



Elección de Sistemas de Contención: Un desafío para rutas más seguras

Ing. Adriana Garrido



¿Qué es un SISTEMA VIAL SEGURO?

Es aquel en el cual los usuarios de las carreteras que se comportan de manera lícita ya no están expuestos a muertes o lesiones graves.

Tipología de los Siniestros en Rutas Nacionales

En términos medios en los últimos 5 años entre un 30 y un 40% del total de los accidentes con víctimas se obtuvo para la tipología “vuelco o accidentes al costado del camino”.





Salida involuntaria de la calzada

A pesar de la cuidadosa atención al diseño geométrico del camino, la buena condición del pavimento, y buena conducta del Usuario, los vehículos continúan saliéndose de la calzada por diversas razones:

- Distracciones
- Animales en el camino
- Estallido de neumáticos
- Hidroplaneo
- Otros imprevistos



Peligros al Costado del Camino

Al costado del camino los peligros pueden ser:

- Los objetos peligrosos
- Condiciones peligrosas













Para evitar los peligros al Costado del Camino

El camino debe proveer al Usuario de una adecuada

Zona Despejada= ZD

Esto es lo que define a un “camino indulgente”



ZONA DESPEJADA

La ZD es un área adyacente a la calzada, medida desde el borde, disponible para el uso seguro de los vehículos errantes.



Debe ser plana, suave, de superficie firme, sin peligros, que permita que un vehículo errante recupere el control sin ocasionar un vuelco o choque contra un objeto peligroso.

La mejor defensa es la que no necesita colocarse



Eliminar el peligro



Rediseñar el peligro



Rediseñar el peligro



Rediseñar el peligro



Rediseñar el peligro



Delinear o señalizar



Delinear o señalizar



Proteger al tránsito





Concepto

¿Cuándo colocar una defensa?

El choque contra una barrera constituye un **accidente sustituto controlado**, de tal forma que los daños que ocasione sean menores que los que implicaría una colisión contra el objeto fijo o la condición peligrosa de la vía.



¿Cuándo colocar una defensa?

De acuerdo al MANUAL DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN LATERAL de la DNV

- a) Sitios (tramos de +/- 300 m) con recurrencia de tres o más accidentes con víctimas debidos a salida de vía en los últimos tres años disponibles.
- b) Sitios (tramos de +/- 300 m) con recurrencia de dos o más accidentes mortales debidos a salida de vía en los últimos tres años disponibles.
- c) Objetos fijos con un diámetro / lado igual o superior a 15 cm que se encuentren a una distancia del borde de la calzada inferior a la manifestada en la siguiente Tabla en función del TMDA y la velocidad.

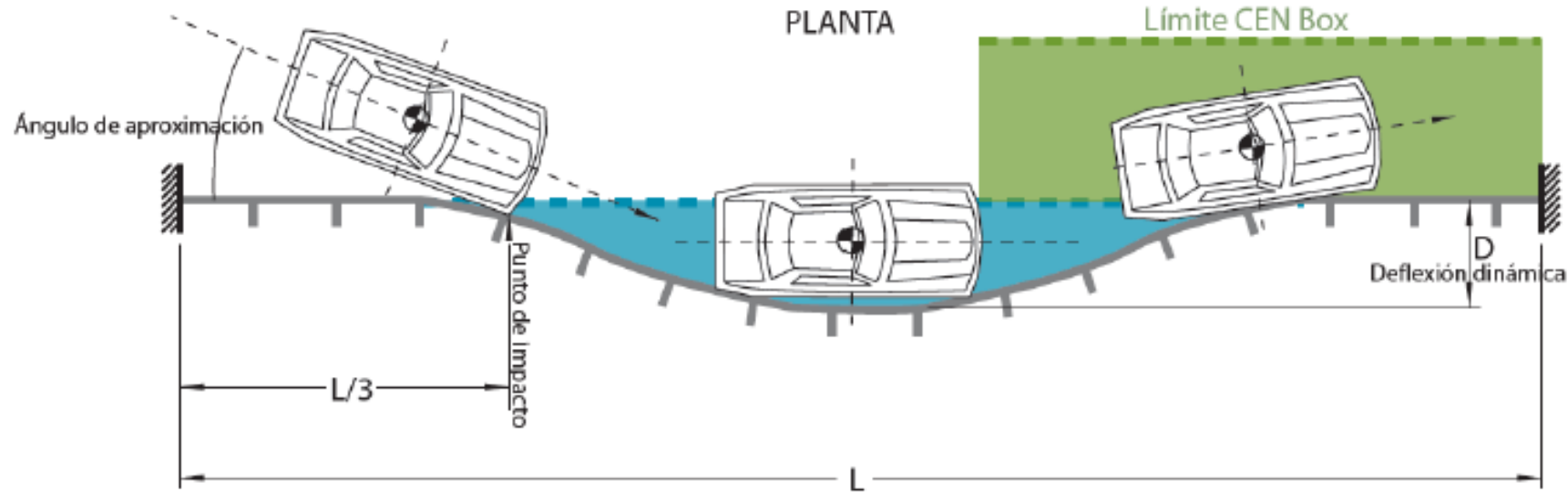
¿Cuándo colocar una defensa?

