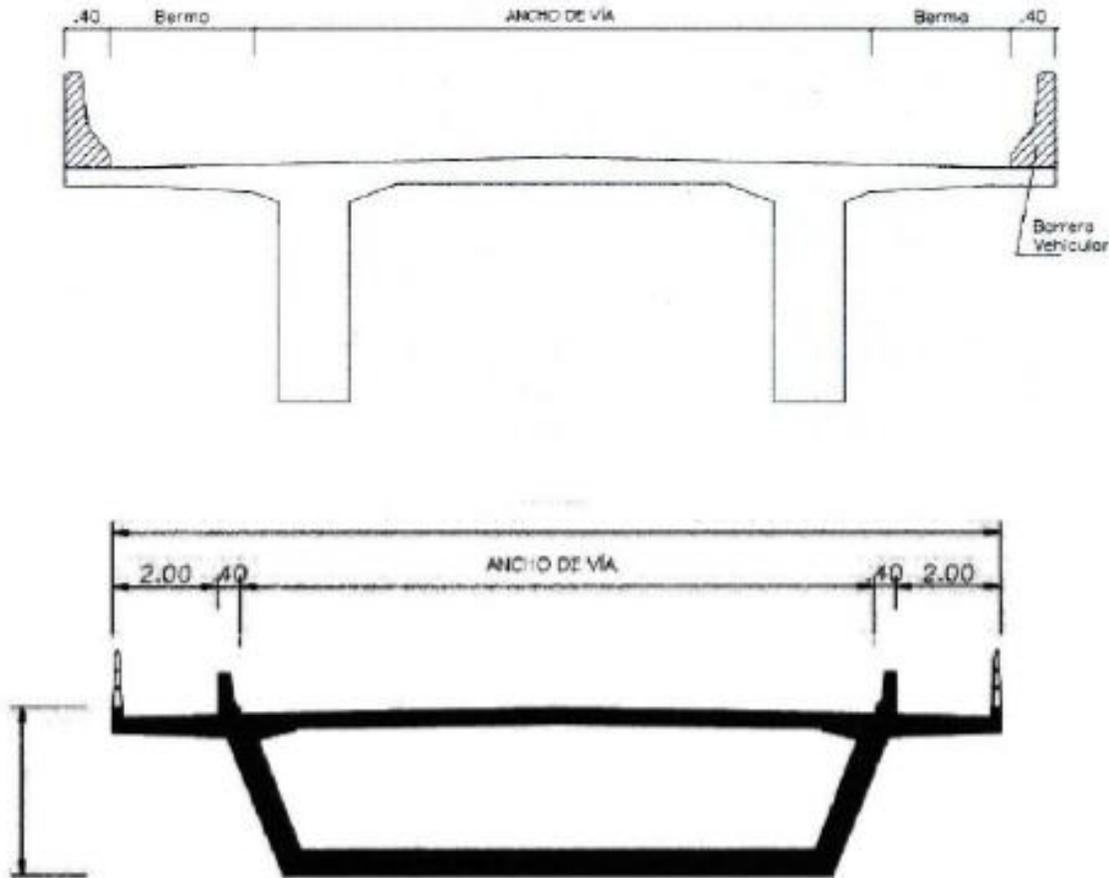


Steel U Girders

Ancho de Vía (Calzada)

Siempre que sea posible, los puentes se deben construir de manera de poder acomodar el carril de diseño estándar y las bermas adecuadas.

El número de carriles de diseño según AASTHO Art. 3.6.1.1.1, se determina tomando la parte entera de la relación $w/3.6$, siendo “w” el ancho libre de calzada (m).





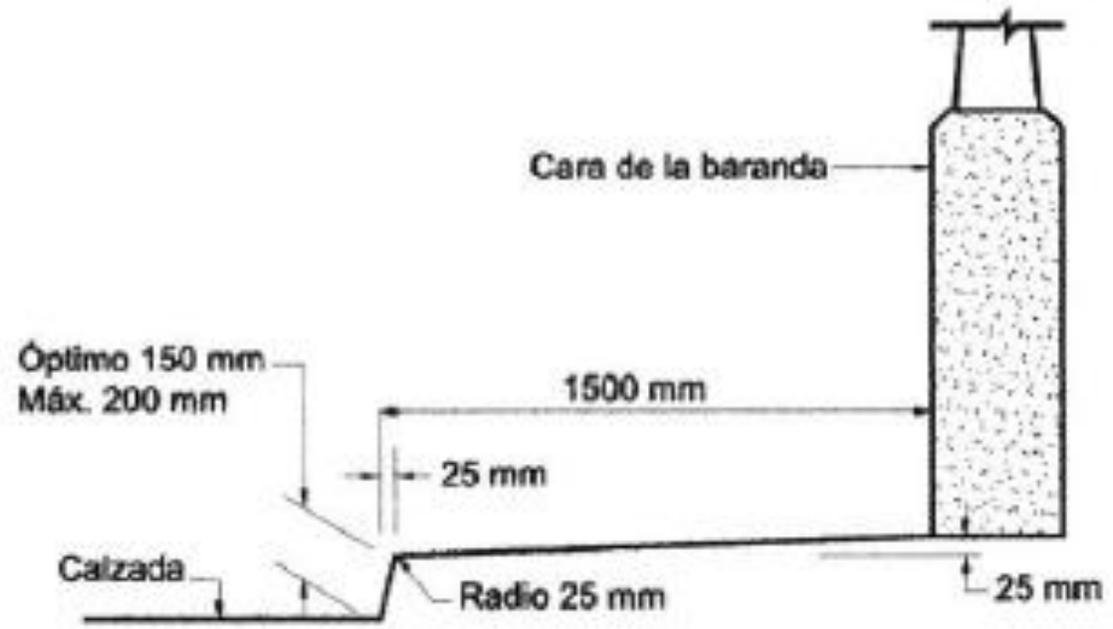
Bermas

Una berma es la porción contigua al carril que sirve de apoyo a los vehículos que se estacionan por emergencias. Su ancho varía desde un mínimo de 0.60 m en carreteras rurales menores, siendo preferible 1.8 a 2.4 m. En vías principales al menos 2.40 m, y preferentemente 3.00 m. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que anchos superiores a 3.0 m predisponen a su uso no autorizado como vía de tráfico.



Veredas

Se deberá poner veredas para el flujo peatonal en todos los puentes, tanto en zonas rurales como urbanas. El ancho mínimo de las veredas para velocidades de diseño menores a 70 km/h debe ser 1.20 m efectivo, es decir sin incluir barandas ni barreras. Para velocidades mayores deberán tener 1.50 m de ancho efectivo mínimo y además estar protegidas por barreras. En zonas urbanas las veredas peatonales deben tener como mínimo 1.50 m de ancho efectivo, debiendo protegerse con barreras. En zonas rurales, la vereda debe tener al menos 1.00 m de ancho efectivo.



VEREDA SOBREELEVADA



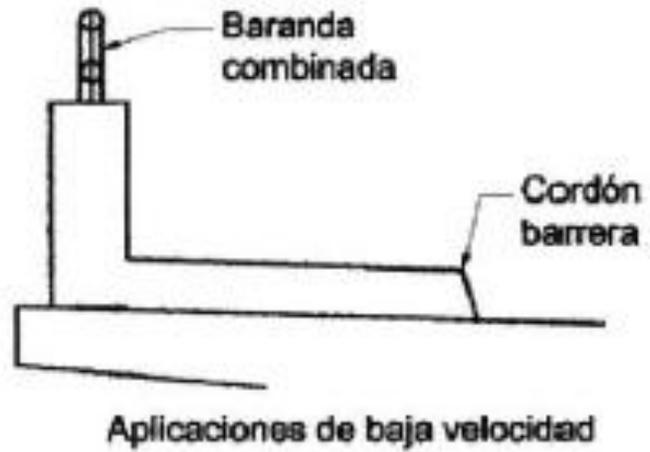
Barandas

Se instalan a lo largo del borde de las estructuras de puente cuando existen pases peatonales, o en puentes peatonales, para protección de los usuarios. La altura de las barandas será no menor que 1.10 m, en ciclovías será no menor que 1.40 m.

Una baranda puede ser diseñada para usos múltiples (caso de barandas combinadas para peatones y vehículos) y resistir al choque con o sin la acera si la velocidad de circulación de los vehículos es menor a 70km/h



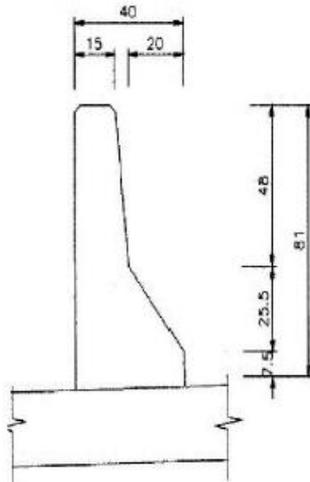
Barandas

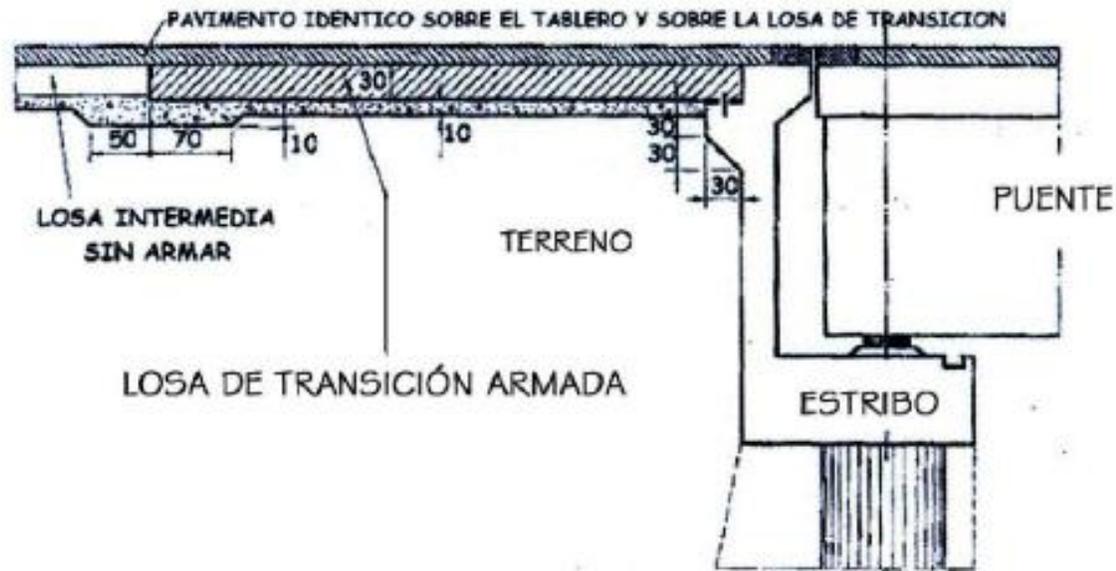




Barreras de Hormigón

Su propósito principal es contener y corregir la dirección de desplazamiento de los vehículos desviados que utilizan la estructura, por lo que deben estructural y geoméricamente resistir al choque. Brindan además seguridad al tráfico peatonal, ciclista y bienes situados en las carreteras y otras áreas debajo de la estructura. Deben ubicarse como mínimo a 0.60 m del borde de una vía y como máximo a 1.20 m. En puentes de dos vías de tráfico puede disponerse de una barrera como elemento separador entre las vías.





