

BOLETÍN TÉCNICO

PITRA

PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA
DEL TRANSPORTE

Vol 3. N° 26. Febrero 2012



Barandas para contención vehicular en puentes

Unidad de Puentes, PITRA, Lanamme
Ing. Christopher Quirós Serrano, candidato a MSc
Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD

Introducción

Las barandas para contención vehicular en puentes son sistemas cuya función primordial es retener y redireccionar los vehículos que salen fuera de control de la vía, procurando limitar los daños y lesiones que puedan ocurrir a los ocupantes del vehículo, a los objetos cercanos a la vía y a otros usuarios, ya sean vehículos y/o peatones que circulan por la carretera.

Las barandas de los puentes deben ser rígidas para evitar que el vehículo que las impacte quede en una posición peligrosa o se salga del puente; pueden sufrir deformaciones permanentes ante un impacto, sin embargo, las barandas no deben dañarse a tal grado que pierdan su capacidad para contener el vehículo que las impacta. Además, la superficie de la baranda no debe tener irregularidades ni protuberancias en su superficie para evitar que cualquier vehículo que las colisione se atasque o enganche.

El sistema de contención vehicular es un elemento más de la estructura de un puente que debe ser diseñado. La resistencia que debe tener una baranda es función del tránsito diario sobre el puente, la proporción de vehículos pesados en el tránsito total y la velocidad máxima de circulación.

Comité editorial del boletín



2012

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD.
Coordinador General PITRA, LanammeUCR

Bach. Lionela López Ulate
Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica, PITRA

Daniela Alpízar Gutiérrez
Diseñadora Gráfica. Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica,
PITRA

La Dirección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) exige utilizar la Especificación para Diseño de Puentes AASHTO LRFD 2010 (1) para la selección y el diseño de barandas para puentes en rutas nacionales y cantonales de nuestro país. A pesar de lo anterior, los sistemas de contención, primordialmente en puentes cantonales, suelen ser deficientes. En la figura 1 se pueden observar ejemplos de barandas de puente con rigidez insignificante.

ocasionado que en casos como los anteriores, las barandas no hayan sido reparadas y que a las de algunos puentes antiguos no se les hayan hecho mejoras, por lo que varios puentes nacionales poseen barandas que pueden producir problemas de enganchamiento de los vehículos debido a que su diseño no contemplaba los requisitos actuales de continuidad y regularidad de la superficie



(a)



(a)



(b)



(b)

Figura 1. Barandas de puente con insuficiente rigidez y discontinuidad. a) Puente Alcohornoque. Carrillo, Guanacaste. b) Puente Quebrada Cuarros. Orotina, Alajuela.

Figura 2. a) Baranda Puente Río Lagarto. Chomes, Puntarenas. b) Baranda Puente Río Torres. La Uruca, San José.

Las imágenes de la figura 2 muestran otros casos, en los cuales las barandas existentes han sufrido deformaciones por exposición al fuego (Ver Figura 2a) y descascaramiento del concreto (Ver Figura 2b). La falta de un programa de mantenimiento rutinario de estructuras de puente, ha

El objetivo principal de este boletín es informar acerca de los diferentes tipos de barandas para contención vehicular, los criterios para la selección del tipo de baranda y la resistencia con que éstas deben contar. Con esta información se quiere crear conciencia del papel fundamental que tienen estos elementos para garantizar

la seguridad tanto de los vehículos que hacen uso de un puente como de los peatones.

Objetivos de desempeño de un sistema de barandas para contención vehicular

Según la especificación AASHTO LRFD 2010 (1): "Todo sistema de barandas para tráfico que se instale en un puente debe demostrarse que es estructural y geoméricamente resistente a choques vehiculares". Los aspectos que deben ser considerados en su diseño y concepción son:

1. Protección a los ocupantes del vehículo en caso de que éste colisione con la baranda.
2. Protección de los otros vehículos cerca del punto de colisión.
3. Protección de personas y propiedades sobre la calzada y otras áreas bajo la estructura.
4. Deben tener la posibilidad de ser mejoradas o reforzadas.
5. Debe ser un sistema económico.
6. Deben tener buena apariencia y permitir la visión hacia los lados del puente desde los vehículos que circulan sobre la estructura.