De acuerdo al MANUAL DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN LATERAL de la DNV

Zona Despejada

	TMDA			
VELOCIDAD	Hasta 500vpd	Entre 501 y 1600 vpd	Entre 1601 y 5000 vpd	Más de 5000 vpd
Mayor a 60 km/h	10 m	10 m	12 m	15 m
Menor o igual a 60 km/h	---	5 m	7 m	---

Todo se reduce a un problema de transformación de la energía



Los Sistemas de Contención actúan transformando la energía del impacto en otro tipo de energía menos agresiva para el ser humano.

Condiciones

- Si el choque contra una barrera debe ocasionar menores daños que los que implicaría una colisión contra el objeto fijo o la condición peligrosa de la vía, el sistema tiene que ser “indulgente” con el usuario.
- Esta “indulgencia” de cualquier sistema de barreras está dada por las siguientes **consecuencias** frente a una colisión:



Condiciones

- **Adecuación estructural:** El dispositivo de seguridad debe contener, redirigir, permitir la penetración controlada del vehículo que impacta, o permitir una detención predecible para satisfacer los requisitos de adecuación estructural.
- **Riesgo de los ocupantes:** Se refiere al grado de peligro al que serían sometidos los ocupantes en el vehículo que impacta, por los golpes recibidos dentro del habitáculo.
- **Trayectoria después de la colisión:** Se evalúa sobre la base de la probable participación del resto del tráfico debido a la trayectoria o a la posición final del coche impactado y sobre las posibilidades de comportamientos indeseables como engancharse en el sistema de protección.



Ya sabemos cuándo corresponde colocar Defensas, pero... ¿qué sistema colocamos?

Clasificación de las barreras de seguridad en función de su deflexión:

- Rígidas
- Semirrígidas
- Flexibles



Barreras Rígidas

- Se caracterizan por una deflexión muy pequeña o nula.
- Trabajan por fricción entre la base y la superficie de asiento, función del peso propio de la barrera.
- Dado que su deflexión es prácticamente nula, estos sistemas son una solución en las medianas de ancho reducido, puentes y muros de contención de suelos y túneles, donde sea necesario deflexiones mínimas.





