

ANÁLISIS DE BARRERAS LONGITUDINALES EN EL MARCO DE AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL EN ARGENTINA

Luis Ricci¹, Valeriana Galone², Julián Rivera³, Matias Oviedo⁴

1 Integrante LEMaC. Docente Investigador UTN. Co-Director del Proyecto.

2 Becario LEMaC.

3 Sub-Director LEMaC. Docente Investigador UTN. Director del Proyecto.

4 Integrante LEMaC.

LEMaC, Centro de Investigaciones Viales, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.
Avda. 60 y 124 (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina.
Tel/Fax: 054-221-4890413 – E-mail: lemac@frlp.utn.edu.ar – Web: www.frlp.utn.edu.ar/lemac

RESUMEN

En el marco del Proyecto de I+D “DESARROLLO DE METODOLOGÍA PARA CONFECCIÓN DE AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL EN REDES VIALES URBANAS” que lleva a cabo el LEMaC, se han estudiado las características y defectos de las barreras longitudinales, y los principales inconvenientes de en los costados de calzada (CDC) y los defectos en el diseño geométrico que definen la colocación o no de las barreras longitudinales. El estudio de las barreras longitudinales se ha encuadrado en el marco de las Auditorías de Seguridad Vial, teniendo como marco de comparación las listas de chequeo empleadas por las Austroads Road Safety Audit 2nd Ed 2002 de Australia y las listas de chequeo empleadas por la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina, en sus Normas Auditoría 2º Edición 2007.

Dentro del estudio se han identificado las principales anomalías encontradas según los siguientes lineamientos: lugares de aplicación, materiales, disposiciones, métodos constructivos, empalmes, etc. Del relevamiento de anomalías surge, en forma asociada, una recomendación de tratamiento adecuado. Como producto final se presentan fichas de relevamiento que ayudarían a los Auditores a detectar anomalías presentes en las barreras longitudinales. De esa manera se brinda una herramienta más para el desarrollo de las Auditorías, tendiente a mejorar la Seguridad Vial en el ámbito urbano.

INTRODUCCIÓN

Las recomendaciones de instalar una barrera longitudinal se basan en la premisa de que sólo deben colocarse, si reducen la severidad de siniestros potenciales. Estas recomendaciones se basan en un análisis subjetivo de ciertos elementos y condiciones del borde del camino; en un análisis cualitativo donde se considera entre otras características la velocidad del camino, el nivel y composición del tránsito, etc.; y en un análisis económico de los costos involucrados. A menudo se dan casos en donde no resulta tan evidente si la

barrera o los elementos de protección deben instalarse, ya que éstos pueden transformarse en un riesgo en sí.

También se puede hacer una evaluación completa de varios tipos de instalaciones, comparándolas con la opción de no colocar barreras.

Este procedimiento se usa para evaluar típicamente tres opciones:

- Quitar o reducir el riesgo de tal manera que el elemento de contención ya no sea requerido.
- Instalar una barrera apropiada o un elemento de contención seguro.
- Dejar el área descubierta o con medidas de protección menores, como demarcación.

El presente trabajo se encuentra inmerso en el marco del Proyecto de I+D "DESARROLLO DE METODOLOGÍA PARA CONFECCIÓN DE AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL EN REDES VIALES URBANAS", teniendo como objetivo nutrir a este proyecto mediante el análisis de los Costados de Calzada, enfocándose con mayor detenimiento en el estudio de barreras de contención longitudinales. Como objetivo específico se estipuló confeccionar una guía de relevamiento de defectos de Costado del Camino, Barreras y/o donde se encuentren registros de accidentes por salidas fuera de calzada.

Auditorías de Seguridad Vial

Una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) es un proceso reglado y formal de revisión de un proyecto de carreteras, en el que un experto o equipo de expertos calificado e independiente, identifica los riesgos potenciales para la seguridad y formula un conjunto de recomendaciones para mejorar el proyecto desde esta perspectiva.

