



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v5i1.1062>

Ciencias técnicas y aplicables

Artículo de investigación

Protecciones laterales vehiculares en puentes del Cantón Manta. Aplicabilidad de las Normas AASHTO

Vehicle side protections in Canton bridges Manta. Applicability of the AASHTO Standards

Proteções laterais do veículo nas pontes de Cantão Manta. Aplicabilidade das normas da AASHTO

Carlos Geovanny Delgado-Castro ^I
c_geovanny11@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2332-4246>

Cristhian Alexander Lucas-Alay ^{II}
cristhianlucas.n03@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1797-1706>

***Recibido:** 05 de septiembre de 2019 ***Aceptado:** 14 de octubre de 2019 * **Publicado:** 12 de noviembre de 2019

^I Magíster Gestión Ambiental, Ingeniero Civil, Docente de la Facultad de Ingeniería Civil en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

^{II} Investigador Independiente, Estudiante Facultad de Ingeniería Civil en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo analizar las disposiciones normativas de la AASHTO STANDARD y de la AASHTO LRFD en relación a las protecciones laterales vehiculares del Cantón, Manta y diseñar las protecciones laterales para este tipo de uso. Como metodología se realizó el análisis de las variables teóricas protecciones laterales vehiculares, siendo de tipo descriptiva y correlacional para la recolección de la información y la obtención de los resultados finales se emplearon los siguientes materiales GPS, Calibrador, Cintas métricas, flexómetro. Para el procesamiento e interpretación de los resultados, se utilizó los programas computacionales como: Microsoft Excel 2016 necesario para realizar los cálculos pertinentes a las variables que compone cada protección lateral a evaluar, y el programa AutoCAD 2017 para detallar las medidas o secciones de las protecciones laterales a utilizar en el diseño para la comparación de la metodología. Se concluye que las tipologías de las protecciones laterales de puentes vehiculares existen dos clasificaciones de protecciones; sin embargo, la AASHTO define otro tipo de protección conocidas como combinadas menores a 70km/h y combinadas mayores a 70 km/h (combinación de una protección vehicular con una peatonal y/o ciclista). Se concluye que es necesario mejorar el criterio para escoger las protecciones laterales en puentes vehiculares, debido a que estas protecciones no solo brindan seguridad a los conductores de vehículos sino también a los transeúntes y / o ciclistas.

Palabras claves: Protección; puente; vehículo.

Abstract

This study aimed to analyze the normative provisions of the AASHTO STANDARD and the AASHTO LRFD in relation to the vehicle side shields of Canton, Manta and design the side protections for this type of use. As a methodology, the analysis of the theoretical variables of vehicle side protections was carried out, being descriptive and correlational. For the processing and interpretation of the results, the computer programs were used such as: Microsoft Excel 2016 necessary to perform the calculations relevant to the variables that make up each lateral protection to be evaluated, and the AutoCAD 2017 program to detail the measures or sections of the protections laterals to be used in the design for the comparison of the methodology. It is concluded that the typologies of the lateral protections of vehicular bridges exist two classifications of

protections; however, the AASHTO defines another type of protection known as combined less than 70km / h and combined greater than 70km / h (combination of a vehicular protection with a pedestrian and / or cyclist). It is concluded that it is necessary to improve the criteria for choosing the side protections on vehicle bridges, because these protections not only provide security to vehicle drivers but also to passers-by and / or cyclists.

Keywords: Protection; bridge; vehicle.

Resumo

Este estudo teve como objetivo analisar as disposições normativas do AASHTO STANDARD e do AASHTO LRFD em relação às blindagens laterais do veículo do Cantão, Manta e projetar as proteções laterais para este tipo de uso. Como metodologia, foi realizada a análise das variáveis teóricas das proteções laterais do veículo, sendo descritiva e correlacional para a coleta de informações e obtenção dos resultados finais, foram utilizados os seguintes materiais GPS, Calibrador, Fita Métrica, Flexômetro. Para o processamento e interpretação dos resultados, foram utilizados programas de computador, como: Microsoft Excel 2016, necessário para realizar os cálculos relevantes para as variáveis que compõem cada proteção lateral a ser avaliada, e o programa AutoCAD 2017, para detalhar as medidas ou seções das proteções. Laterais a serem usadas no projeto para comparação da metodologia. Conclui-se que as tipologias das proteções laterais das pontes veiculares existem duas classificações de proteção; no entanto, o AASHTO define outro tipo de proteção conhecido como combinado a menos de 70 km / he combinado a mais de 70 km / h (combinação de uma proteção veicular com um pedestre e / ou ciclista). Conclui-se que é necessário melhorar os critérios para a escolha das proteções laterais nas pontes de veículos, porque essas proteções não apenas proporcionam segurança aos motoristas, mas também aos transeuntes e / ou ciclistas.