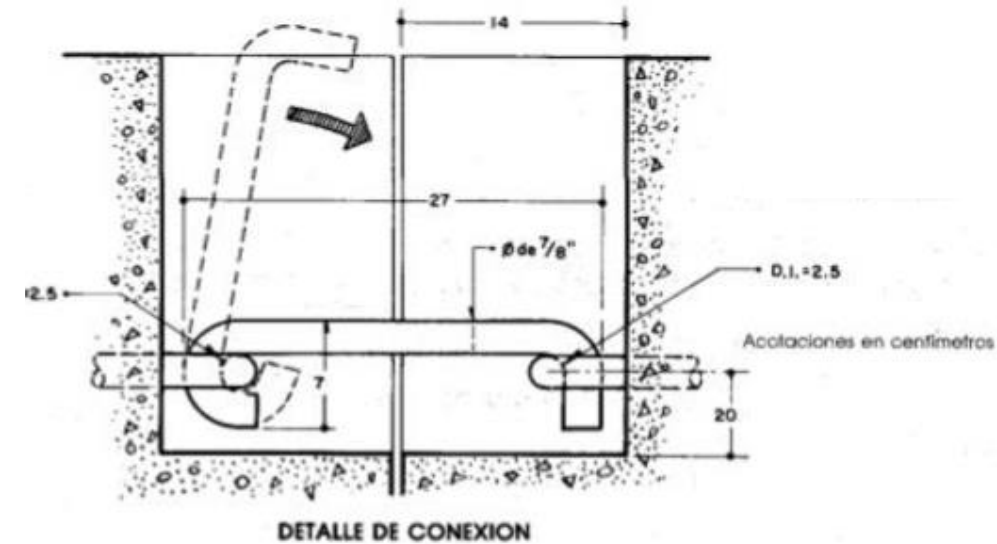
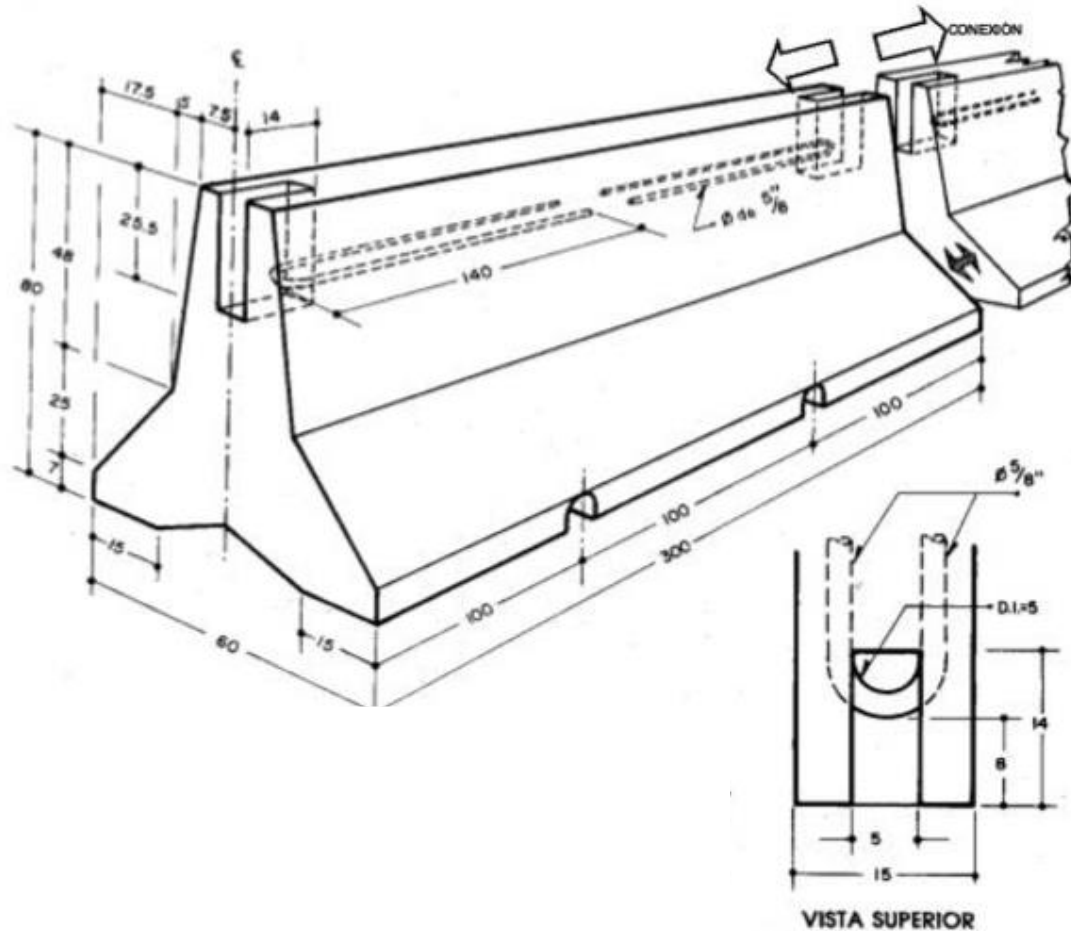
Barreras Rígidas

¿En qué se transforma la energía?