Las ASV se realizan en las etapas de proyecto, construcción, y puesta en servicio de la obra.

Las ASV no se centran en la comprobación del cumplimiento de la normativa, sino que los auditores deben colaborar con los responsables del proyecto, prestándoles el asesoramiento que requieran para conseguir que el camino alcance las mejores características de seguridad posibles.

Las barreras longitudinales constituyen un elemento más del camino que debe ser analizado en una ASV, y dado que su función es reducir las consecuencias ante un siniestro vial, sus defectos deben ser detectados en forma rápida y solucionados lo antes posible.

ANÁLISIS DE ELEMENTOS Y ESPACIOS

Costados de Calzada

Los Costados de Calzada (CDC) comprenden a las superficies desde los bordes de calzada o cordón hasta los límites de la zona de camino o línea municipal.

Para reducir el número de heridos graves y víctimas fatales, el objetivo debe ser mantener a los vehículos en la calzada, y evitar que invadan los costados. Donde esto ocurra, el diseño debe esforzarse por, reducir al mínimo el riesgo de choques contra objetos peligrosos en los

costados y/o el vuelco del vehículo, y por reducir la gravedad de los accidentes que se produzcan.

Dentro de los CDC es sumamente importante la definición de una Zona Despejada (ZD), cuya configuración es una franja paralela al eje de la calzada, a contar del borde de ésta hacia el exterior, la cual en caso de perder el control del vehículo, le permite al conductor retornar a la vía o detenerse sin riesgo de sufrir daños de importancia.

Barreras Longitudinales en Argentina

Las barreras longitudinales se utilizan para proteger a los conductores de los peligros naturales o artificiales al costado del camino, o bien para proteger a usuarios vulnerables, como los peatones, del posible despiste de un vehículo. Ocasionalmente se usan para separar al tránsito de peatones y ciclistas del tránsito vehicular. El propósito primario de todas las barreras es impedir que un vehículo que deja la calzada golpee un objeto fijo o transite por veredas o terrenos con características más peligrosas que la barrera misma.

Por lo tanto, su principio básico es: “Sólo se debe instalar barreras cuando el daño esperado en los usuarios y vehículos, al colisionar con estas, sea menor al daño que ocurriría si la barrera no estuviese”.

Para garantizar esta función se introduce el concepto de la “barrera certificada”, es decir aquel sistema de contención cuya calidad de materiales, método de fabricación y dimensiones geométricas, cumplen estrictamente con las mismas características y es idéntico a un prototipo ensayado con éxito bajo algún sistema normativo (por ejemplo: Test de impacto según la norma norteamericana Reporte 350 de la NCHRP ó la norma europea EN – 1317).

Algunos de los peligros que pueden justificar la instalación de barreras de protección son:

- Características geométricas adversas (curvas cerradas, terraplenes altos, taludes empinados, etc.).
- Objetos fijos (árboles, teléfonos de emergencia, estribos y pilas de puentes, cimientos, muros, muros de cabecera, postes, etc.).
- Otros peligros del CDC (cortes de roca, grandes rocas, masa de agua permanente sobre los 0,6 m de profundidad, desniveles e hileras de árboles a lo largo del CDC, etc.).

Los tipos usuales de barreras longitudinales, según su capacidad de deformación durante un choque, se clasifican en: barreras flexibles, semi-rígidas y rígidas, con distintas para cada caso (Tabla 1).

Tabla 1: Tipologías frecuentes de barreras según su grado de rigidez

Sistemas Flexibles	
Deflexión de 1.2 – 5.5 m	Barreras Flexibles con Postes Débiles
	Cable de acero
	Doble Onda
	Triple Onda
	Barrera de cables con Postes Débiles
	Cable Pretensado
Sistemas Semi-Rígidos (metálica)	
Deflexión de 0.5 – 2.5 m	Doble - Onda, poste rígido con separador
	Triple – onda, poste rígido con separador
	Triple – onda, poste rígido con separador modificado
	Triple – onda, poste rígido con separador europeo
	Acero revestido de madera

Sistemas Rígidos (hormigón)	
Deflexión de 0 – 0.7 m	General Motors, GM
	New Jersey
	Sección "F"
	Muro Vertical
	Quickchange
	Otras Formas

Los tipos de barreras más ampliamente difundidos en la Vialidad Argentina son las barreras flexibles metálicas doble onda (conocida en la jerga como "flex beam") y las barreras rígidas de hormigón con perfil tipo New Jersey o Sección "F".