Palavras chaves: Proteção; ponte veículo

Introducción

La construcción de puentes tiene orígenes muy remotos, y está ligado a las necesidades de comunicación de los primeros humanos, son estructuras que facilitan el acceso entre dos o varios lugares distantes. De hecho, los puentes son un componente fundamental en el desarrollo de un país. En este sentido, los puentes se pueden definir como: “Las estructuras viales, trazado por encima de la superficie, que permiten vencer obstáculos naturales como quebradas, hondonadas, canales, entrantes de mar, estrechos de mar, lagos, etc. (Otero, 2010). A tal efecto, el progreso de los puentes está estrechamente relacionado al desarrollo de la tecnología, a los materiales, a las tipologías estructurales, al análisis, a los procedimientos constructivos y a la explotación.

En este sentido, en el diseño de puentes, el análisis ha de seguir las diferentes etapas de la propia vida del puente: construcción, servicio y carga última. Para ello, existen reglas preestablecidas, denominado formato y dado por los diversos Códigos y Normas. En el hemisferio occidental para el diseño de los puentes, tradicionalmente se ha venido empleando la Norma Standard Specifications for Highway Bridges de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Así, en estas normas se prescriben fórmulas y procedimientos para el análisis y diseño de puentes y de cada uno de los elementos que lo componen.

Con referencia a lo anterior, las Standard Specification for Highway Bridges de la AASHTO, presentan dos métodos de diseño para puentes de acero: el diseño para cargas de servicio o esfuerzos admisibles (ASD) y el diseño por resistencia o coeficientes de carga (LFD). Ambos están siendo reemplazados por el diseño por coeficientes de carga y resistencia (LRFD).

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), Ecuador no cuenta con una normativa propia de diseño y construcción de puentes y recurre a las normas internacionales de otros países, el cual se rige al American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) que contiene los métodos de tensiones admisibles y factores de carga, ASD y LRFD respectivamente.

En este mismo orden de ideas, de acuerdo a la finalidad y lugar de construcción del puente, existen distintos diseños; pero independientemente de ellos, los puentes constan fundamentalmente de dos partes: la superestructura y la infraestructura.

La superestructura es la parte del puente en donde actúa la carga móvil y está constituida por: tablero, vigas longitudinales y transversales, aceras y pasamanos, capa de rodadura y otras instalaciones. Por su parte, la infraestructura o subestructura es la parte del puente que se encarga de transmitir las solicitaciones al suelo de cimentación y está constituido por: estribos, pilas. (Otero, 2010)

Asimismo, los puentes se pueden clasificar según la naturaleza de la vía soportada en: “Puentes de carretera, puentes de ferrocarril, puentes-canal y puentes acueductos” (Otero, 2010) y según el material constitutivo en: “Puentes de madera, metálicos, de hormigón, otros” (Otero, 2010) y según el tablero sea fijo o móvil en: “Puentes fijos y puentes móviles” (Otero, 2010). Con relación a los puentes vehiculares o de carretera son parte de las obras de infraestructura de transporte que favorecen el desarrollo de un país, mejoran la movilidad, facilitan la circulación vehicular y conectan el territorio nacional. Por ello, su diseño debe ser seguro y funcional.