Pavimento

- Puede ser rígido o flexible y se dispone en la superficie superior del puente y accesos. El espesor del pavimento se define en función al tráfico esperado en la vía.

Losa de Transición

- Elemento de unión entre la carretera y la superficie del puente. Se diseñan con un espesor mínimo de 0.20 m.

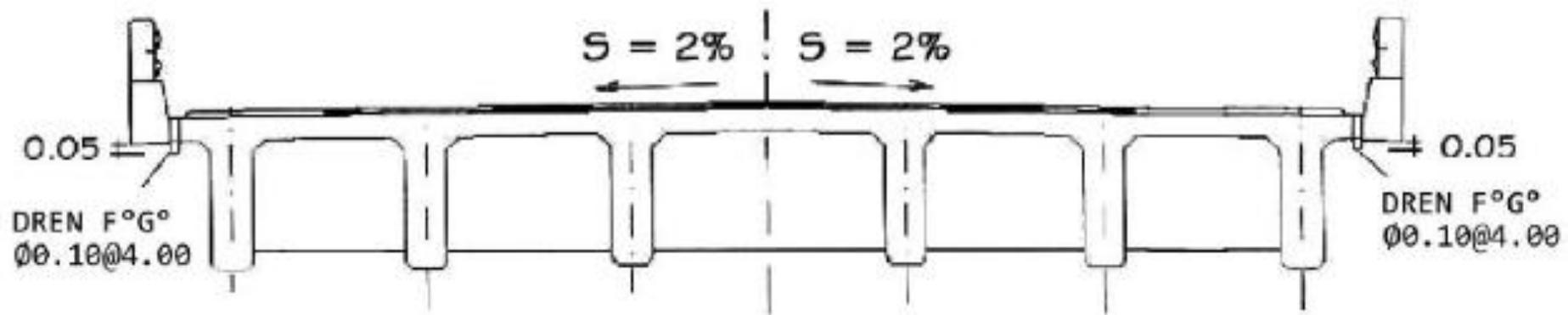
Drenajes

Sistema de evacuación de aguas lluvias o sustancias verticales sobre la superficie del puente de forma segura.

La pendiente de drenaje longitudinal debe ser la mayor posible, recomendándose un mínimo de 0.5%.

La pendiente de drenaje transversal mínima es de 2% para las superficies de rodadura.

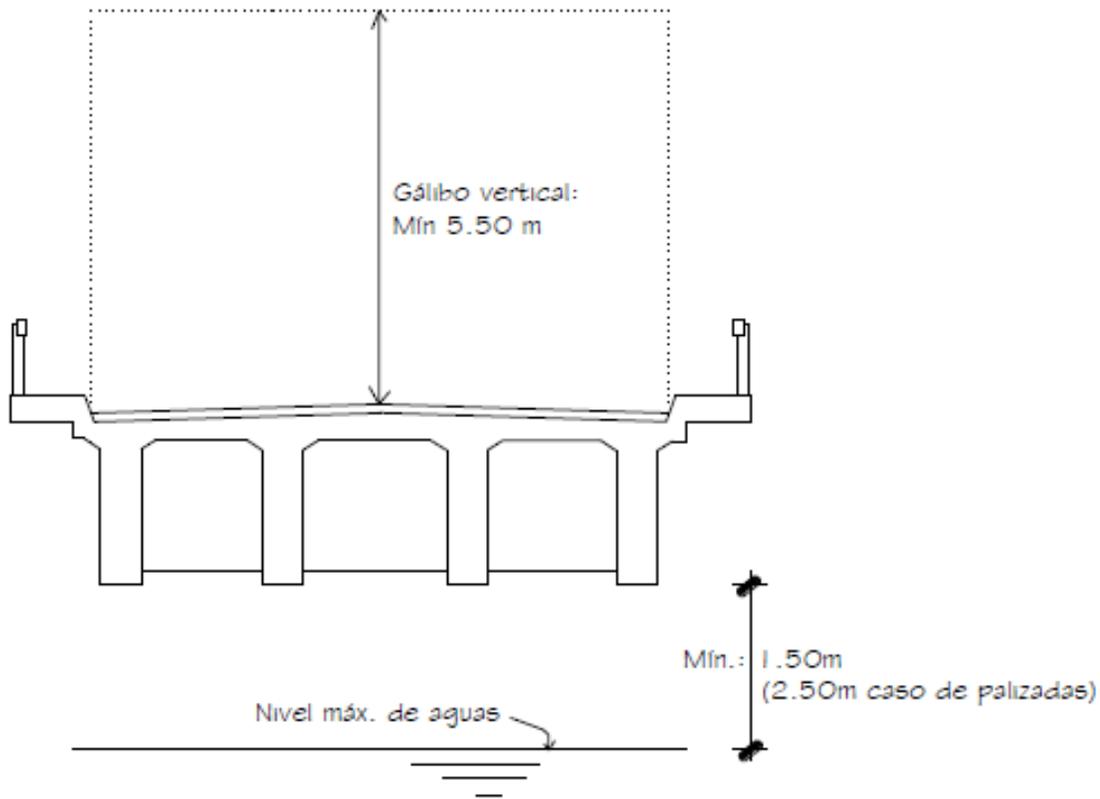
El agua drenada no debe caer sobre las partes de la estructura.



Gálibo

Los gálibos horizontal y vertical para puentes urbanos serán el ancho y la altura necesarios para el paso del tráfico vehicular. El gálibo vertical no será menor que 5.50 m.

En puentes sobre cursos de agua se debe considerar como mínimo una altura libre de 1.50m sobre el nivel máximo de las aguas. Para el caso de ríos que arrastran palizadas y troncos se considerará una altura libre de 2.50m.







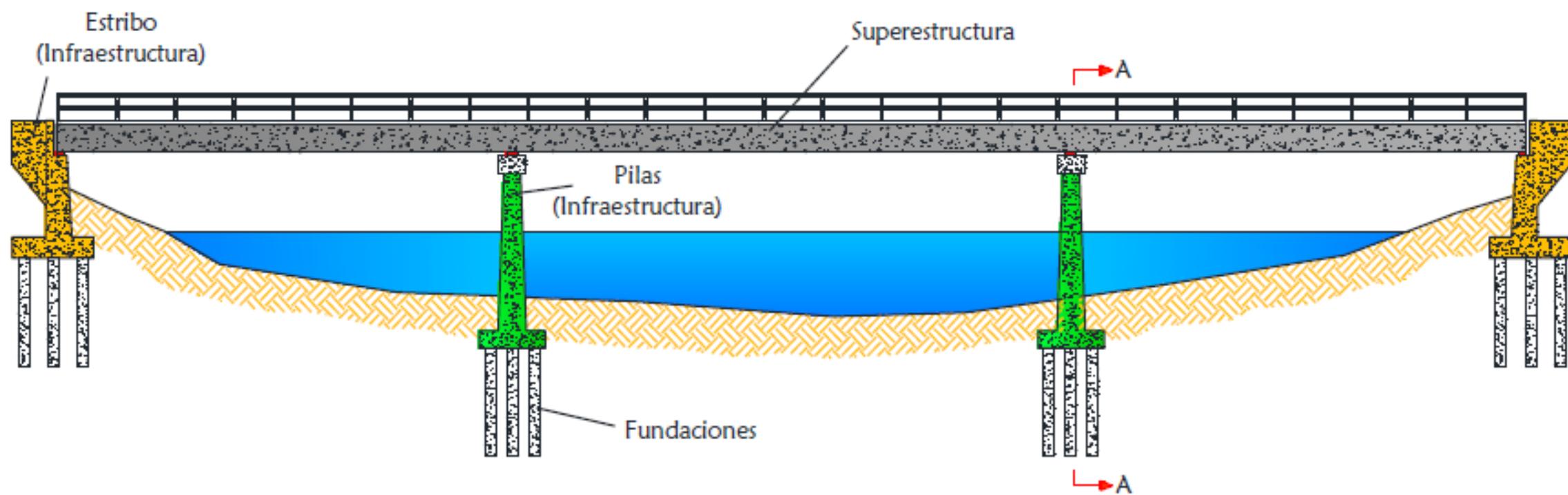
Elementos de la Superestructura de un puente