- Los sistemas rígidos fundamentan su funcionamiento en la absorción de la energía de choque por parte del sistema de suspensión del vehículo, y la elevación de éste, que utiliza las caras oblicuas de la viga como una rampa de gran pendiente.
- Pequeños desplazamientos del Sistema.
- Para que el sistema funcione las vigas deben estar arriostradas y las terminales deben ser las que hayan sido probadas y homologadas por el fabricante



Para que el Sistema funcione adecuadamente las vigas deben estar arriostradas entre sí









Barreras Semirrígidas

- Consisten generalmente en barreras metálicas formadas por:
 - Perfil metálico doble o triple onda
 - Poste de acero o madera
 - Pueden contar con un bloque separador de madera o plástico
- Los postes se empotran en el terreno y se espacian a distancias variables entre 0,9 m y 2,0 m, en función del grado de rigidez que se desee obtener.





Barreras Semirrígidas

¿En qué se transforma la energía?

- Controlan y redireccionan a los vehículos que los impactan, disipando la energía mediante la deformación de los postes y viga.
- Deflexiones del orden de 1,5 m a 2,5 m







Sistemas semirrígidos

Viendo el video se entiende lo importante que es respetar las indicaciones del fabricante en cuanto a los anclajes, garantizando que todo el **sistema funcione como un continuo**, por lo cual la instalación debe hacerse de acuerdo a lo establecido en las especificaciones técnicas definidas en los documentos de homologación de la barrera.

El sistema debe estar homologado, colocado adecuadamente, con todos sus bulones, la longitud adecuada, anclajes y terminales si así estuviera indicado.









Barreras Flexibles

- Sistemas con cables de acero montados sobre postes débiles, cuya única función es mantener la altura de los cables.
- El espaciamiento de los postes debe ser tal que permita mantener el elemento resistente a una altura constante. La instalación puede ser mediante hincado en terreno, o vainas prefabricadas. El anclaje del poste no es importante ya que colapsará sin oponer resistencia.



Barreras Flexibles

¿En qué se transforma la energía?

- Los Sistemas Flexibles son los que más se deforman al ser impactados, disipando así gran parte de la energía. La mayor parte de la energía del impacto es absorbida por el sistema a través del gran aumento de tensión en los cables y la deformación de los mismos.
- Esta deformación es elástica, por ello la tensión de los cables y la posición de los postes adyacentes no dañados proporcionan una parte sustancial de la resistencia lateral que contribuye al reencauzamiento de los vehículos al recuperar su forma después del impacto.
- Esta gran deformación posibilita una menor desaceleración que redundaría en menores daños para los ocupantes de los vehículos.
- Deflexiones entre 1,5 y 3,5 m



Los anclajes deben estar cuidadosamente ejecutados y respetando las indicaciones del fabricante











Mantenimiento

La **inspección periódica** de todas las partes de los Sistemas de Contención (Anclajes, bases, socavaciones, bulonería, altura de las vigas), y **el mantenimiento de los sistemas** es un requisito indispensable para que las Rutas conserven sus estándares de seguridad.





Evaluación de un Sistema de Contención

- **Estados Unidos**

- Manual de AASHTO NCHRP 350
- Manual de AASHTO para la Evaluación de los Dispositivos de Seguridad (MASH) Versión 2009 – Versión actualizada 2016

- **Unión Europea**

- EN 1317

Vialidad Nacional ha adoptado la norma europea con el concepto de que el parque vehicular argentino se asemeja más al europeo.



Norma Europea - EN1317

- Los tres criterios de aceptación para los sistemas contención son:
 - Nivel de contención: (N1, H2, H4b...).
 - Severidad del impacto (niveles A, B ó C).
 - Deformación del sistema (anchura de trabajo, W1a W8).





Nivel de contención:

Capacidad del sistema de retener al vehículo de forma controlada, sin que éste lo rebase, sin vuelcos, sin penetración en el vehículo y sin desprendimientos de partes esenciales.

Queda determinado por el ensayo de mayor gravedad que haya superado el sistema.

Todas las barreras de seguridad deben superar además los ensayos con vehículo ligero 900 kg (TB11).