Para alcanzar los objetivos anteriores, todo sistema de barandas para puente debe proveer una superficie regular y continua del lado del tráfico; por tanto, todos los elementos de soporte del sistema deben ir detrás de la cara de las barandas. El diseño y construcción de cualquier sistema de baranda para puente, debe considerar cuidadosamente la continuidad estructural del sistema y la adecuada capacidad de sus anclajes a la losa del puente.

Selección de los elementos que debe incluir un sistema de barandas para puentes

Todo puente con tráfico vehicular debe tener barandas para contención vehicular. Para el caso donde el puente cuente con una acera o ciclovía, ésta debe ser separada de la calzada adyacente por medio de un bordillo, una baranda vehicular o una baranda combinada (es decir, una baranda compuesta por un elemento superior de acero sobre un murete de concreto).

El capítulo 13 de la especificación AASHTO LRFD 2010 (1) define como vía de baja velocidad aquella cuya velocidad máxima permitida sea menor o igual que 70 km/h. De manera análoga, toda carretera en la que se permita la circulación a una velocidad por encima de los 70 km/h se considera de alta velocidad. Esta definición de velocidad influye en la elección de los elementos con que debe contar

un sistema de barandas para puentes según se indica a continuación:

1. Las barandas con acera y bordillo de seguridad se puede utilizar solo en puentes donde la velocidad de circulación es menor o igual que 70 km/h. (Ver Figura 3a)
2. Las barandas sin acera pero con bordillo de seguridad se pueden utilizar solo en aquellos puentes donde no es permitido el tránsito de peatones o ciclistas. El uso de este tipo de contención es independiente de la velocidad de circulación del tránsito vehicular. El tipo de baranda a utilizar debe ajustarse a las condiciones ambientales y de tránsito sobre el puente, como se explicará más adelante.
3. La calzada de puentes con acera o ciclovía por donde el tránsito vehicular circula a una velocidad superior a los 70 km/h, debe estar separada por medio de una baranda para contención vehicular y debe contar con una baranda peatonal o para ciclovía en el costado externo. (Ver Figura 3b)
4. Se debe considerar la construcción de puentes peatonales separados cuando la cantidad de tráfico peatonal u otros factores de riesgo lo ameriten.

Las barandas combinadas se consideran elementos efectivos para separar las aceras o ciclovías de la calzada, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigidez y altura para proveer la capacidad de contención vehicular requerida.

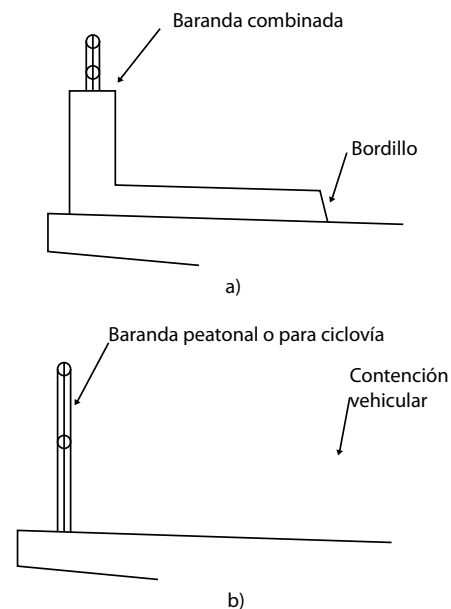


Figura 3. a) Bordillo y baranda combinada usuales en carreteras de baja velocidad. b) Contención vehicular y baranda peatonal o para ciclovía usuales en carreteras de alta velocidad (Adaptado de AASHTO LRFD 2010 (1))

Cuando la altura de una baranda sea menor que la altura mínima requerida según su tipo (Ver Tabla 1), el diseñador puede recurrir a la instalación de elementos metálicos sobre los elementos existentes. Estos elementos deben ser diseñados para las fuerzas pertinentes, dependiendo del tipo de baranda vehicular necesario según las condiciones de operación del puente. Al realizar este tipo de adecuaciones, se debe garantizar que los elementos existentes sean capaces de resistir con seguridad las fuerzas de diseño.