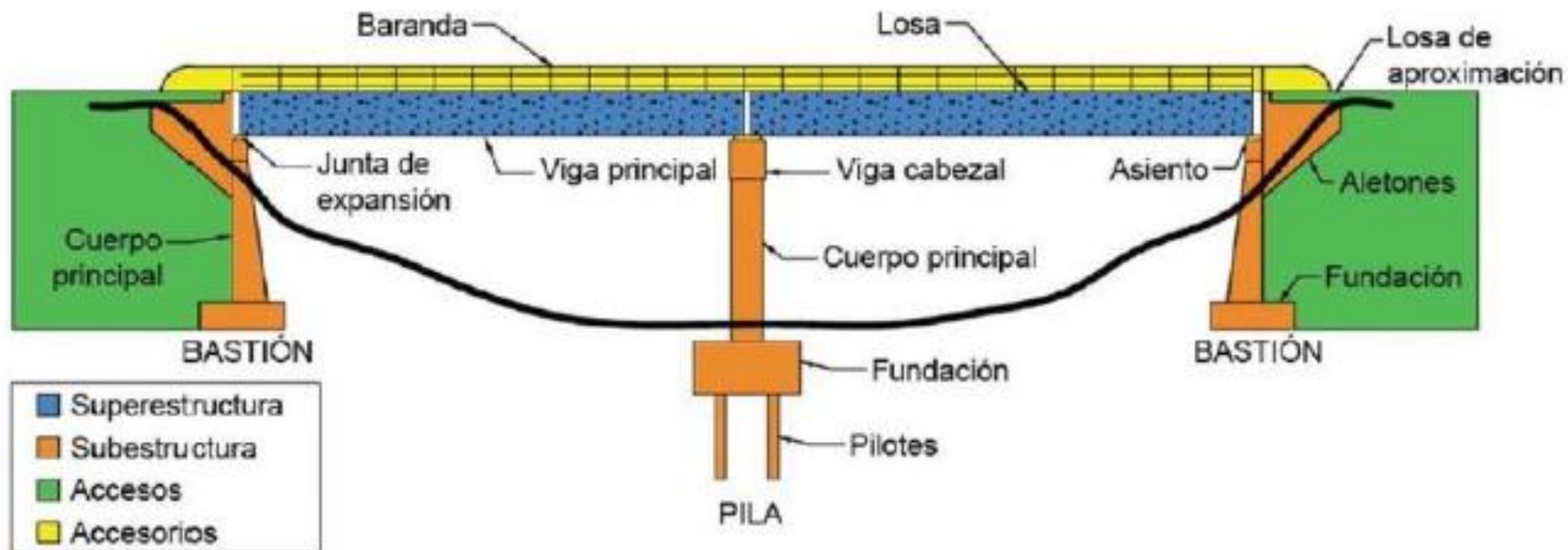
Superestructura del Puente

La superestructura se refiere a todas las partes visibles del puente. Son los elementos que son visibles a simple vista, y que definen su forma y estética.

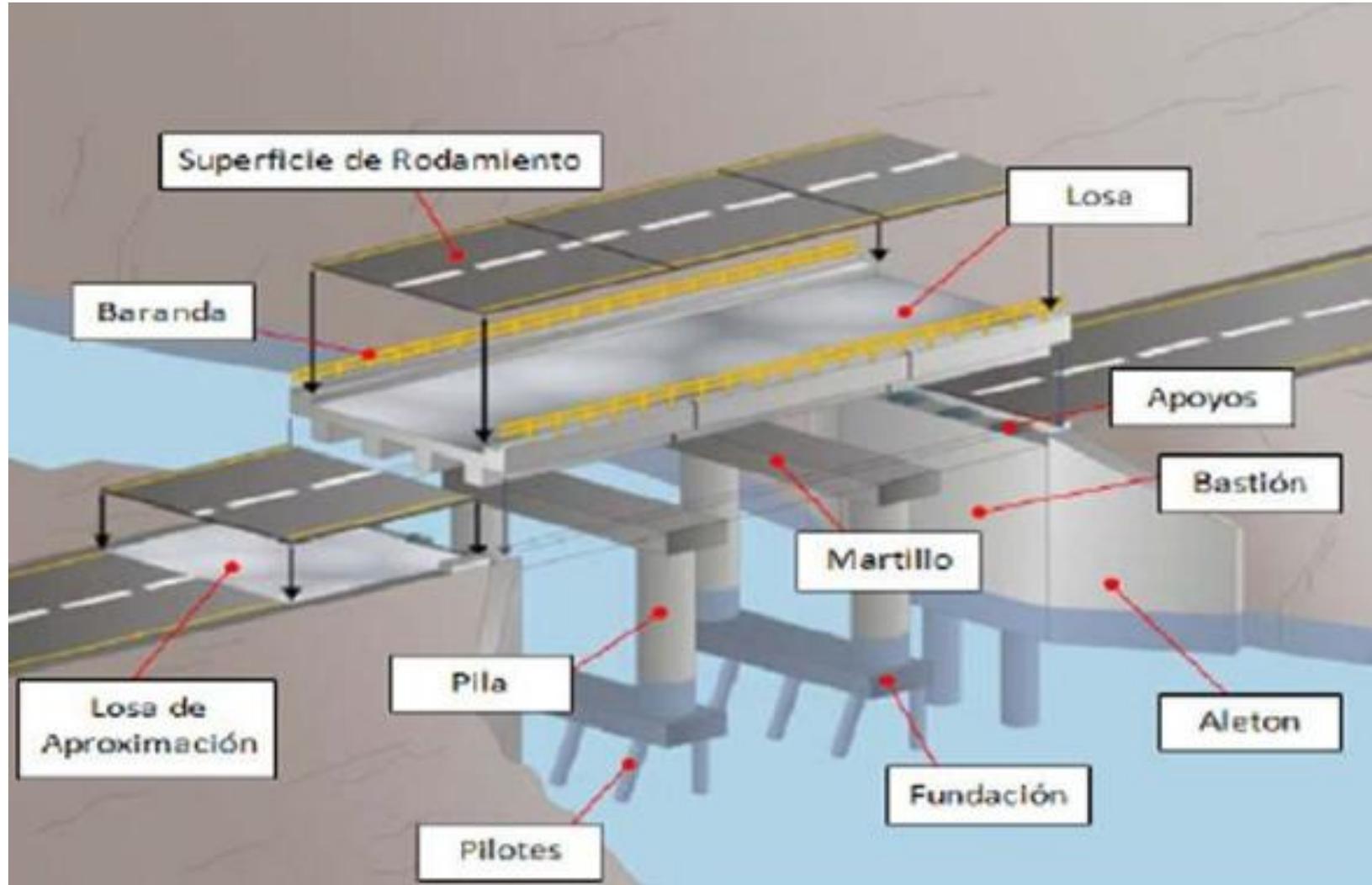
En definitiva, la superestructura se refiere a las partes del puente situadas en el tramo horizontal.

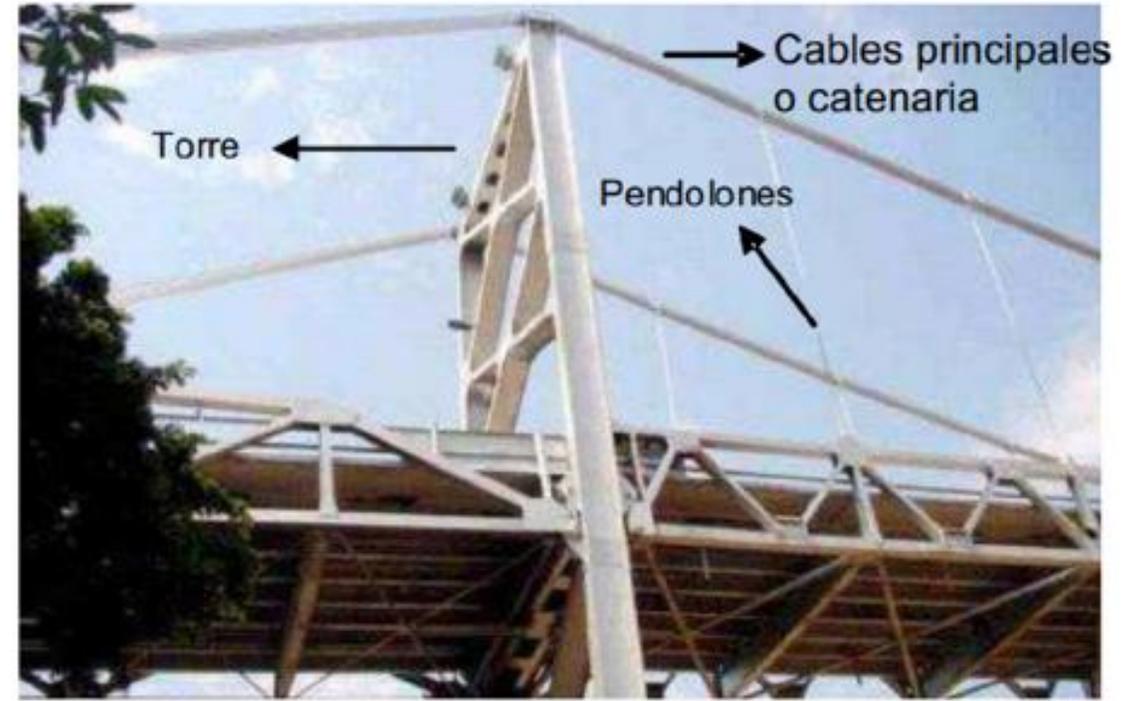
Constituida por elementos principales (Tablero, vigas principales, torres, cerchas, arco) y los elementos secundarios (vigas diafragmas, sistemas de arriostres, aceras, pasamos, veredas, capa de rodadura, etc.), como también se puede clasificar de acuerdo a su sección transversal.