Niveles de Ensayo

Queda definido por las condiciones de impacto:

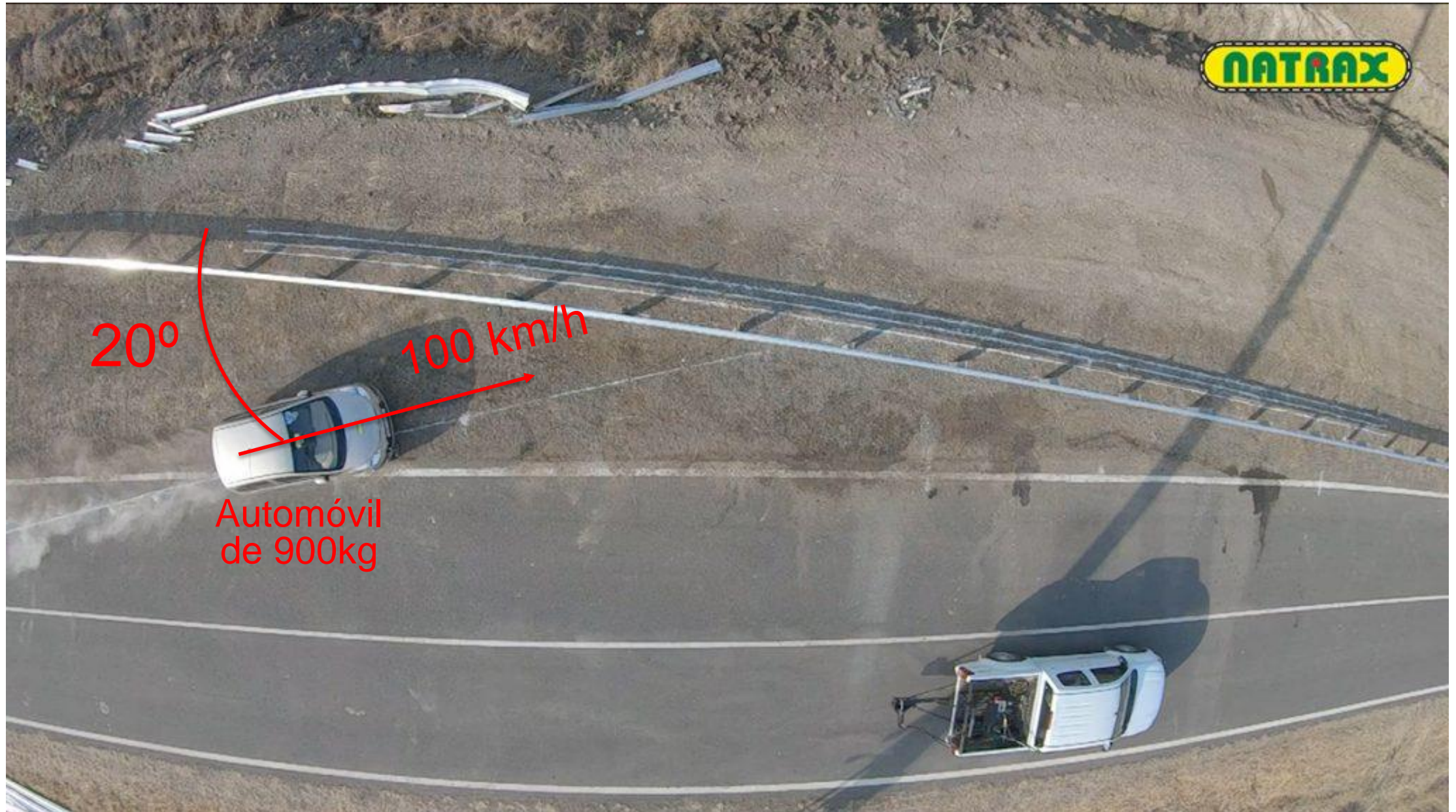
- Velocidad
- Ángulo de aproximación
- Tipo de vehículo de ensayo (desde un auto chico hasta un camión con acoplado totalmente cargado).