Tipo de baranda	Altura mínima (mm)
TL-1*	690
TL-2*	690
TL-3*	690
TL-4*	815
TL-5*	1070
TL-6*	2290

*En estos casos se ha adoptado la altura mínima correspondiente al tipo de baranda TL-3 debido a que la norma no especifica una altura mínima para estos tipos.

Tabla 1. Alturas mínimas para barandas de puente

Tipos de barandas y requisitos de altura y ensayo

Las condiciones ambientales y topográficas del entorno, la velocidad máxima de los vehículos y la cantidad y tipo de camiones que se espera que circulen por el puente que se planea construir, definen las características del sistema de barandas que se debe utilizar. Es por ello que la especificación AASHTO LRFD 2010 (1) define 6 tipos de barandas las cuales deben cumplir con una serie de ensayos asociados con el tipo y la velocidad máxima del tránsito esperado en el sitio según se detalla en la Tabla 2, así como con requisitos de altura mínima (ver Tabla 1). Los 6 diferentes tipos de barandas son:

TL-1: Este tipo de baranda es aceptable para zonas en las que se circula a bajas velocidades y con muy bajos volúmenes de tráfico. Condición típica de carreteras locales de baja velocidad.



Figura 4. Ejemplo de una baranda tipo TL-1
Fuente: (3)

TL-2: Esta baranda es apta para carreteras locales que conectan con vías principales en las que imperan las condiciones de sitio favorables (buena visibilidad, topografía regular), y por las que circula una muy baja cantidad de vehículos pesados, además, la velocidad de tránsito en estas vías es muy baja.



Figura 5. Ejemplo de una baranda tipo TL-2
(Construida de Aluminio)
Fuente: (3)

TL-3: Este tipo de baranda es apto para una amplia gama de vías secundarias donde se puede circular a alta velocidad pero con un muy escaso tránsito de vehículos pesados y condiciones de sitio favorables.



Figura 6. Ejemplo de una baranda tipo TL-3
Fuente: (3)

TL-4: Este es un tipo de baranda aplicable a la mayoría de carreteras y autopistas donde se permite la circulación a alta velocidad y en las que la proporción de vehículos pesados que componen el tránsito es normal. Es la condición más utilizada para el diseño de barandas para puente y describe las condiciones comúnmente encontradas en las vías principales.



Figura 7. Ejemplo de una baranda tipo TL-4
Fuente: (3)



Figura 9. Ejemplo de una baranda tipo TL-6
Fuente: (3)

TL-5: Este tipo de baranda se utiliza para condiciones de circulación a alta velocidad en vías principales, en las cuales el tránsito está compuesto en un alto porcentaje por vehículos pesados y en donde imperan las condiciones de sitio desfavorables, lo que obliga a construir un baranda que provea un grado de protección superior al de las barandas anteriormente citadas.



Figura 8. Ejemplo de una baranda tipo TL-5
Fuente: (3)

TL-6: Esta baranda se utiliza en casos en los que es esperable que el tránsito esté compuesto por un alto porcentaje de camiones cisterna o vehículos similares con altos centros de gravedad, en especial si las condiciones de sitio son muy desfavorables.

Las normas internacionales para diseño de barandas para puente establecen que es responsabilidad de los organismos rectores del área de transportes como el MOPT, fijar las características y por tanto los tipos de sistemas de barandas a utilizar en los diversos puentes que administra.

En la Tabla 2 se muestran las diferentes velocidades de prueba correspondientes a los diversos vehículos para cada tipo de baranda. Estas velocidades de prueba son siempre mayores que la velocidad máxima permitida ya que existe la posibilidad de que un porcentaje de los vehículos que circulan sobre el puente excedan esta velocidad. Por tanto, las barandas deben ser diseñadas para resistir el impacto de un vehículo circulando a una velocidad mayor que la velocidad máxima permitida en el puente.