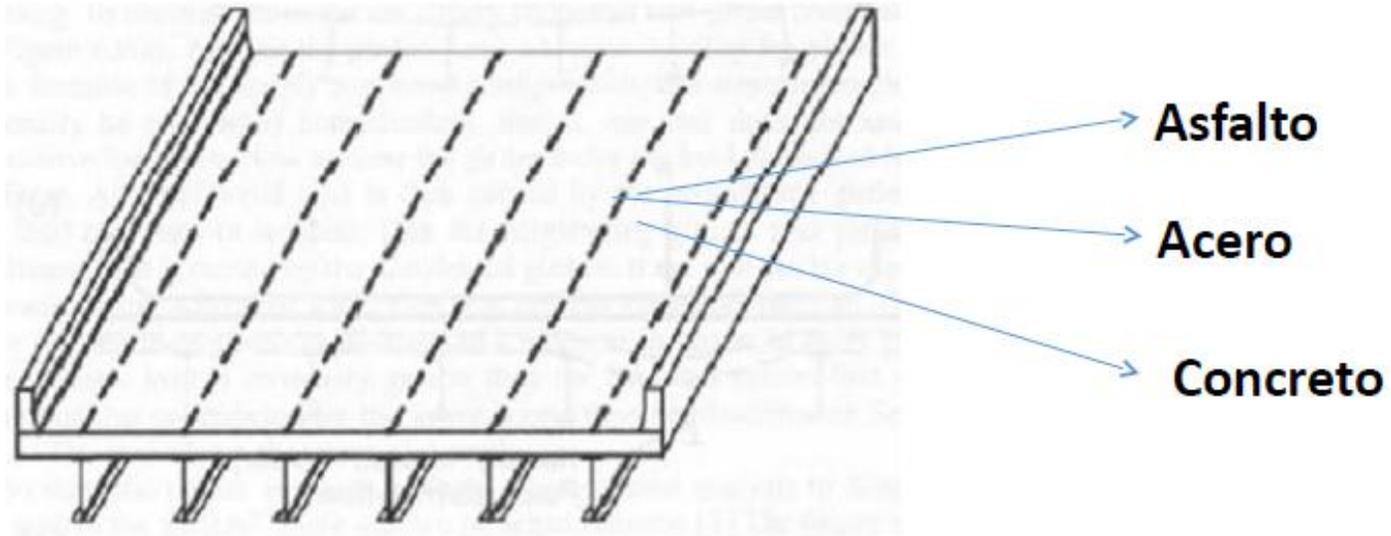
► Figura 3. Componentes y elementos de un puente.







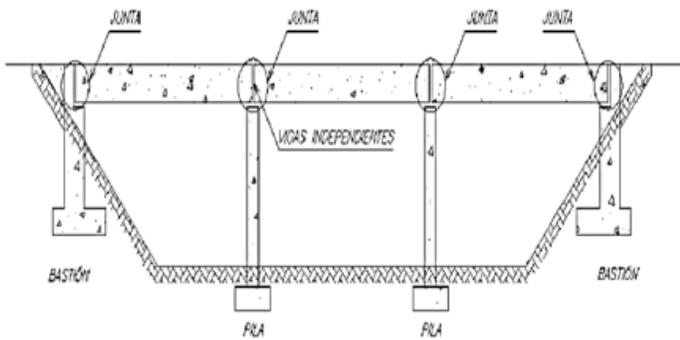
Elementos principales de la superestructura de un puente



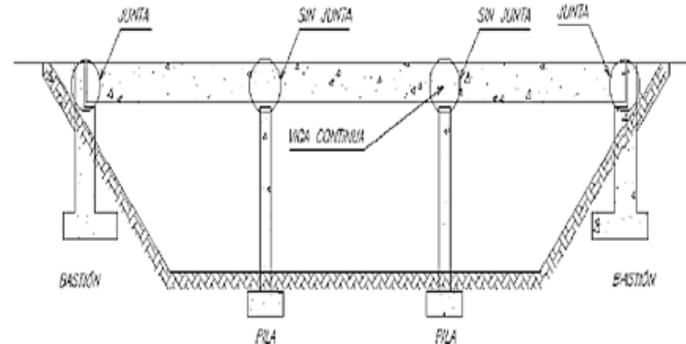
Tablero

Es la parte estructural que queda a nivel de carpeta de rodadura y que transmite las CARGAS a las vigas principales y viguetas.

Vigas Principales

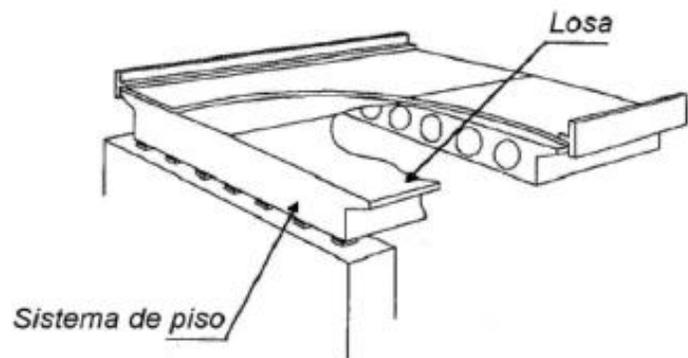


Viga Principal Simple

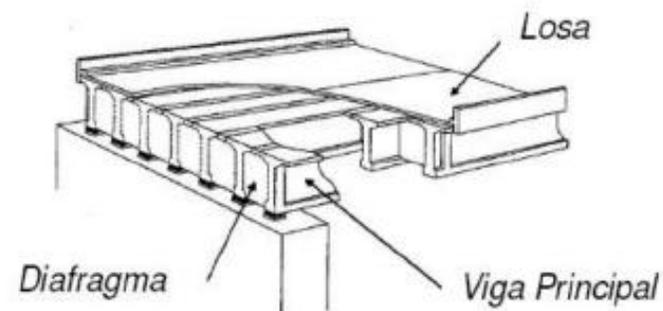


Viga Principal Continua

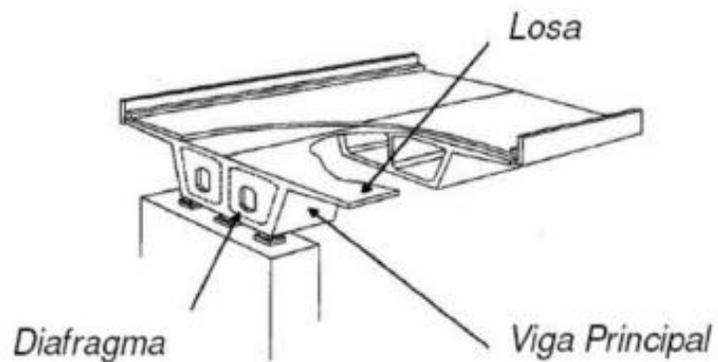
Reciben esta denominación por ser los elementos que permiten salvar el vano, pudiendo tener una gran variedad de formas como con las vigas rectas, arcos, pórticos, reticulares.