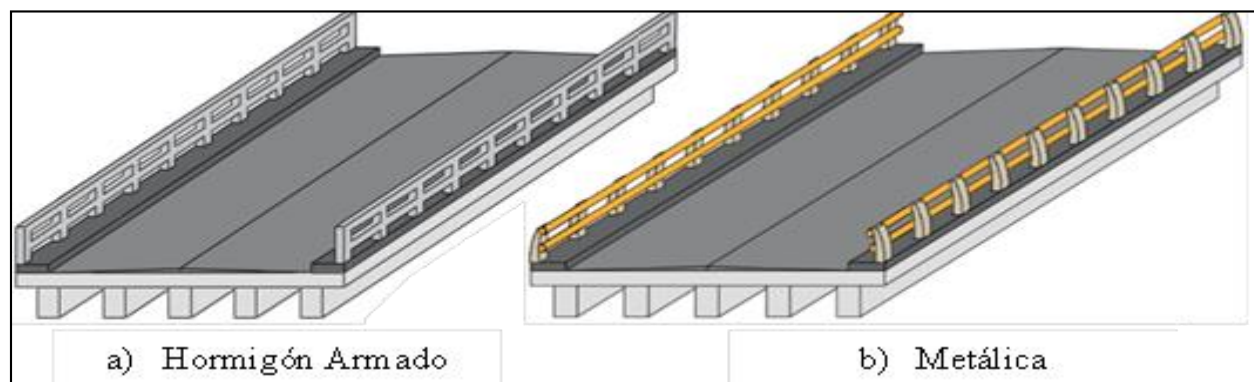
A este respecto, el propósito primario de un puente de carretera es llevar con seguridad los volúmenes necesarios de tráfico y cargas. Por tanto, todo puente debe disponer de barandas a lo largo de los bordes de la estructura para proteger al tráfico y a los peatones.

Según Jaramillo (2017) “Los tipos de protecciones más usuales son los postes y barandales de hormigón, los postes y barandales de acero estructural, los parapetos continuos de hormigón armado.” El diseño de una protección está basado en la característica del puente, en el caso de los puentes de carretera, se tienen: Protecciones laterales vehiculares, protecciones laterales peatonales y protecciones laterales combinadas. De acuerdo con Muriel (2017), las protecciones laterales vehiculares:

Es utilizada en puentes de carretera para contener y re direccionar el tráfico vehicular en caso de impacto o cambio de dirección de la trayectoria del vehículo sea este liviano o pesado e impedir que el vehículo salga despedido fuera del puente y hacia zonas peatonales.

De este modo, los materiales con los que se construyen estas protecciones pueden ser metálicos o de hormigón o combinadas.

Ilustración 1 Protecciones laterales vehiculares

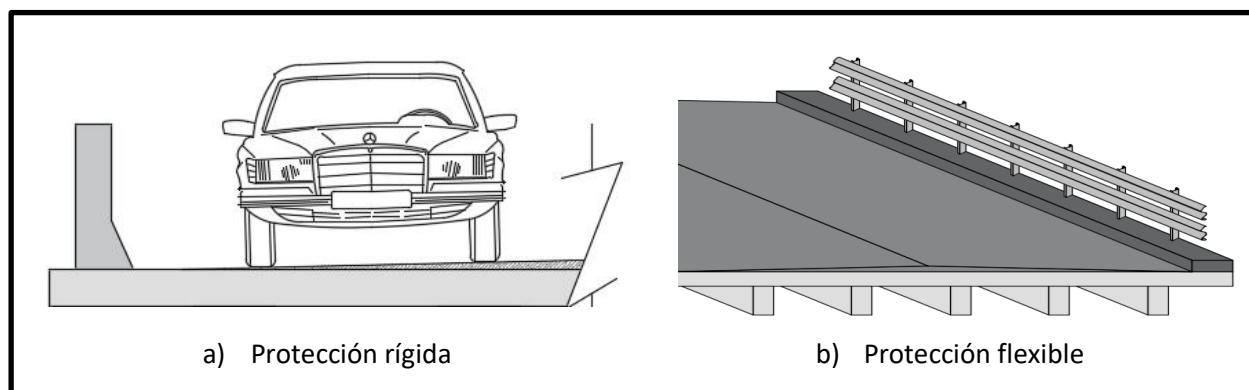


Fuente: El autor

En este mismo orden de ideas, las protecciones laterales vehiculares pueden ser: Rígidas (macizas) o Deformables (alivianadas). De acuerdo con Riofrío (2013) “Este tipo de protecciones dependen del nivel de velocidad del tráfico vehicular sobre el puente ya que en vías de alta velocidad se necesita protecciones más rígidas que en vías de baja velocidad”.

De este modo, este tipo de barrera rígida resulta muy útil en caso de un accidente vehicular en el puente, dado que estas barreras soportan mayor fuerza en comparación con las deformables y son más fáciles de reconstruir.