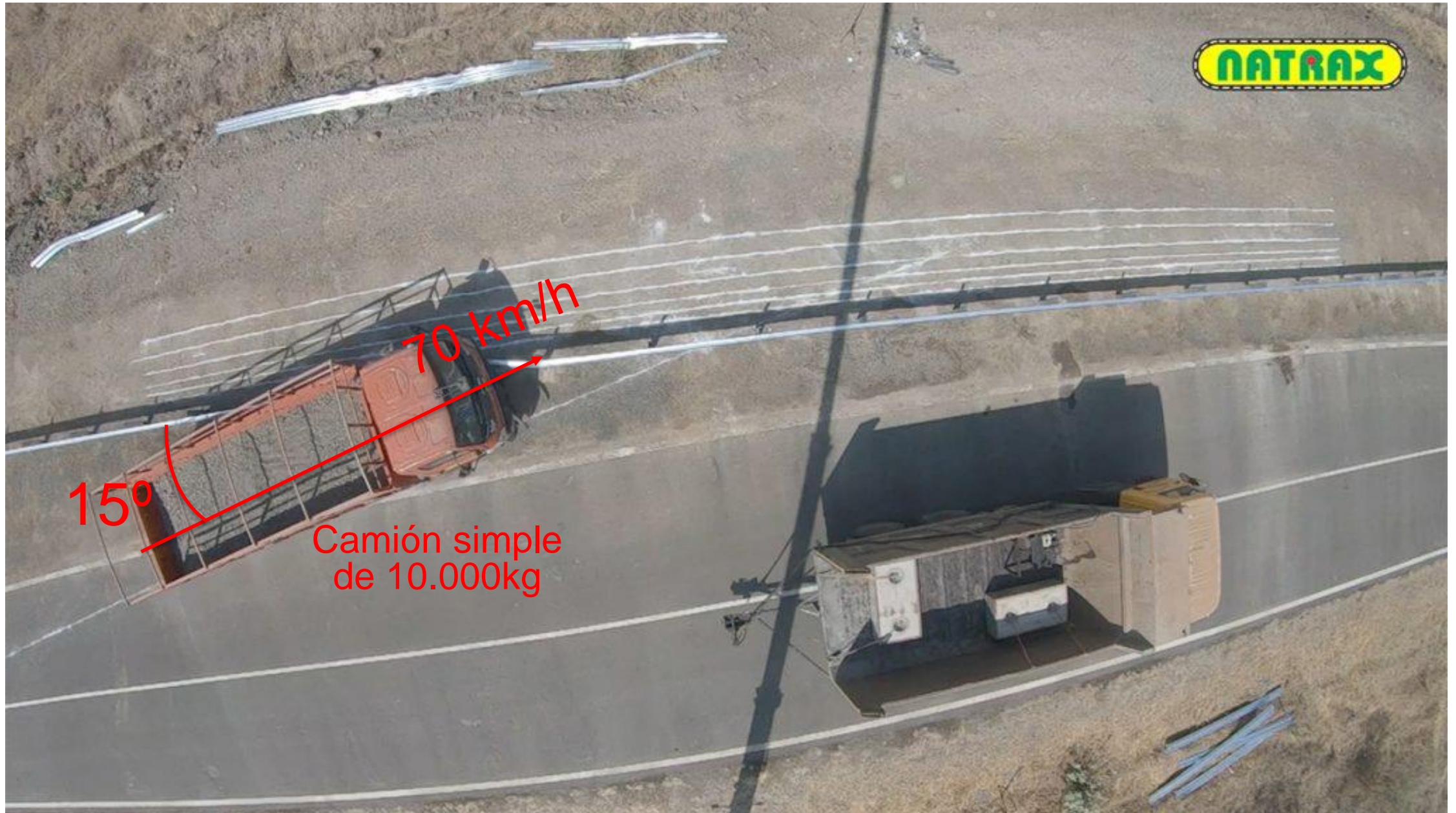
Condiciones de los Ensayos - EN1317

Ensayo	Velocidad de impacto (km/h)	Ángulo de impacto	Masa total del vehículo	Tipo de vehículo
TB 11	100	20	900	Turismo
TB 21	80	8	1.300	
TB 22	80	15	1.300	
TB 31	80	20	1.500	
TB 32	110	20	1.500	
TB 41	70	8	10.000	Vehículo pesado no articulado
TB 42	70	15	10.000	
TB 51	70	20	13.000	Autobús
TB 61	80	20	16.000	Vehículo pesado no articulado
TB 71	65	20	30.000	
TB 81	65	20	38.000	Vehículo pesado articulado