En lo que sigue, el trabajo ahondará en el estudio de las barreras flexibles metálicas doble onda, que son las de mayor porcentaje de utilización en las obras ya ejecutadas. Para estas la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) emplea el Plano Tipo H-10237 en la descripción de sus características. Dicha barrera se asemeja, pero con ciertas diferencias, a la barrera certificada SGR-04c (grado de contención TL3) recomendada por AASHTO en su "A Guide to Standardized Highway Barrier Hardware".

Las barreras longitudinales están compuestas por tres zonas: una sección normal, una transición, y los extremos de barrera (Figura 1).

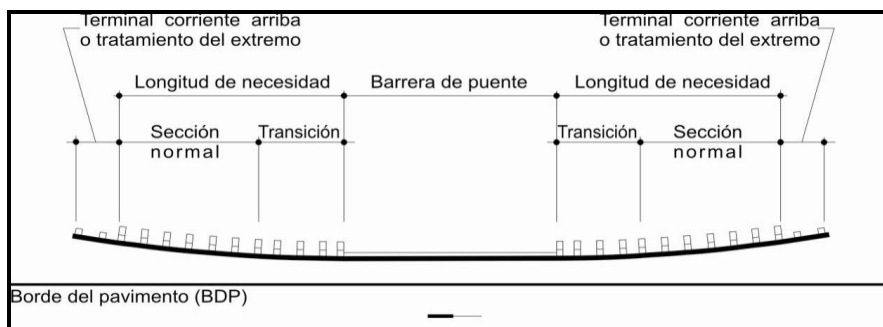


Figura 1: Partes de una barrera longitudinal

Longitud

Según lo establecido en el "Manual de Diseño Vial Seguro" de la DNV ¹, : "...Cuando una barrera de seguridad metálica paralela a la carretera tenga por objeto evitar que un vehículo alcance un obstáculo aislado (un poste SOS, un báculo aislado de iluminación o un soporte de un cartel de señalización, etc.) se recomienda iniciar la barrera de seguridad metálica antes de la sección en la que se encuentra el obstáculo aislado, a una distancia mínima L_m dada por la tabla 11 (sin contar el extremo)...". (Figura 2).

¹ cuyos conceptos son coincidentes con los de la "Orden Circular 28/2009 Sobre Criterios de Aplicación de Barreras de Seguridad Metálicas" de la Dirección General de Carreteras de España que complementa "...En carreteras de calzada única y calzadas con carriles reversibles, la prolongación de la terminación de la barrera de seguridad metálica para un sentido de circulación, deberá ser igual a la anticipación de su comienzo para el sentido contrario...".