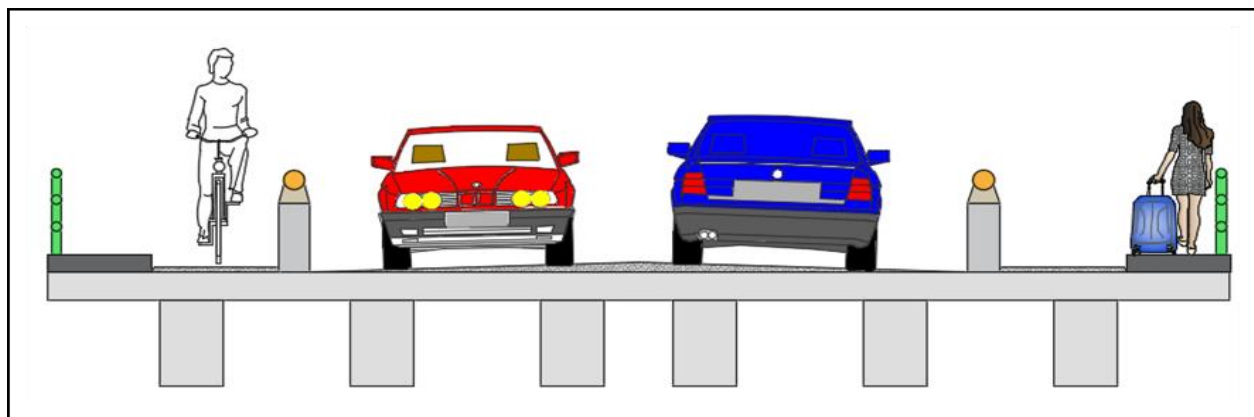
Ilustración 2. Protecciones laterales vehiculares rígidas y flexibles



Fuente: Autor

En cuanto a los elementos de protección vehiculares, constan de elementos verticales y horizontales diseñados para resistir un impacto vehicular, entre estos se encuentran: Postes, vallas vehiculares, soldaduras, bordillos, parapetos, otros. Por otro lado, en puentes donde el diseño de la vía contempla velocidades altas, es decir mayores a 70 Km/h y además de un alto volumen de circulación de vehículos, se utilizan elementos de protección lateral combinados. Según Cernuschi (2015) “Una combinación de baranda vehicular y peatonal debe ser utilizada en el borde exterior de una vereda cuando el cordón es la única separación entre la vereda y la calzada”.

Ilustración 3 Protección lateral combinada



Fuente: el autor

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando, los puentes se diseñan para cumplir con una serie de condiciones; límites de seguridad y servicio, todas ellas de igual importancia, teniendo en cuenta también aspectos constructivos, de posibilidades de inspección, de estética y de economía.

Metodología

La investigación siguió una metodología de tipo descriptiva y correlacional. La información fue analizada a través del análisis interpretativo de los datos aportados por la revisión documental correspondiente al campo de las protecciones laterales vehiculares en Ecuador atendiendo las especificaciones de la AASHTO STANDARD y de la AASHTO LRFD, las cuales establecen normas necesarias para el diseño de este sistema de protección lateral; siendo este estudio relevante debido a que en Ecuador y particularmente en el Cantón, Manta, se rigen por las especificaciones

de estas normas internacionales, en función de que en el país no existe normativas sobre el particular y sirven de guía en la praxis del profesional de la ingeniería civil.

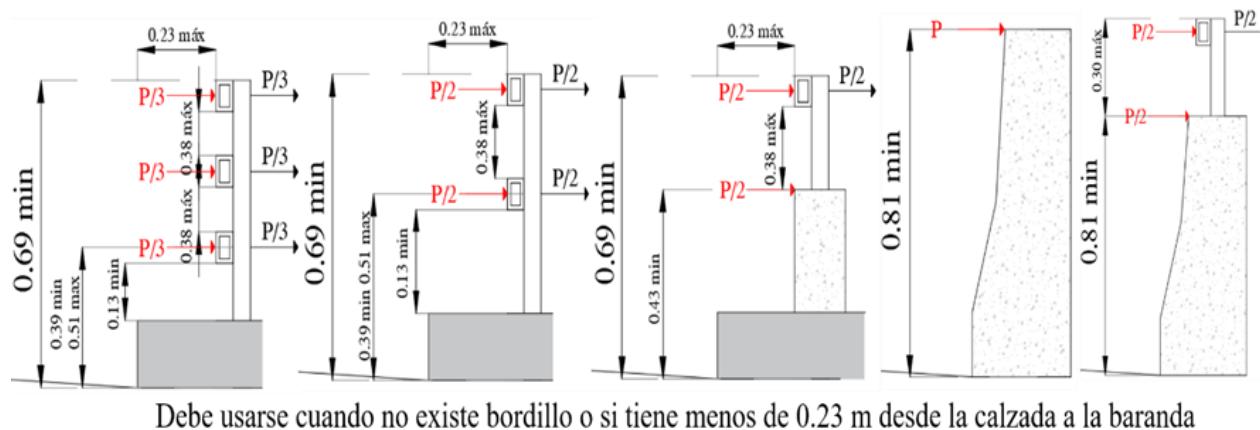
Para la recolección de la información y la obtención de los resultados finales de la presente investigación se emplearon los siguientes materiales: Material de apoyo didáctico entre los que están; sitios web, libros digitales y físicos, GPS, Calibrador, Cintas métricas, flexómetro