Ensayo TB11 – Vel:100km/h Angulo: 20° Masa vehículo: 900kg



Ensayo TB42 – Vel:70km/h Angulo: 15° Masa vehículo: 10.000kg





Niveles de Contención - EN1317

Niveles de contención			Ensayo de aceptación
Baja contención	T1		TB21
	T2		TB22
	T3		TB41 y TB21
Contención normal	N1		TB31
	N2		TB32 y TB11
Alta contención	H1		TB42 y TB11
		L1	TB42 ,TB32 y TB11
	H2		TB51 y TB11
		L2	TB51 y TB32 y TB11
	H3		TB61 y TB11
		L3	TB61 y TB32 y TB11
Muy alta contención	H4a		TB71 y TB11
	H4b		TB81 y TB11
	L4a		TB71 y TB32 y TB11
	L4b		TB81 y TB32 y TB11



Índice de Severidad

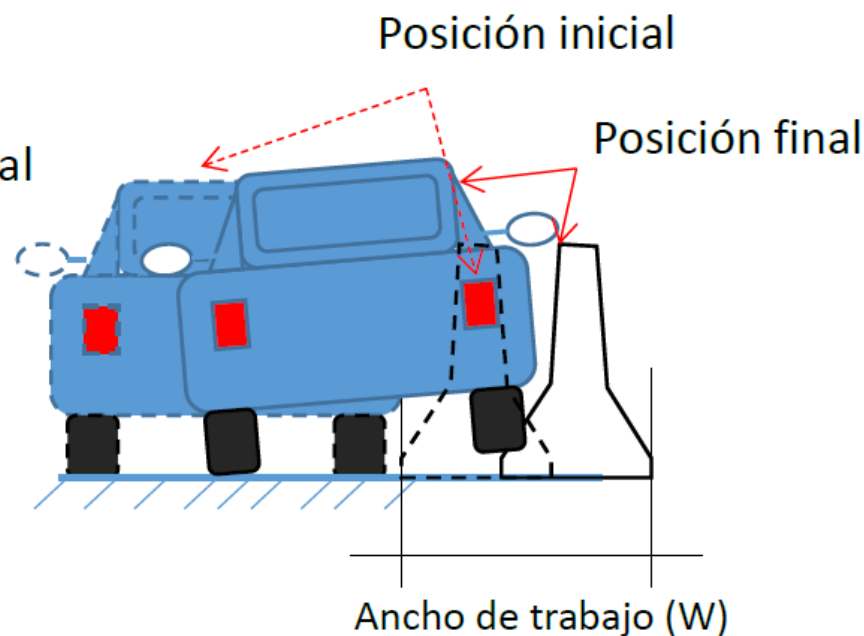
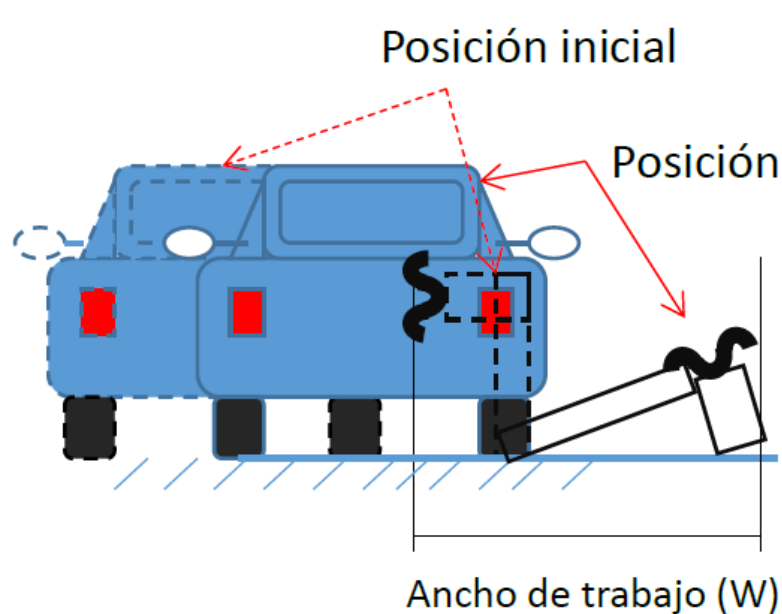
- ASI . Índice de severidad de la aceleración. Es el índice de **desaceleración de la cabeza** tras el choque. Está considerado el índice más importante del impacto con relación a los ocupantes.
- THIV . Velocidad teórica de choque de la cabeza. Describe la **velocidad teórica de la cabeza** del ocupante durante el impacto cuando el vehículo colisiona con un obstáculo.