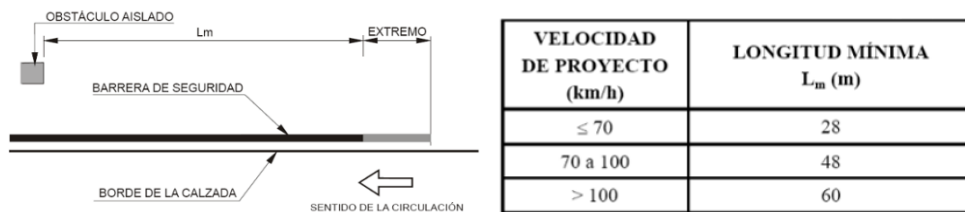


Figura 2: Distancia mínima L_m y tabla 11 de Orden Circular 28/2009

En cursos de agua con riesgo de caída o volcamiento la longitud de barreras no puede ser calculada con el concepto tradicional. Para este caso, la longitud ha sido calculada tomando como base el criterio que ante un eventual despiste de un vehículo, el mismo llegue a frenar antes de llegar al canal o arroyo, o de lo contrario sea interceptado en su recorrido y encauzado por la defensa. Para una velocidad de 110 km/h se requieren hasta 110 metros para detener un vehículo transitando en un terraplén. Si se considera una zona libre de obstáculos de 12,5 m y se grafica la situación planteada, se obtiene una longitud mínima de barrera de 83,82 m (Figura 3).



Figura 3: Longitud mínima de barrera ante cursos de agua

Altura

La altura de la barrera recomendada en el Plano Tipo H-10237, es de 0,63 m. Muchas veces esta altura medida desde el nivel de terreno no es respetada, con lo cual el modo con que la barrera absorbe la energía del impacto se ve modificado, obteniéndose resultados no satisfactorios. Una consecuencia de un defecto en la ubicación en altura de una barrera, podría ser que un vehículo pase por encima de la misma empleando a ésta como rampa, o que vehículos de pequeño porte puedan levantar la barrera al impactarla en la parte inferior de la viga.

Si se compara la altura de las barreras H-10237 de la DNV y la recomendada y certificada por AASHTO SGR-04c, se encuentran sustanciales diferencias. En el caso de ésta última la altura total es de 0,73 m, 10 cm mayor que la de uso local, detalle que puede observarse en la Figura 4.

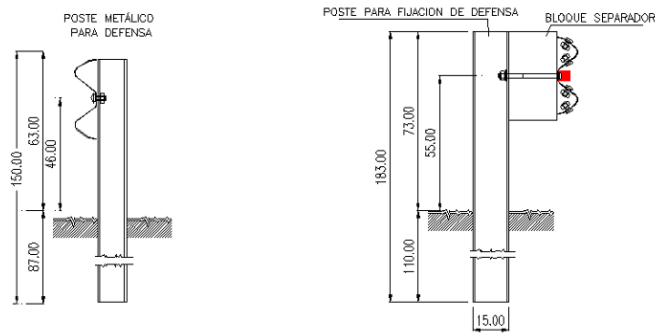


Figura 4: Comparación de perfiles de barreras

Ancho de Trabajo

Para analizar esta variable se debe estudiar la distancia de deflexión, que es la deformación de la barrera al ser chocada, la cual se mide en pruebas de choque a escala natural y en simulaciones de choque por computadora. La distancia disponible para deflexión es la que se ubica entre la parte posterior de la barrera y el objeto fijo; debe ser mayor que la distancia de deflexión esperada para una determinada barrera. Las barreras contempladas en el Plano Tipo H-10237, tienen una deflexión de 2,5 m aproximadamente, por lo que deben dejar como mínimo esta separación entre su cara posterior y los objetos fijos peligrosos.

Los vehículos con centro de gravedad alto se inclinan por sobre la barrera al chocarla, tal como se observa en la Figura 5, por lo que a la distancia de deflexión de la barrera se le suma una invasión adicional. Al ancho total se lo denomina ancho de trabajo. Cuando el ancho de trabajo sea mayor que la distancia a un objeto fijo, se deberá utilizar una barrera de mayor rigidez que minimice la invasión por inclinación y por deflexión (menor ancho de trabajo).