Con relación al procesamiento e interpretación de los resultados, se utilizaron los programas computacionales como: Microsoft Excel 2016 necesario para realizar los cálculos pertinentes a las variables que compone cada protección lateral a evaluar, y el programa AutoCAD 2017 para detallar las medidas o secciones de las protecciones laterales a utilizar en el diseño para la comparación de la metodología.

Resultados

Uno de los aspectos estructurales a tener en cuenta, para protecciones laterales vehiculares son las dimensiones y cargas de diseño; en el caso de las Protecciones laterales vehiculares la AASHTO Standard establece cinco configuraciones de protecciones laterales vehiculares y fijando una altura mínima de 69cm, salvo en el caso de la protección lateral maciza en su totalidad (protecciones macizas simples o dobles), considerando una altura mínima de 81cm (Ver ilustración 4)

Ilustración 4 Cargas y alturas mínimas de protecciones laterales vehiculares



Fuente: AASHTO Standard (2002)

Con relación a los elementos, en los longitudinales de las protecciones vehiculares el primer elemento debe tener una altura máxima de 43cm, y los demás elementos horizontales tendrán una separación máxima de 38cm. La carga P de diseño será dividida de acuerdo al número de elementos horizontales que se elijan, es decir que si se colocan dos elementos la carga para cada uno será de $\frac{P}{2}$. Esto se puede realizar hasta un máximo de no más de cuatro postes en longitud de viga continua.

Para el caso de la barrera maciza, la carga P está concentrada en la altura de la protección lateral; en cambio para el sistema de protección con parapeto, la carga se divide en los elementos horizontales más el parapeto. Por otra parte, el poste se diseña de manera independiente hacia dentro aplicando la misma carga de los elementos longitudinales.

Por otra parte, en la unión de los elementos de horizontales y verticales se aplica una carga vertical de un cuarto de la carga de diseño transversal, la cual será aplicada de arriba hacia abajo alternadamente para asegurar la resistencia al impacto de un vehículo.

La concentración de carga que se genera en el panel (elemento horizontal) y el poste provoca que el diseño de las vallas vehiculares se dé por un momento:

$$M = \frac{P'L}{6}$$

Donde:

$P' = P ; \frac{P}{2} ; \frac{P}{3}$ Según la protección seleccionada.

L = es la separación de los postes.

Las protecciones mixtas se diseñan con un momento concentrado en la unión del panel y poste, el cual es igual a:

$$M = 0.1WL^2$$

Donde:

M = Momento de diseño para protecciones mixtas.

W = Carga peatonal (0.75 Kg/cm).

L = Espacio libre de los postes. AASHTO establece (L de 1.50m).

La *AASHTO Standard*, indica un valor para la carga P de diseño de carretera es de **10000Lb, es decir 4545 kg o 4.55Ton.**

En cuanto a las especificaciones para el diseño protecciones laterales en puentes vehiculares, la norma AASHTO LRFD, presenta lineamientos para conocer cuando se deben utilizar los diferentes tipos de barandas, así se tiene:

- ✓ Se debe utilizar una protección lateral vehicular cuando el puente es de exclusivo uso para tráfico vehicular.
- ✓ Las barandas de mixtas se utilizan junto con bordillos y andenes en carreteras de baja velocidades es decir menores o iguales a **70km/h**.
- ✓ En carreteras de alta velocidad es decir mayores a **70km/h** se deben emplear protecciones combinadas, lo que quiere decir en la parte exterior barandas para peatones o ciclistas y en el interior barandas vehiculares.