Uso de barandas previamente probadas versus uso de un nuevo diseño de baranda

Se considera que un sistema de baranda es aplicable a proyectos reales hasta que se demuestre, mediante ensayos de choque a escala real, que tiene las características de resistencia y deformabilidad requeridas. Existen dos caminos a seguir para la elección del tipo de baranda a utilizar: la elección de un modelo de baranda de probada resistencia o el uso de un nuevo diseño de baranda.

a) Utilización de un sistema de baranda con resistencia demostrada

Se puede utilizar un sistema de barandas de probada resistencia al impacto vehicular sin mayor análisis ni pruebas, siempre y cuando se instale de manera que se reproduzcan exactamente las condiciones bajo las cuales fue probado el sistema y no se incorporen aspectos que no hayan sido considerados en las pruebas.

Características del vehículo	Vehículos livianos		Pick ups	Camiones sencillos	Camiones con semirremolque		Camiones Cisterna
W (kN)	7.00	8.00	20.00	80.00	222.00	355.00	355.00
B (mm)	1700	1700	2000	2300	2450	2450	2450
G (mm)	550	550	700	1250	1630	1850	2050
Ángulo de impacto	20°	20°	25°	15°	15°	15°	15°
Tipo de baranda	Velocidades de prueba (km/h)						
TL-1	50	50	50	N / A	N / A	N / A	N / A
TL-2	70	70	70	N / A	N / A	N / A	N / A
TL-3	100	100	100	N / A	N / A	N / A	N / A
TL-4	100	100	100	80	N / A	N / A	N / A
TL-5	100	100	100	N / A	N / A	80	N / A
TL-6	100	100	100	N / A	N / A	N / A	80

B: ancho del eje medido de afuera a afuera de las ruedas.

G: altura del centro de gravedad del vehículo medida sobre la superficie de rodamiento.

Tabla 2. Requisitos de ensayo de choque para barandas de puente

b) Diseño de un nuevo sistema de baranda

Para poder utilizar un nuevo diseño de barandas, se debe demostrar su resistencia a impactos y a la deformación mediante ensayos de choque reales según el tipo de baranda requerido. Los sistemas de barandas nuevos se deben diseñar para resistir las cargas que especifican en la Tabla 2 según sea el tipo de baranda elegido. Información adicional sobre estos ensayos se puede encontrar en el Reporte 350 de la NCHRP (2). En el diseño de los nuevos sistemas de barandas, debe prestarse especial atención a la capacidad de transferencia de cargas entre las barandas y la losa del puente. Además, es necesario tener presente que las cargas de impacto pueden regir el diseño del espesor del voladizo de la losa en el que se anclan los postes de las barandas.

Ejemplos de barandas vehiculares en puentes de Costa Rica

Con base en la definición de los 70 km/h como la velocidad límite para considerar si una vía es de alta o baja velocidad, gran parte de las vías de Costa Rica pueden considerarse de baja velocidad. Las vías de alta velocidad se circunscriben principalmente a las carreteras nacionales a lo largo de las rutas principales.

En las figuras 10a) y 10b) se pueden observar dos tipos de barandas para puentes de Costa Rica que, de estar adecuadamente diseñadas, construidas y ancladas, es posible clasificar como TL-4 de acuerdo con las imágenes y detalles en FHWA (3). La baranda que se observa en la figura 10a) está integrada por un bordillo y una baranda, y es adecuada solo si sobre el puente no es permitido el tráfico peatonal o si éste es insignificante. La figura 10b) corresponde a un puente en donde se puede circular a más de 70 km/h y donde puede haber tráfico peatonal, por lo que existe una baranda separadora del tránsito entre la

acera y la calzada y una baranda peatonal en el costado externo.



(a)



(b)

Figura 10. Ejemplos nacionales de barandas en puentes sobre rutas nacionales. a) Bordillo y baranda combinada, Puente sobre Río Concepción Ruta Nacional 27. b) Contención vehicular y baranda peatonal o para ciclovía, Puente sobre el Río Virilla Ruta Nacional 1.

La figura 11a) muestra también una baranda que se puede clasificar como TL-4 según se infiere de los ejemplos mostrados en FHWA (3), y cuya aplicación sería adecuada si no hay tráfico peatonal sobre el puente y la cantidad de vehículos pesados que transitan sobre la estructura es normal. La figura 11b) muestra un ejemplo de baranda clasificable como TL-3 de acuerdo con FHWA (3), que por estar integrada a un bordillo de seguridad es apta únicamente para condiciones donde no hay tránsito de peatones sobre el puente y para un tránsito vehicular compuesto exclusivamente por vehículos livianos. Como el tránsito de la Ruta Nacional 1 no está compuesto únicamente por vehículos livianos, la baranda mostrada en 10b) debería ser mejorada.