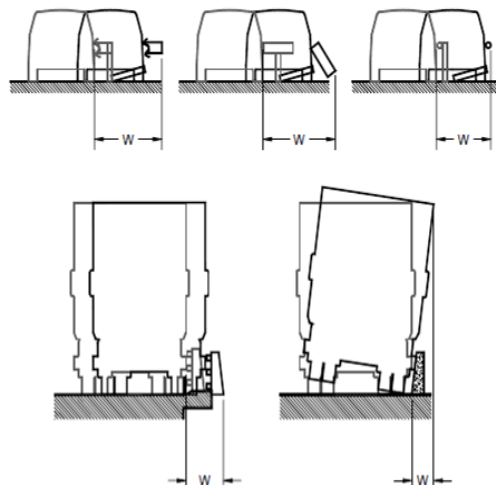


Figura 5: Ancho de trabajo W para distintas barreras

Bloque Separador

Se trata de un elemento intermedio entre la barrera propiamente dicha y el poste. Tiene la finalidad de alejar los postes de la rueda del vehículo, evitando que puedan engancharse

producto del choque, y de mantener la altura de la barrera prácticamente constante durante el choque, incluso cuando el poste se va inclinando.

Las barreras generalmente empleadas en Argentina, según el Plano Tipo H-10237, no contemplan la inclusión de bloque separador (Figura 6). Se recomienda la incorporación del mismo (Figura 7), ya que trae beneficios considerables con un bajo costo y no poseen un impedimento técnico para su inclusión.



Figura 6: Ausencia de Bloque Separador

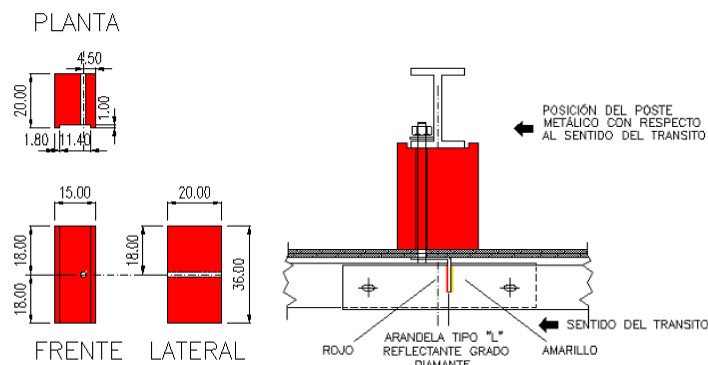


Figura 7: Bloque separador, dimensiones y disposición

Terminal de Barrera

El terminal de barrera constituye el punto de inicio y fin de la misma, su configuración es esencial ya que puede constituirse en el primer elemento que impacte un vehículo que sale fuera de la calzada. Actualmente es de uso generalizado en Argentina el terminal tipo "cola de pez", el cual, como ha quedado demostrado por numerosos investigadores, es definitivamente desaconsejable (Figura 8).

Existen en el mercado terminales adecuados que poseen patentes de comercialización o no. Dentro de estos últimos, y aconsejado sólo para zonas de velocidades bajas, se encuentra el terminal tipo "rounded" o "Tipo A" (Figura 9). A este terminal se le ha incorporado una demarcación retroreflectiva adhesiva para alertar a los conductores de un obstáculo lateral.



Figura 8: Terminal inadecuado e impactado sin reposición

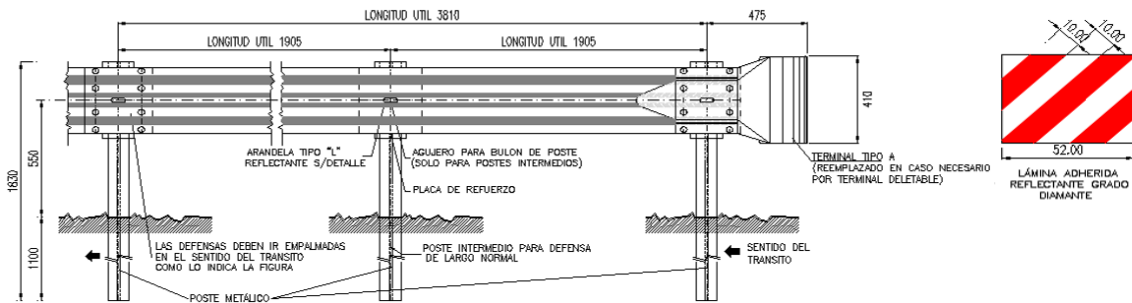


Figura 9: Terminal de barrera tipo "rounded" o tipo A

Es importante seleccionar el terminal de barrera con un grado de contención acorde a la barrera proyectada y compatible con la misma.