Ilustración 5 Protecciones laterales de bajas velocidades (menores a 70 km/h). Fuente: AASHTO LRFD, (2017).

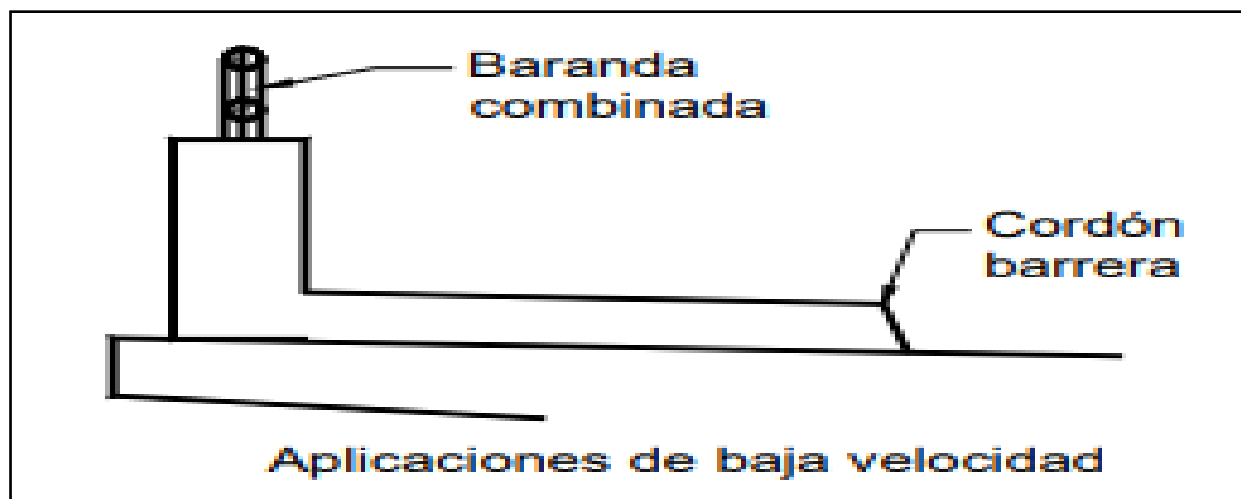
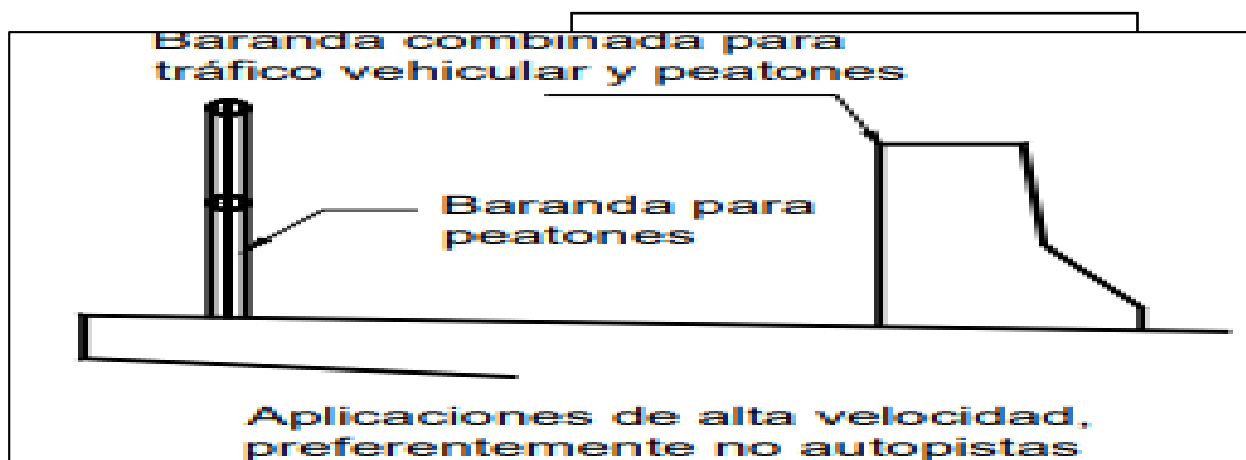


Ilustración 6 Protecciones laterales combinadas de altas velocidades (mayores a 70 km/h).