Índice de Severidad

NIVEL DE SEVERIDAD DEL IMPACTO	ASI	TIHV
A	$\leq 1,0$	$\leq 33 \text{ km/h}$
B	$1,0 < \text{ASI} \leq 1,4$	
C	$1,4 < \text{ASI} \leq 1,9$	

Ancho de trabajo

Se define como ancho de trabajo (W) a la distancia entre la cara más cercana del sistema de contención al vehículo antes del impacto, y la posición lateral más alejada que alcanza durante el impacto cualquier parte esencial del conjunto del sistema de contención y el vehículo.



Anchos de trabajo

CLASES DE ANCHO DE TRABAJO	VALOR MÁXIMO DE WN (m)
W1	0,6
W2	0,8
W3	1,0
W4	1,3
W5	1,7
W6	2,1
W7	2,5
W8	3,5



¿Cuál sistema elegimos?

© 2023 Google

Google Earth g.ar



¿Cuál sistema elegimos?



¿Cuál sistema elegimos?



¿Cuál sistema elegimos?

¿Qué pasa en los otros países de la Región?



Brasil: Posee la NORMA BRASILEÑA ABNT NBR 15486 que se basa en el concepto de “Carretera que Perdona”, y acepta dispositivos ensayados de acuerdo a la Norma Europea o a la Americana.



Chile: El Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas de Chile establece que los sistemas de contención instalados en las vías chilenas deberán estar certificados de acuerdo a lo establecido en la norma EN 1317, informe NCHRP 350 u otra norma internacional que haya sido reconocida por la Dirección de Vialidad.



Colombia: Cada tipo de barrera longitudinal, barandas de puentes u otro sistema de contención vial, la establece el fabricante, de acuerdo con los prototipos ensayados a escala real de forma eficaz bajo la norma EN 1317 o la norma MASH. (Metodología para el diseño, selección e instalación de SCV- Resolución N° 20243040022485 de mayo de 2024)

Costa Rica: Posee el MANUAL “*Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*”, en la cual se aceptan dispositivos que superen los ensayos previstos en la Norma Europea o en la Norma Americana.



México

México: Establece en su Norma Oficial Mexicana NOM-037-SCT2-2020, las exigencias para las Barreras de protección en carreteras y vías urbanas, sustentada en la MASH 2009 y 2016 (Norma Americana).





Paraguay: Establece en su Manual Diseño de Carreteras que todo Sistema de Contención debe cumplir con la Norma Europea EN 1317 o con la Americana NCHRP 350



Perú: La normativa para sistemas de contención en rutas se basa en la Directiva N° 007-2008-MTC/02. Se aceptan dispositivos ensayados según la Norma EN 1317 y según la NCHRP 350 (Se permite el uso de MASH, pero recomienda evaluar su pertinencia).





Uruguay: Acepta sistemas verificados según la Norma EN1317 o según la MASH (2016)





Conclusiones y recomendaciones

- Muchos **países de la Región aceptan las normas Americanas y Europeas** por igual, esto da más opciones a empresas y fabricantes. Esta opción podría ser analizada en nuestro país.
- El proyecto de un camino debe incluir los Sistemas de Contención necesarios, con la mirada puesta en el concepto de **Sistema Seguro o Carreteras que perdonan**.
- Para todos aquellos tramos de red que **no tienen proyectos nuevos** se debería encarar un **programa progresivo de instalación de Sistemas de Contención homologados** priorizando los sectores de mayor riesgo.
- La instalación de los Sistemas de Contención debe respetar estrictamente lo definido por el fabricante y homologado de acuerdo a las normas, considerando además de la defensa en sí misma, **el terreno, las longitudes, los anclajes, las terminales y las transiciones**.
- La **inspección periódica y el mantenimiento oportuno** de los sistemas es un requisito indispensable para que las Rutas conserven sus estándares de seguridad.



¡¡Muchas gracias!!

¿Preguntas?

Ing. Adriana Garrido: garrido.adriana@gmail.com

Lic Sebastián Laflor: sebastian.laflor@averydennison.com

Lic. Mariano Barone: marianodbarone@gmail.com