Para mayores velocidades se aconsejan emplear terminales deletables certificados (Figura 10), los cuales poseen patentes comerciales como: FLEAT y SKT de la firma Road Systems Inc., EURO-ET, o ABC. Dado que los mismos son productos importados, sería dificultosa su incorporación en las obras públicas de Argentina.



Figura 10: Terminales deletables comerciales

Transiciones, o Vinculaciones con otras Barreras

Muchas veces, las barreras longitudinales estudiadas se vinculan con barreras de puentes y alcantarillas, éstas últimas poseen un grado de rigidez superior, por lo que es necesario efectuar una transición adecuada mediante la disminución de la separación de los postes de fijación. Es muy común ver que ambas barreras (semi-rígida y rígida) se encuentran desvinculadas totalmente (Figura 11), generando un punto duro por la discontinuidad del elemento de contención. Éste aspecto debe ser tratado adecuadamente. Se propone

implementar un elemento de conexión conformado por una chapa delantera de vinculación geométrica y una chapa trasera de transmisión de cargas (Figura 12).



Figura 11: Peligrosa discontinuidad entre barreras rígidas y barreras flexibles

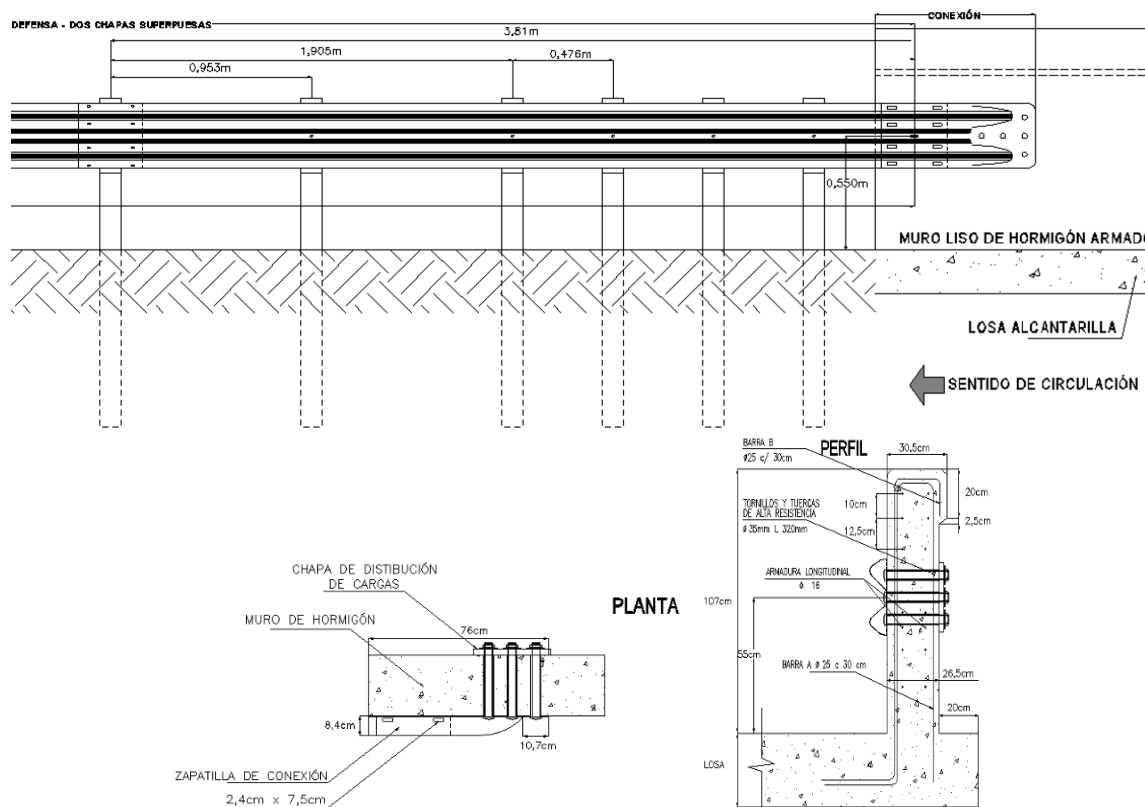


Figura 12: Transición y conexión entre barreras

Grado de Contención de las Barreras

Existen tres procedimientos internacionales para confirmar la aceptabilidad de un sistema de barreras y que definen su nivel o grado de contención:

- el de la NCHRP 350 (Report 350 Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features),
- el de la EN 1317 (Norma Europea EN 1317, que adopta conceptos del NCHRP Report 350 adecuados a sus propias características e incorpora resultados de investigaciones de los países miembros).

- el del MASH (Manual for Assessing Safety Hardware) de AASHTO, desarrollado según el NCHRP Project 22-14(02), "Improvement of Procedures for the Safety-Performance Evaluation of Roadside Features", donde se actualizaron los vehículos empleados al parque automotor vigente, se incorporaron mas cantidad y condiciones de choque de los ensayos y se adoptaron diferentes criterios de evaluación.

Estos procedimientos son comparables pero no son intercambiables. Establecen ensayos uniformes, facilitan la comparación entre elementos y se ensayan bajo condiciones severas.