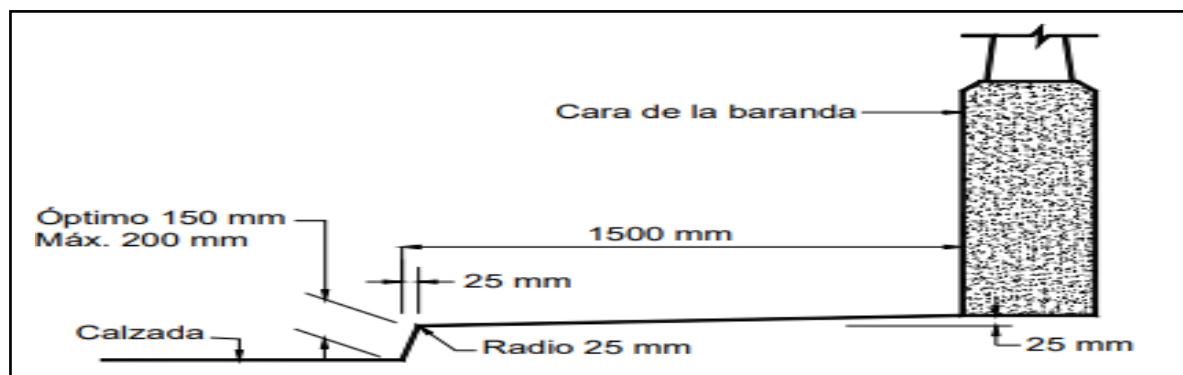


Fuente: AASHTO LRFD (2017).

Con respecto, a las especificaciones de la *AASHTO LRFD*, para los bordillos establece una altura máxima de **200mm** en su caso **20cm** y consideran una altura óptima de **150mm o 15cm**, dimensiones que se encuentran en función de los últimos ensayos realizados sobre andenes (acera). Por otro lado, también recomienda usar bordillos exclusivamente cuando las velocidades son menores o iguales a **70km/h**; y para velocidades mayores a **80km/h** se debe usar brandas que separen el tráfico vehicular con el peatonal para la protección de los transeúntes.

En protecciones laterales que se utilizan acera y bordillo, la altura de este último elemento no debe exceder los 200mm ni ser menor a 150 m. Por otra parte, si la altura del bordillo difiere con la altura del extremo exterior de la protección, se deberá proveer una transición uniforme de igual o superior distancia del cambio de altura.

Ilustración 7 Dimensiones de veredas



Fuente: AASHTO LRFD (2017)

Según se ha especificado, las normas AASHTO LRFD denominada “Método de Diseño por Factores de Carga y Resistencia”, son utilizadas para diseñar puentes carreteros de concreto o acero, estas toman en cuenta la resistencia y las cargas media estadísticas, la dispersión de ambos por medio de la desviación estándar y el coeficiente de variación, también considera los Estados Límites de: resistencia, fatiga, fractura, serviciabilidad, constructibilidad y la existencia de eventos extremos. Por medio de un proceso de calibración de los factores de mayoración de carga y de los de reducción de capacidad, garantiza un índice de confiabilidad y a partir de diseños de prueba simulados.

Es importante que en el diseño de protecciones laterales en puentes vehiculares de la ciudad Cantón, Manta, se cumplan con los criterios indicados por la norma puesto que se obtienen secciones más resistentes al impacto vehicular teniendo menos acero de refuerzo generando menos gastos económicos. En relación con esto último, la aplicación del método LRFD permite que el ingeniero tome decisiones en cuanto a combinación de carga y factores de reducción y mayoración, esto hace que el diseño se vuelva flexible a las condiciones del sitio para el cual se proyecte el puente. Por tanto, el formato LRFD es más racional que el tradicional diseño en condiciones de servicio, lo que explica la tendencia mundial hacia la adopción de códigos de ese formato.