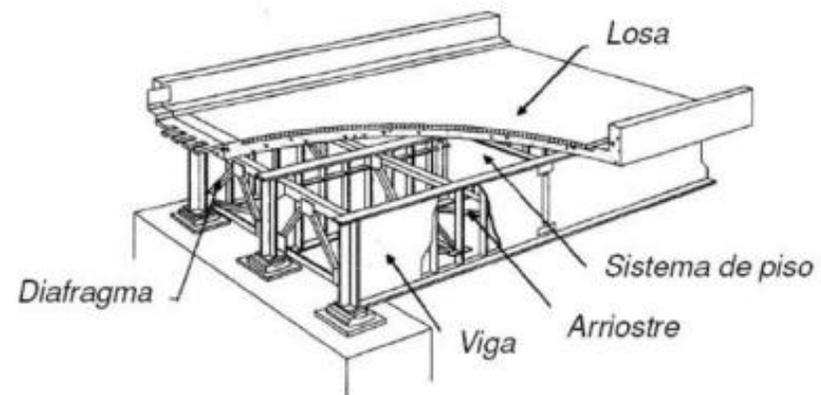
Viga Losa



Viga Tipo T



Viga Cajon

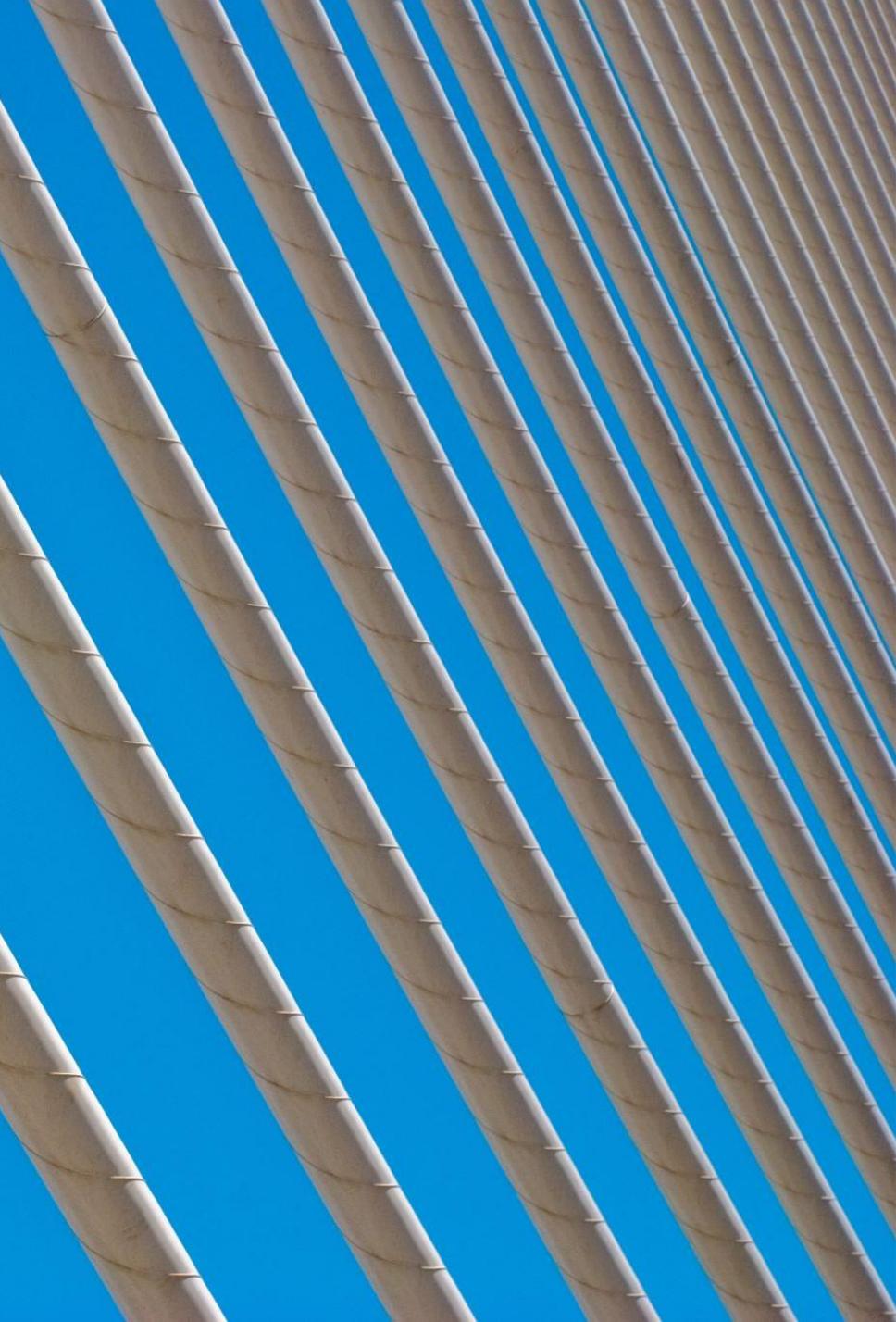


Viga Tipo I

Torres

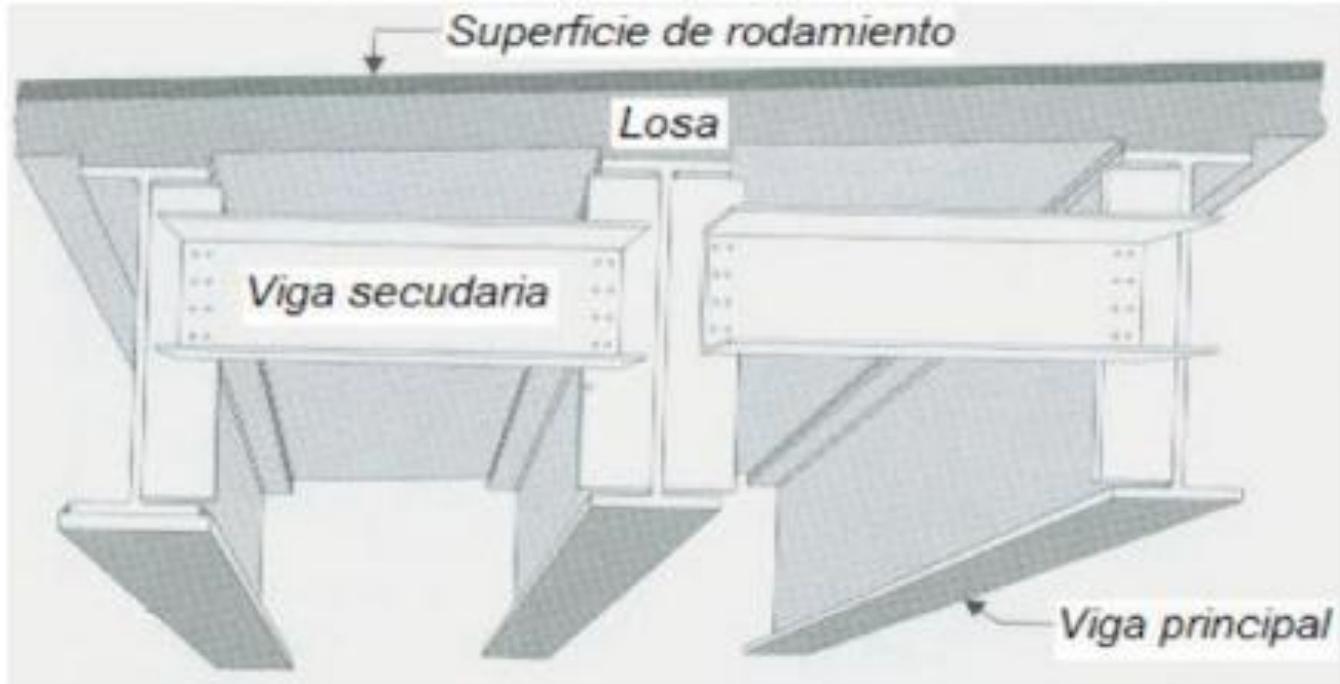


Sostienen a los cables principales y secundarios, que a su vez estos sostienen al tablero, También se caracterizan por la forma de los pilares (forma de H, de Y invertida, de A, de A cerrada por la parte inferior (diamante)).



Elementos secundarios de la superestructura de un puente

Vigas Diafragma



Son vigas transversales a las anteriores y sirven para su arriostramiento.

En algunos casos pasan a ser vigas secundarias cuando van destinadas a transmitir cargas del tablero a las vigas principales.

Estas vigas perpendiculares pueden recibir otras denominaciones como ser viguetas.

Superficie de Rodadura

Debe considerarse con una rugosidad adecuada permite el paso de vehículos y camiones por esta zona del puente.

La superficie puede ser de mezcla asfáltica, concreto, acero (con dispositivo de fricción).



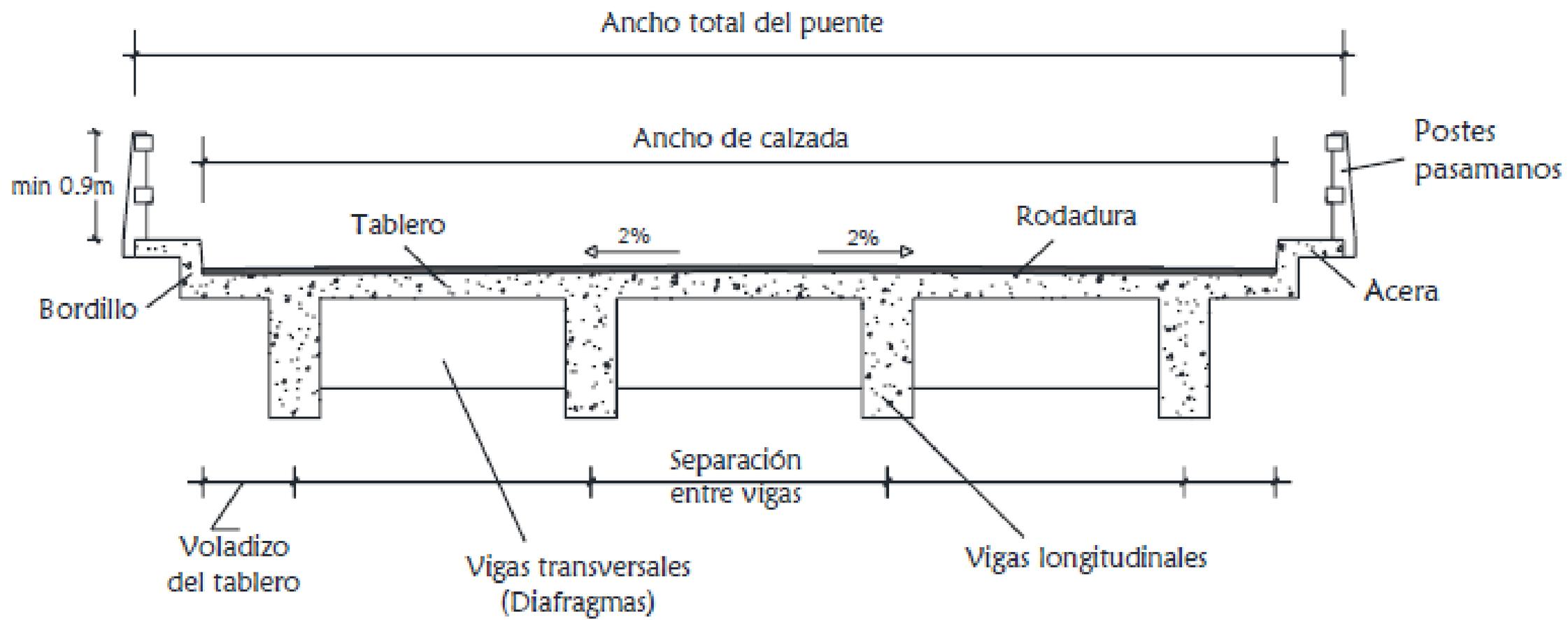
Asfalto

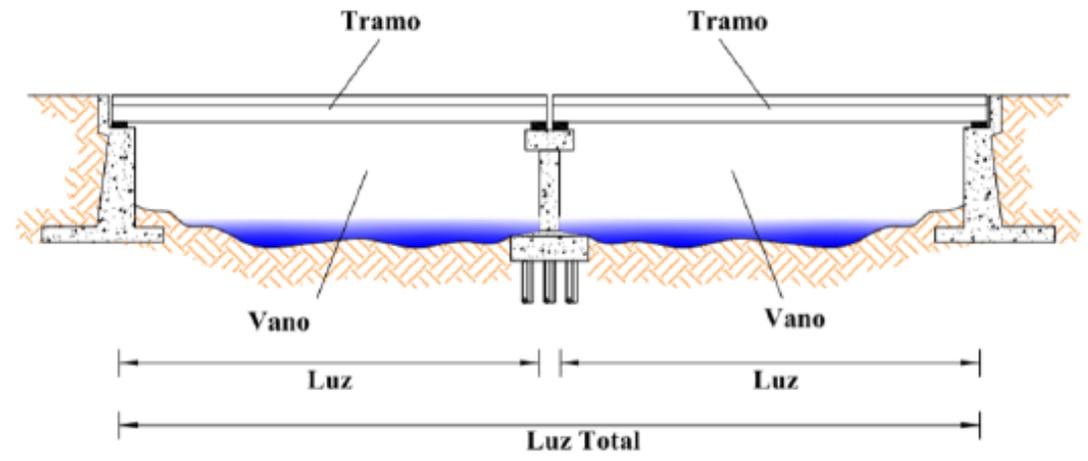
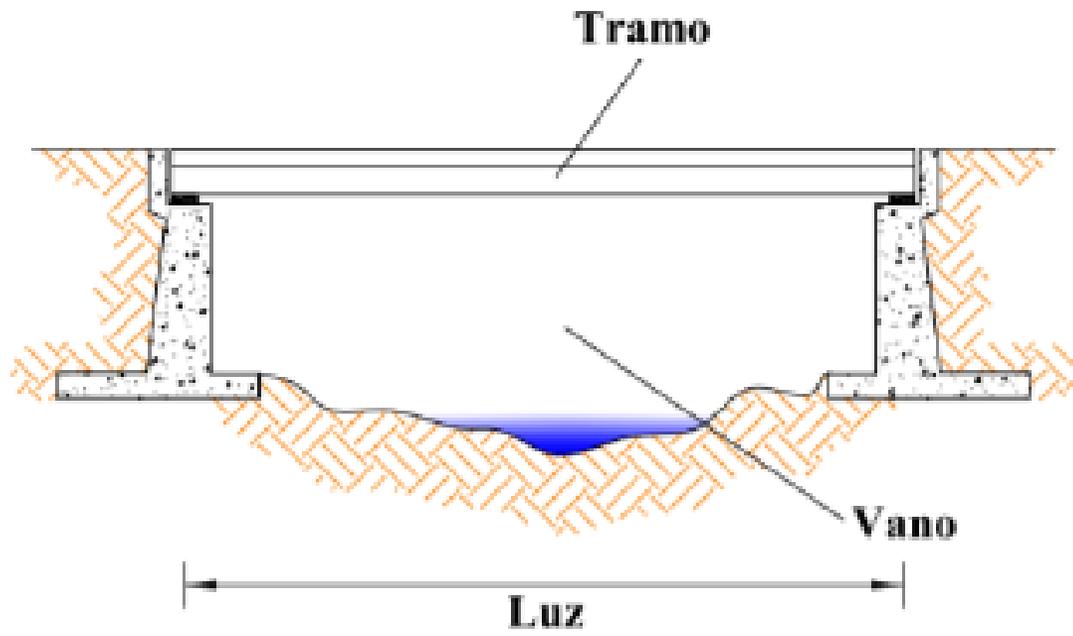