Las "Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial" 2010 (en revisión) de la DNV presentan una comparativa los resultados obtenidos en los ensayos para los distintos Grados de Contención considerados por las normas antes citadas (Tabla 2).

Tabla 2: Resultados comparativos de ensayos

EUA (MASH)	EUA (NCHRP 350)	Europa (EN 1317)	Velocidad de Impacto km/h	Angulo de Impacto °	Peso del Vehículo kg	Energía del Impacto kJ
	TL-2		70	25	2000	67
TL-2			70	25	2270	77
		N2	110	20	1500	82
		H1	70	15	10000	126
	TL-3		100	25	2000	138
TL-3			100	25	2270	156
	TL-4		80	15	8000	132
TL-4			90	15	10000	209
		H2	70	20	13000	287
		H3	80	20	16000	461
		H4a	65	20	30000	570
TL-5	TL-5		80	15	36000	595
TL-6	TL-6		80	15	36000	595
		H4b	65	20	38000	722

ANOMALIAS ENCONTRADAS EN CAMPO

En la aplicación práctica de colocación de barreras, existe una gran cantidad de anomalías que se pueden encontrar en campo. Del relevamiento de anomalías surge, en forma asociada, una recomendación de tratamiento adecuado. Dichas anomalías se han volcado en fichas de relevamiento que pueden ser un complemento útil para realizar ASV del ítem barreras.

En las fichas de relevamiento se hace referencia a los inconvenientes más frecuentes en los defectos de costado de calzada (CDC), barreras y/o donde se encuentren registros de accidentes por salidas fuera de calzada, que están plenamente relacionados con la colocación o no de barreras y sus posibles soluciones, que abarcan un amplio rango desde quitar los obstáculos hasta qué tipo de barrera es el más conveniente de acuerdo al tipo de camino, diseño, topografía, etc.

AUDITORÍA DE BARRERAS LONGITUDINALES

Para efectuar dicho proceso existen Listas de Cheque desarrolladas por distintas normativas. En Argentina se está implementando el Manual de Auditorías de DNV, y a nivel internacional las normas de referencia son las Austroad Road Safety Audit de Australia.

Del análisis de ambas listas de chequeo en la **etapa de proyecto**, se puede decir que la lista propuesta por la DNV (Argentina) se podría completar contemplando los siguientes aspectos:

- Incluir el análisis de eliminar barreras, preguntándose si todas son realmente necesarias, ya que como se ha visto la barrera puede resultar un peligro en sí.
- Incluir el análisis del espaciamiento de los postes.
- Incluir el análisis de la profundidad y tipo de anclaje de los postes.
- Incluir el análisis de los traslapes de las vigas doble onda, tanto de su longitud, como del sentido correcto según el tránsito.