Referencias

1. AASHTO (2002). Standard Specifications for Highway Brides.17th Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington. D.C. USA.
2. Aparicio, A. (1991). Los puentes del futuro. OP Núm. 20. Pp. 6-21.
3. Aquino, D, y Hernández, R. (2004). Manual de construcción de puentes de concreto. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Ciudad Universitaria, El Salvador: Universidad de El Salvador. Obtenido de http://ri.ues.edu.sv/2076/1/Manual_de_construcci%C3%B3n_de_puentes_de_concreto.pdf
4. Cernuschi, D. (2015). Las barandas en los puentes carreteros: Estática y Estética. Obtenido de <http://www.vialidad.gba.gov.ar/datos/biblioteca/Las%20Barandas%20en%20los%20Puentes%20Carreteros.pdf>
5. Escalante Cervera, V. (2014). Diseño de estructuras metálicas LRFD. Santo Domingo - República Dominicana: Editorial Independiente.
6. International, A. (2014). AASHTO y ASTM se Asocian en el Portal de Transporte. E.E.U.U.: ASTM.
7. LRFD, A. (2017). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
8. LRFD, A. (2017). LRFD AASHTO 8th EDITION. Washington: AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS.
9. MTOP. (2013). Procedimientos de operación y seguridad vial. En NEVI-12-MTOP. Quito: Norma Ecuatoriana Vial Vol. 5.
10. Muriel, A. (2017). Las protecciones laterales en puentes de carretera. [Documento en línea] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/358936479/Las-Protecciones-Laterales-en-Puentes-de-Carretera>
11. Nilson, A. (2011). Diseño de estructuras de concreto. Bogotá - Colombia: Graw Hill.
12. Otero, A. (2010). Puentes. Definiciones y Conceptos Generales. Escuela Politécnica Superior de Ávila. Ingeniería Técnica de Topografía. [Documento en línea] Disponible en:

<http://ocw.usal.es/eduCommons/enseñanzas-tecnicas/ingenieria-civil/contenido/TEMA%207-%20PUENTES.pdf>

13. Perales, A. (2013). Diseño automatizado de vigas metálicas para puentes carreteros. Chile: Universidad Austral de Chile.
14. Riofrio, A. (2013). Análisis compartivo del diseño de protecciones laterales para puentes de carretera mediante los criterios del método elástico y del estado limite. Quito: Universidad Central del Ecuador.
15. Vinueza, J. (2015). Nuevas metodologías para el diseño de puentes aplicando al pórtico de acero con columnas inclinadas del puente Gualo. Quito: Universidad Central.

References

1. AASHTO (2002). Standard Specifications for Highway Brides. 17th Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington. D.C. USES.
2. Aparicio, A. (1991). The bridges of the future. OP No. 20. Pp. 6-21.
3. Aquino, D, and Hernández, R. (2004). Concrete bridge construction manual. University of El Salvador, Faculty of Engineering and Architecture. University City, El Salvador: University of El Salvador. Retrieved from http://ri.ues.edu.sv/2076/1/Manual_de_construcci%C3%B3n_de_puentes_de_concreto.pdf
4. Cernuschi, D. (2015). Railings on highway bridges: Static and Aesthetic. Retrieved from <http://www.vialidad.gba.gov.ar/datos/biblioteca/Las%20Barandas%20en%20los%20Puentes%20Carreteros.pdf>
5. Escalante Cervera, V. (2014). Design of metal structures LRFD. Santo Domingo - Dominican Republic: Independent Publishing.
6. International, A. (2014). AASHTO and ASTM Partner in the Transportation Portal. USA: ASTM.
7. LRFD, A. (2017). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
8. LRFD, A. (2017). LRFD AASHTO 8th EDITION. Washington: AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS.

9. MTOP (2013). Operating procedures and road safety. In NEVI-12-MTOP. Quito: Ecuadorian Standard Vial Vol. 5.
10. Muriel, A. (2017). Lateral protections on road bridges. [Online document] Available at: <https://es.scribd.com/document/358936479/Las-Protecciones-Laterales-en-Puentes-de-Carretera>
11. Nilson, A. (2011). Design of concrete structures. Bogotá - Colombia: Graw Hill.
12. Otero, A. (2010). Bridges Definitions and General Concepts. Higher Polytechnic School of Ávila. Technical Engineering of Surveying. [Online document] Available at: <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseñanzas-tecnicas/ingenieria-civil/contenido/TEMA%207-%20PUENTES.pdf>
13. Perales, A. (2013). Automated design of metal beams for road bridges. Chile: Universidad Austral de Chile.
14. Riofrío, A. (2013). Shared analysis of the design of lateral protections for road bridges using the criteria of the elastic method and the state limit. Quito: Universidad Central del Ecuador.
15. Vinueza, J. (2015). New methodologies for the design of bridges applying to the steel gantry with inclined columns of the Gualo bridge. Quito: Central University.

©2019 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).