Acero



Concreto

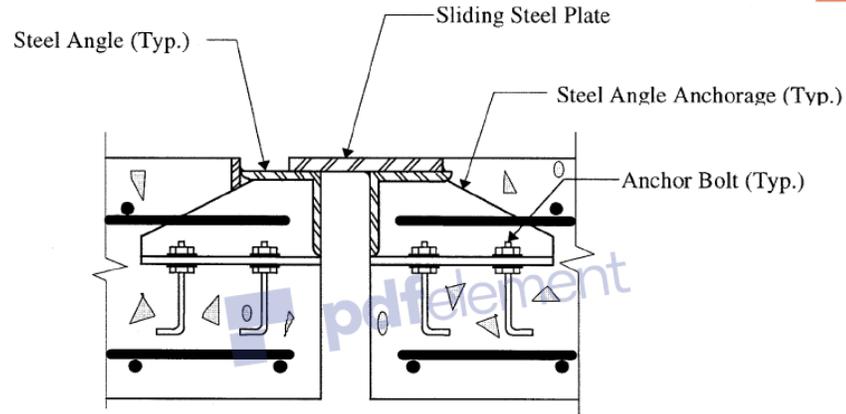






Elementos de la Infraestructura de un puente





Estribos

Son los que establecen la conexión entre la superestructura y el terraplén, son diseñados para soportar la carga de la superestructura la cual es transmitida por los aparatos de apoyo, el peso de la losa de aproximación, y las presiones del suelo (empuje de tierra).

Los estribos están conformados por una losa de fundación que transmite su peso al suelo, la losa sirve de cubierta para un sistema de pilotes que soportan la carga, los estribos también poseen juntas de dilatación que se ajustan a los desplazamientos de la estructura.

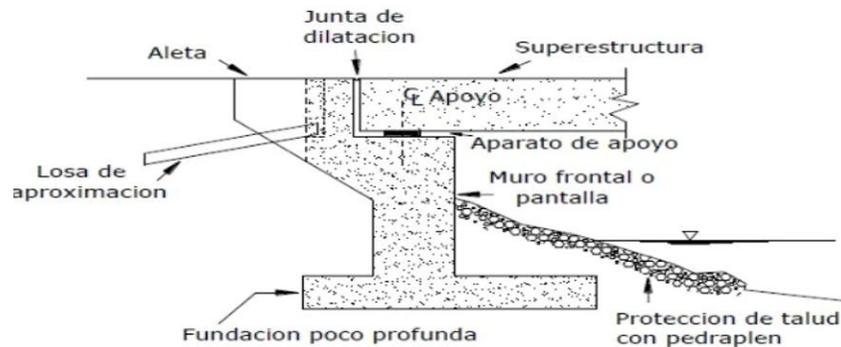


FIGURA 1.7 Componentes de un estribo

Pilas o Pilares

Son elementos de apoyo intermedios los cuales conducen los esfuerzos de la superestructura hacia las fundaciones, están diseñado para resistir presiones hidráulicas, cargas de viento e impactos etc. Puede ser de hormigón o acero. Las pilas pueden tener una sección transversal constante o variable, eso dependerá de la altura del pilar. También puede tener una sección llena o una sección hueca.

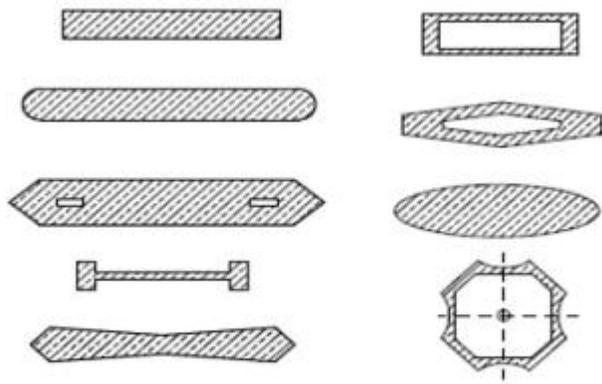


FIGURA 1.5 Formas de secciones transversales de pilares-pared

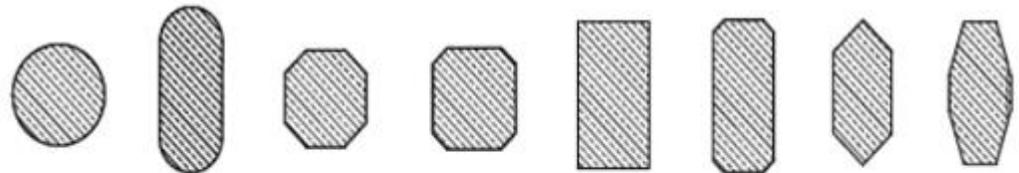


FIGURA 1.6 Algunos tipos de sección transversal de columnas en puentes

Pilas - Pared

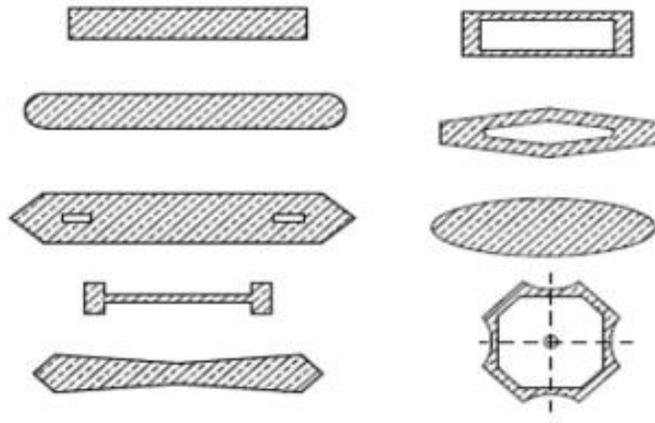


FIGURA 1.5 Formas de secciones transversales de pilares-pared

En general abarcan el ancho total de las vigas principales. Según sea la conformación deseada se puede terminar en los bordes de las vigas principales. O pueden sobresalir respecto de ellos.

Las pilas – pared son muy aconsejable por razones hidráulicas. Para ríos navegables, en general llegan a ser para su seguridad en caso de colisión de barcos. Y pueden tener las siguientes secciones transversales.

Pilar - Columnas

Existe algunas ventajas con relación a las pilas-pared debido a su módica necesidad de materiales, visión casi libre debajo del puente, aspecto más liviano. Se utilizan generalmente en carreteras elevadas. Y puede tener las siguientes secciones.

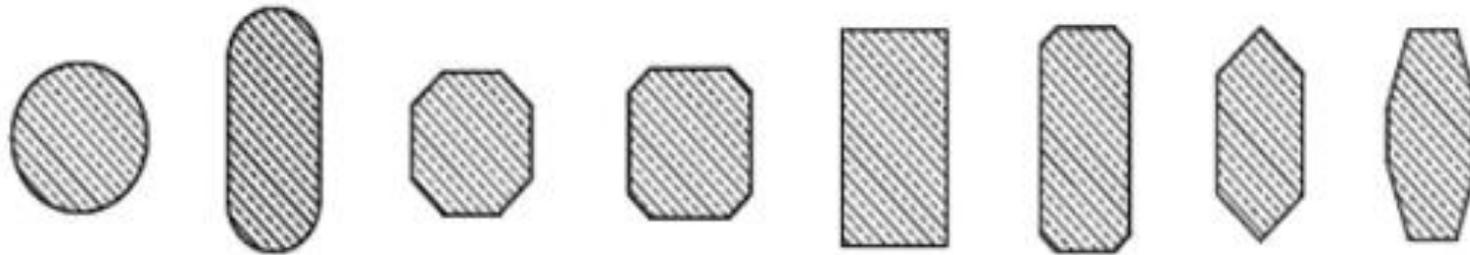


FIGURA 1.6 Algunos tipos de sección transversal de columnas en puentes

Cimentaciones

Son la parte del puente que se encargan de transmitir las cargas del puente al suelo, y estas se pueden dividir en superficiales y profundas.

- Cimentaciones superficiales: Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener esta suficiente capacidad portante y por tratarse de construcciones relativamente livianas.