De forma análoga, la comparativa de las listas para **caminos existentes** arroja los siguientes complementos a la lista propuesta por la DNV (Argentina):

- Incluir aspectos constructivos como si las barreras se instalaron correctamente.
- Incluir el análisis de la longitud de barrera para comprobar que sea suficiente.
- Contemplar la posibilidad que un vehículo se detenga momentáneamente entre línea de borde de calzada y la barrera.
- Incluir el análisis de cordones en correspondencia con barreras que puedan afectar el correcto funcionamiento de éstas.

Se mencionan estos aspectos como posibles mejoras o complementos, se destaca que las listas propuestas por la DNV tienen otras consideraciones muy positivas.

CONCLUSIONES

En Argentina, el estado actual de las barreras longitudinales, atraviesa un proceso de transición. Las Reparticiones Viales se encuentran haciendo un gran esfuerzo para vencer la inercia con la cual se venían proyectando y ejecutando las obras, lo cual se refleja en la intención de introducir cambios con nuevas tecnologías y materiales aplicados para alinearse con la normativa internacional y mejores estándares de seguridad vial. Aún existen ciertas dificultades a vencer dado que el sector productivo del país no ha podido seguir en primera línea estos cambios. Es de esperarse, que con la ayuda de políticas acordes, las empresas nacionales comiencen a fabricar barreras longitudinales certificadas o, en todo caso, que las restricciones a la importación de bienes no sean aplicadas para este tipo de productos.

El presente trabajo ha contemplado una posible adaptación de las barreras existentes hacia un grado de seguridad más elevado, con el respeto de algunas características físicas de las barreras y la incorporación de ciertos elementos como el bloque separador, los elementos de conexión y los terminales adecuados. Estas pequeñas modificaciones pueden ser puestas en marcha con inversiones no muy onerosas.

Se han confeccionado unas listas de relevamiento de anomalías de barreras y otras situaciones relacionadas con la instalación de las mismas, las cuales pueden ser tomadas como elementos auxiliares en la confección de Auditorías de Seguridad Vial.

Por último se han generado algunas sugerencias a incorporarse en las listas de chequeo de las Auditorías de Seguridad Vial realizadas en Argentina.

Como premisa ya expuesta por numerosos investigadores, la cual se quiere resaltar, se puede mencionar que, el proyecto de obras de infraestructura vial debe contemplar todos los aspectos de seguridad vial, evitando por todos los medios la necesidad de la instalación de una barrera lateral. En última instancia la instalación de dicho elemento debe estar

fundamentada de forma acorde y se debe procurar la utilización de materiales y elementos certificados. El camino más seguro es aquél que no necesita barreras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD. (2002). “Recomendaciones sobre sistemas de contención en vehículos sección amortiguadores de impacto”, Resolución 423/02; Editorial: Dirección Nacional de Vialidad. Argentina.
- ESCUELA DE INGENIERIA DE CAMINOS DE MONTAÑA (EICAM). (2010) “Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial” (En revisión), Editorial: Dirección Nacional de Vialidad. Argentina.
- AASHTO. (2005) “A Guide to Standardized Highway Barrier Hardware”, <http://aashtof13.tamu.edu/Guide/nameindex.html> Editorial: AASHTO. Estados Unidos.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS DE ESPAÑA. (2009). Orden Circular 28/2009 Sobre Criterios de Aplicación de Barreras de Seguridad Metálicas. España.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. (2005) “Seguridad Vial”, Manual de Carreteras – Volumen 6, Editorial: Ministerio de Obras Publicas. Chile.
- SPEIER GREGORY. (2010). “Curso: Sistemas de Contención Vial, conceptos y últimas tecnologías”. Argentina.