(a)



(b)

Figura 11. Ejemplos nacionales de barandas en puentes sobre rutas nacionales. a) Bordillo y baranda combinada, Paso Superior Aeropuerto Juan Santamaría, Ruta Nacional 1. b) Baranda de concreto con bordillo, Puente sobre el Río Ciruelas Ruta Nacional 1.

Conclusiones

Teniendo en cuenta la realidad nacional y con base en los aspectos examinados en este artículo se concluye lo siguiente:

En Costa Rica se deben cumplir los criterios establecidos en la especificación AASHTO LRFD 2010 (1) para la selección de sistemas de barandas vehiculares en puentes. De acuerdo con el MOPT, este documento debería ser utilizado como referencia para la elección del tipo de baranda para puentes, tanto en rutas nacionales como cantonales. Con base en lo observado, se puede afirmar que los sistemas de baranda existentes en puentes del país no cumplen con las especificaciones actuales, en especial, los puentes cantonales.

Debe prestarse atención a que los tipos de baranda propuestos en la etapa de planificación de los nuevos proyectos de construcción de puentes sean adecuados al tipo de vehículos y a la velocidad máxima permitida para circular sobre la estructura; sea que ésta se localice en vía cantonal o nacional.

Es necesario que el país cuente con una guía nacional para selección y rehabilitación de sistemas de contención vehicular para puentes, la cual pueda ser utilizada en puentes sobre rutas cantonales y rutas nacionales, tanto en proyectos de rehabilitación como de construcción nueva.

Los procesos de inspección de puentes en construcción deben ser rigurosos para garantizar que los detalles constructivos de los sistemas de contención vial utilizados sean iguales a los detalles que se han comportado satisfactoriamente en los ensayos, con el fin de lograr que el desempeño del sistema de contención sea el esperado.

Debe implementarse un programa de mantenimiento rutinario de puentes dentro del cual se incluya el mantenimiento correctivo y mejoramiento de los sistemas de contención vial existentes. Resulta de especial importancia el mejoramiento de los sistemas en puentes existentes que puedan ser un peligro para los usuarios debido al incumplimiento de normas actuales de rigidez y continuidad.

Debe hacerse cumplir en Costa Rica el requisito de norma de separar la acera de la calzada por medio de una baranda para contención vehicular cuando se permita el tránsito peatonal o de ciclistas sobre el puente y cuando la velocidad de circulación de los vehículos sobre la estructura sea mayor o igual que 70 km/h. Este requisito se ha venido implementando en puentes recientemente rehabilitados o construidos, donde se ha especificado la construcción de una acera peatonal o ciclovia.

Referencias Bibliográficas

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. SI Units. American Association of State Highway and Transportation Officials. 5ta Edición. Washington DC. Estados Unidos. 2010.
- NCHRP Report 350. Transportation Research Board. National Research Council. Washington DC. Estados Unidos. 1993.
- Base de datos de imágenes y detalles de barandas para puentes. Federal Highway Administration. Disponible en la dirección electrónica: <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/bridgerail>. 2011.

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Coordinador General:

Ing. Luis Guillermo Loría, PhD.

Subcoordinador:

Ing. Fabián Elizondo, MBA.

Unidades:

Unidad de Auditoría Técnica

Coordinadora: Ing. Jenny Chaverri, MScE.

Unidad de Materiales y Pavimentos

Coordinador: Ing. José Pablo Aguiar, PhD.

Unidad de Evaluación de la Red Vial

Coordinador: Ing. Roy Barrantes

Unidad de Gestión Municipal

Coordinador: Ing. Jaime Allen, MSc.

Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Coordinadora: Bach. Lionela López Ulate

Unidad de Desarrollo y Actualización de Especificaciones Técnicas

Coordinador: Ing. Jorge Arturo Castro

Unidad de Puentes

Coordinador: Ing. Rolando Castillo, PhD.