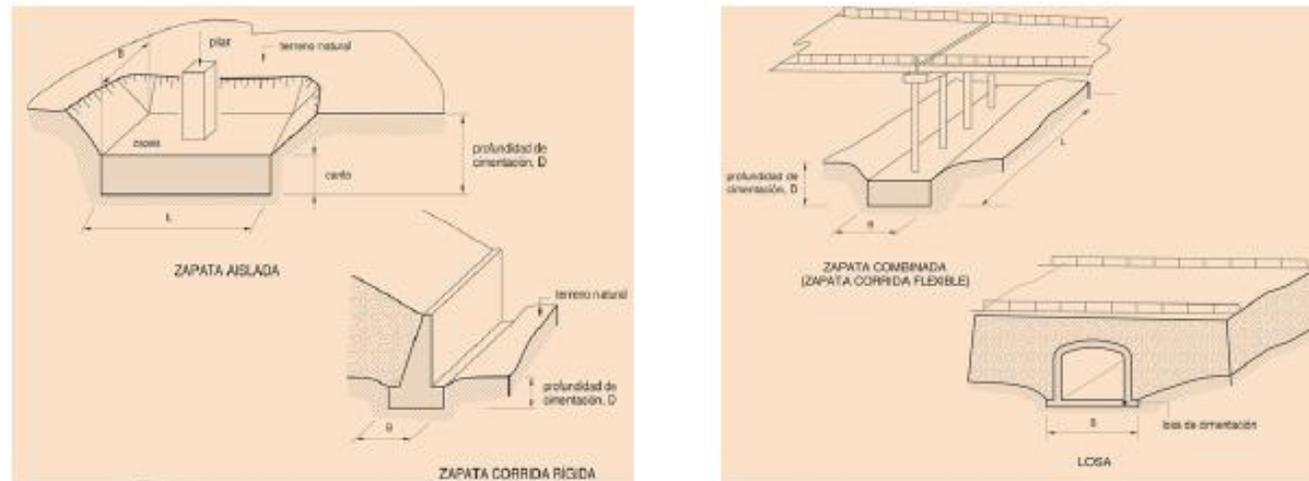
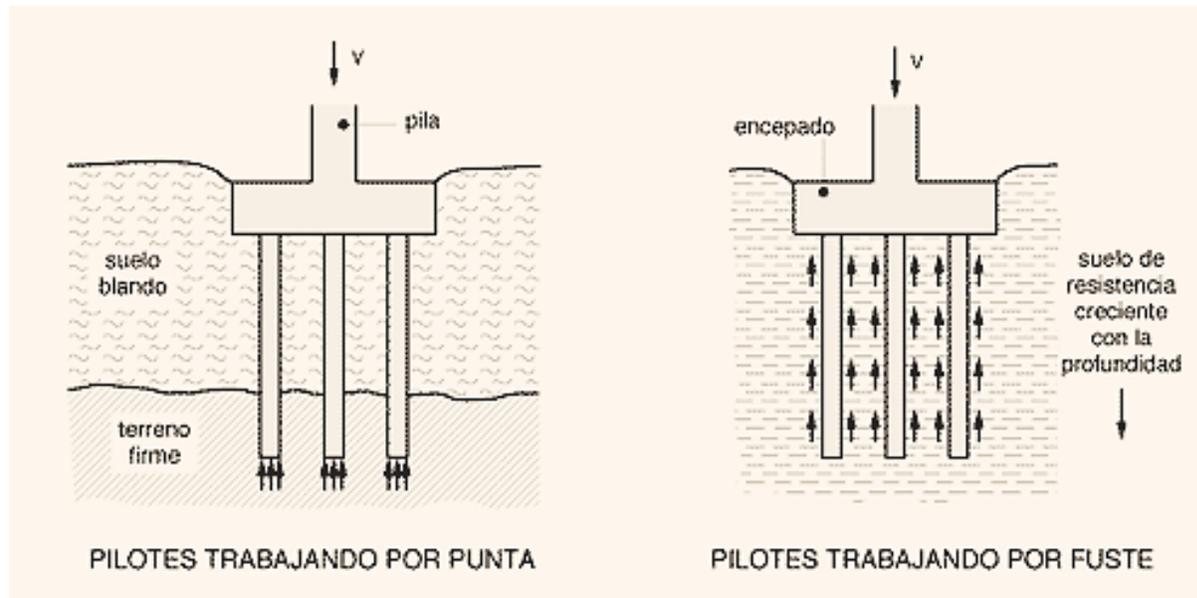


Figura 1.24: Cimentaciones superficiales

Cimentaciones

- Cimentaciones profundas: Son elementos que se encuentran por debajo de la superficie del terreno y se encargan de transmitir todas las cargas al terreno. Generalmente son pilotes los cuales puede funcionar por punta o por fuste.



Cauce del Río

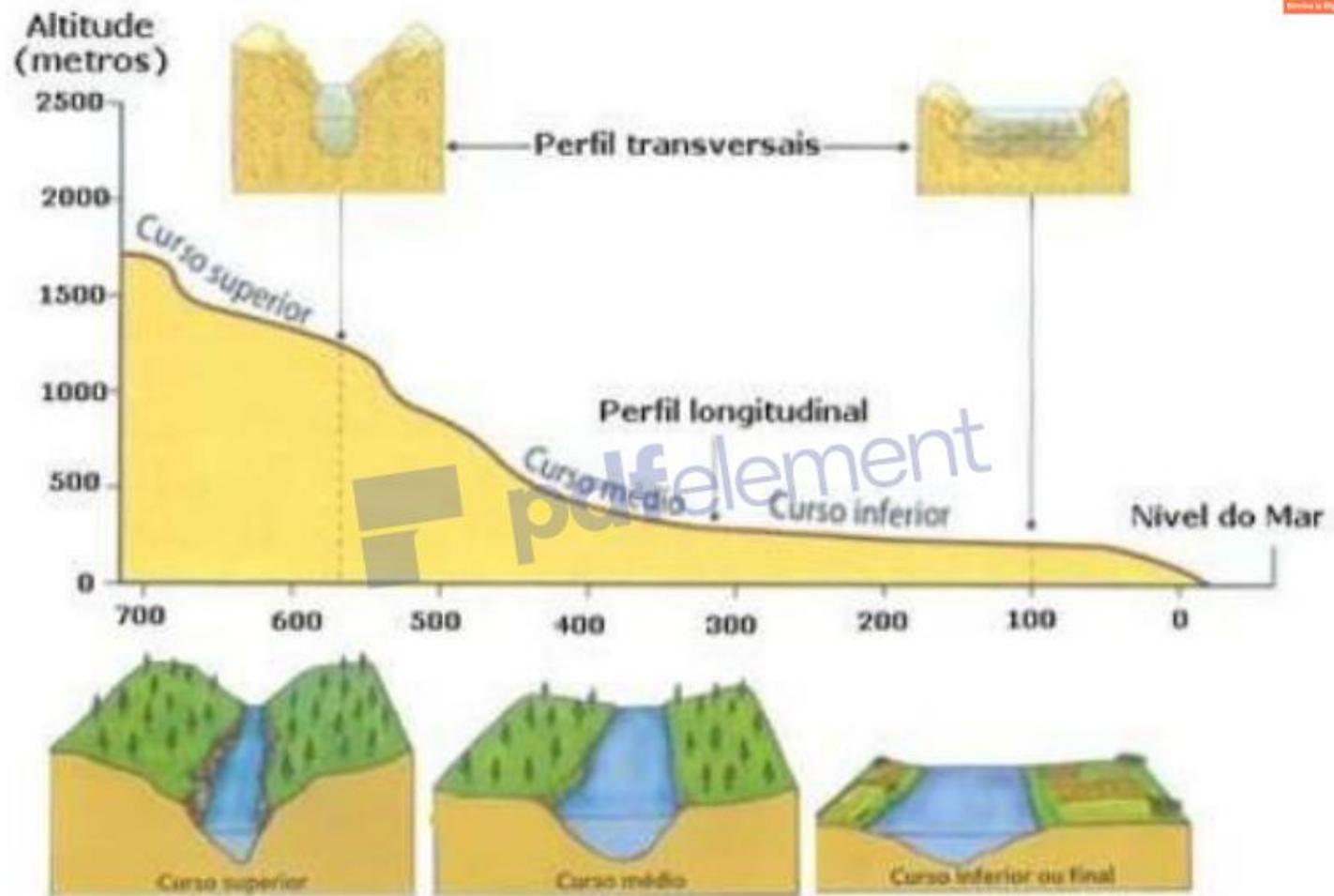
Un río puede ser analizado desde los siguientes puntos de vista:

- Hidrología
- Geomorfología
- Hidráulica
- Topográfica

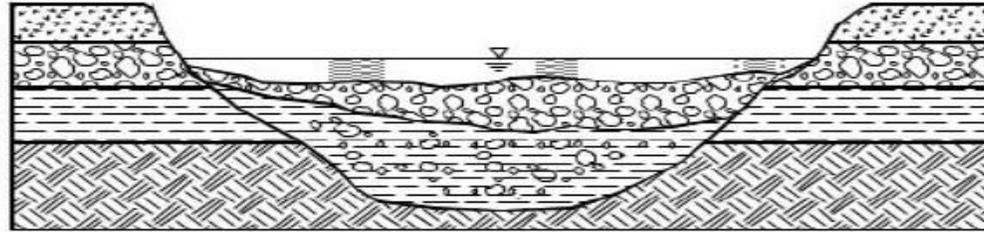
Es importante conocer todo esto porque es importante determinar el galibo inferior de la estructura y de esta manera conocer la altura de implantación del puente.

En los ríos podemos ver como las corrientes de agua pueden ser permanentes, intermitentes, constituidas por un cauce formado en condiciones naturales, en el cual junto con el flujo se transporta una cierta cantidad de materiales sólidos o sedimentos en suspensión, Además, en las laderas se presentan diferentes tipos de vegetación. Estos cuatro elementos (cauce, agua, sedimentos y vegetación) influyen mutuamente en un determinado comportamiento particular en cada tramo.

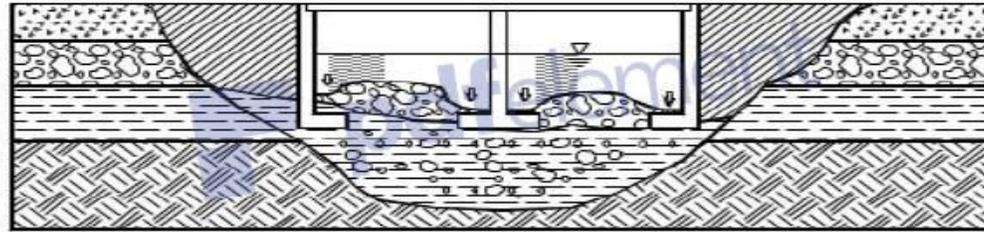
<https://www.youtube.com/watch?v=vxWhu1GCa7U>



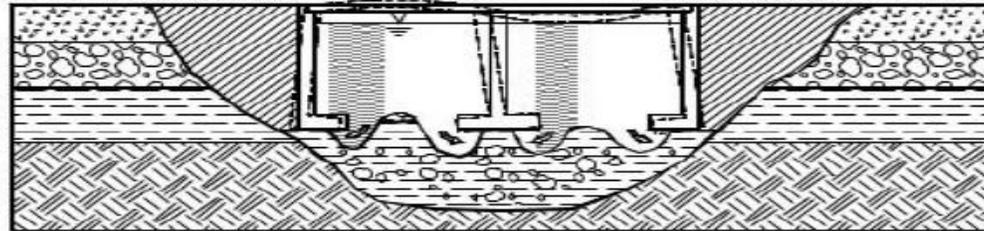
1- CAUCE NATURAL

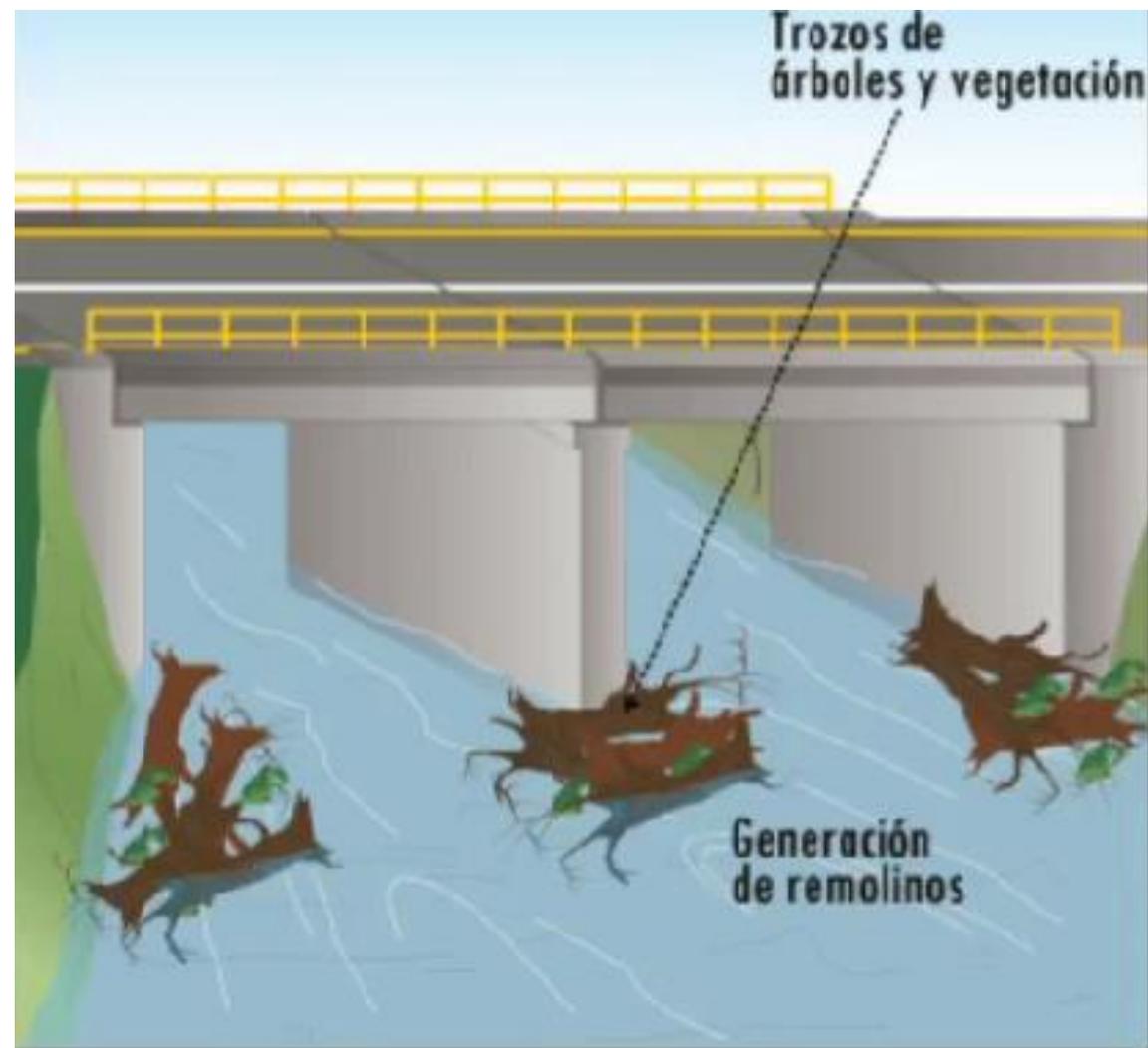


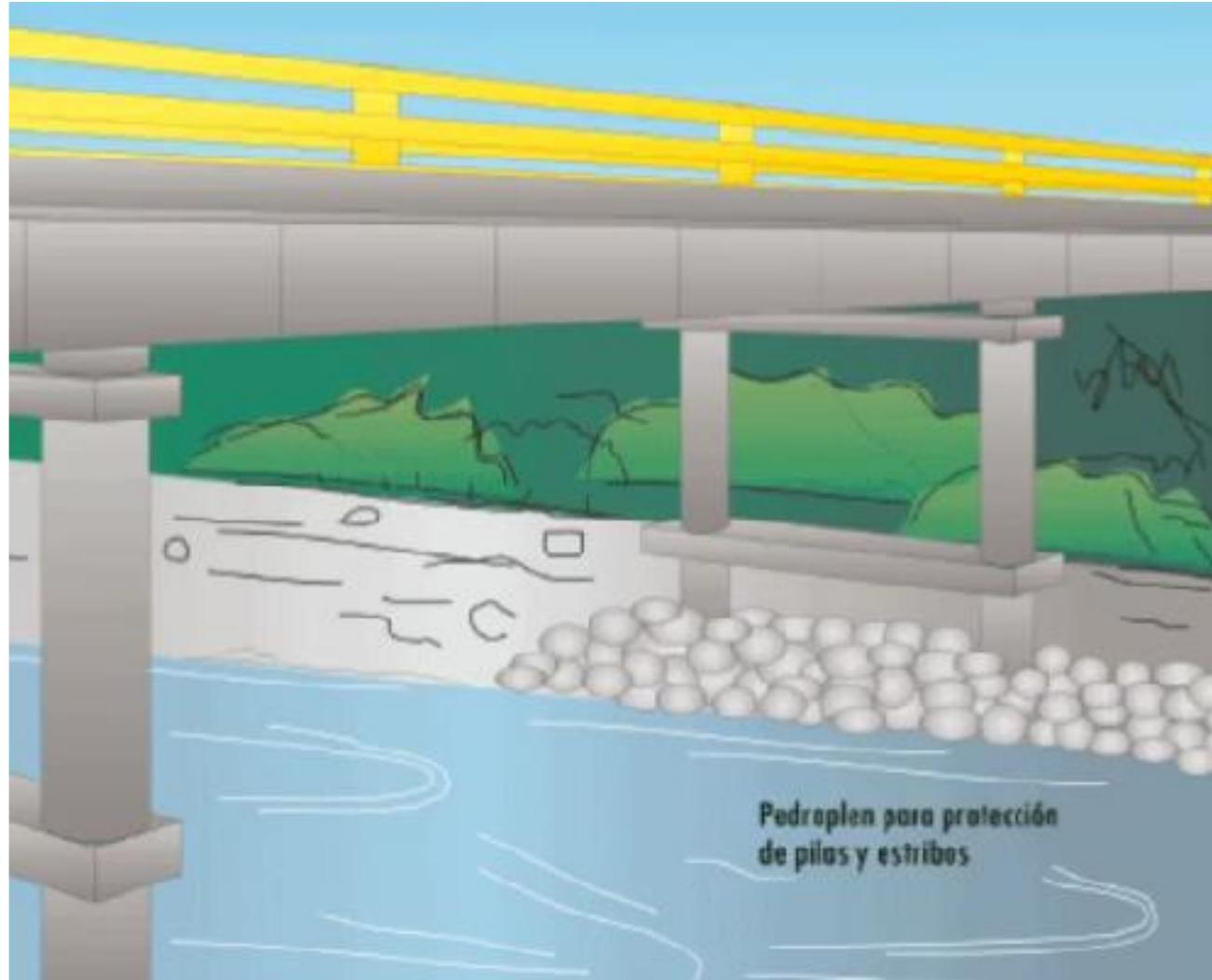
2- CAUCE CON UN PUENTE



3- CAUCE EN EL MOMENTO DE UNA CRECIENTE







Pedroplén para protección de pilas y estribos



Cauce del Río

El período más crítico durante el cual se ponen a prueba la resistencia y la estabilidad de todos los elementos del cruce contra la acción del flujo corresponde al paso de crecientes con períodos de retornos altos, es decir, crecientes con probabilidades de excedencia bajas.

Para el diseño de cruces en ríos, lo ideal es disponer de un registro histórico de crecientes lo más extenso posible. Además de lo anterior, resultan valiosos los datos sobre caudales máximos observados en puentes existentes. Al respecto, es útil recordar que, en muchos países, más del 90% de las grandes crecidas con resultados catastróficos se han asociado a períodos de retorno cercanos a los 100 años, lo cual indica que la creciente de diseño de un puente debe tener un período de retorno de 100 años o más

