

Conocimientos Básicos sobre  
Dispositivos de  
Contención de  
Vehículos

## Guía 4

# Barreras semirrígidas



Instalación de barrera semirrígida lateral al camino

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS

## Conocimientos Básicos sobre DCRV

### Contenidos

## GUÍA 4 Barreras Semirrígidas

INTRODUCCIÓN	3
ELEMENTOS COMPONENTES DEL SISTEMA	4
VIGAS	5
POSTES	7
SUELO DE FUNDACIÓN	10
BLOQUES SEPARADORES	13
VIGAS DE FRICCIÓN	15
SISTEMAS DE PROTECCIÓN PARA MOTOCICLISTAS	15
SISTEMAS SEMIRRÍGIDOS	17
SISTEMA VIGA BIONDA CON POSTE DÉBIL	17
SISTEMA DE VIGA CAJÓN	17
VIGA BIONDA BLOQUE SEPARADOR (POSTE FUERTE)	18
BARRERA DE MEDIANA VIGA BIONDA (POSTE FUERTE)	18
VIGA TRIONDA CON BLOQUE SEPARADOR Y POSTE FUERTE	19
VIGA TRIONDA CON BLOQUE SEPARADOR Y POSTE FUERTE MODIFICADA	19
SISTEMAS SEMIRRÍGIDOS ESTÉTICOS	20
BARRERA MIXTAS METAL-MADERA	21
BARRERA DE MADERA CON VIGA DE SECCIÓN RECTANGULAR	25
TERMINALES DE LAS BARRERAS SEMIRRÍGIDAS	26
CRITERIOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE LAS TERMINALES	27
SISTEMAS DE TERMINALES O EXTREMOS	30
EXTREMOS ABOCINADOS	30
TERMINALES ABATIDOS	30
TERMINALES ABOCINADOS Y ABATIDOS	31
TERMINALES ABOCINADOS Y EMPOTRADOS	31
TERMINALES COMERCIALES	32
ACTUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS EXISTENTES	38
BIBLIOGRAFÍA	40
ANTECEDENTES	40

**Víctor Arturo Garcete Martínez / Eduardo José Lavecchia**



Comisión de Seguridad Vial de la AAC  
MARZO 2015

## Introducción

En nuestro país, a partir de la década del '70, se da la masiva instalación de *“barandas de defensas o barreras viales”*. La transculturación e importación de dichas barreras desde los EEUU, junto con otras técnicas viales reconocidas originarias del suroeste norteamericano, impulsó la instalación de las mismas a lo largo de miles de kilómetros de las redes de carreteras nacional y provinciales.

Para el caso de las barreras semirrígidas metálicas, se analizarán en conjunto las barreras laterales y de mediana, para perfiles de viga de doble onda y triple onda, con sus respectivos terminales, entendiéndose genéricamente que se trata de barreras metálicas.

Es el objetivo de la Guía 4, dar lineamientos claros a quienes tienen la responsabilidad de seleccionar, diseñar, instalar y conservar este tipo de barreras, aportando toda aquella información técnica que optimice su funcionamiento, procurando que los distintos sistemas funcionen adecuadamente y no generen más conflictos que si no estuviesen.

No debemos olvidar que las barreras son objetos fijos al costado del camino, y en particular sus terminales que son puntos muy conflictivos, que han causado serios daños a los usuarios de nuestros caminos cuando no han sido diseñadas e instaladas debidamente.

## Elementos componentes del Sistema

Las barreras de tipo Flex Beam, se definen como un sistema de Contención y Redirección de vehículos, destinado a brindar protección a los usuarios, básicamente conformado por:

- Viga metálica doble o triple onda.
- Postes metálicos o de madera
- Suelo de Fundación
- Bloque separador de madera, de plástico o metálico
- Viga de Fricción

Estas barreras actúan separando la energía cinética del vehículo que la impacta en componentes en las tres direcciones:

- Vertical
- Paralela a la barrera
- Perpendicular a la barrera.

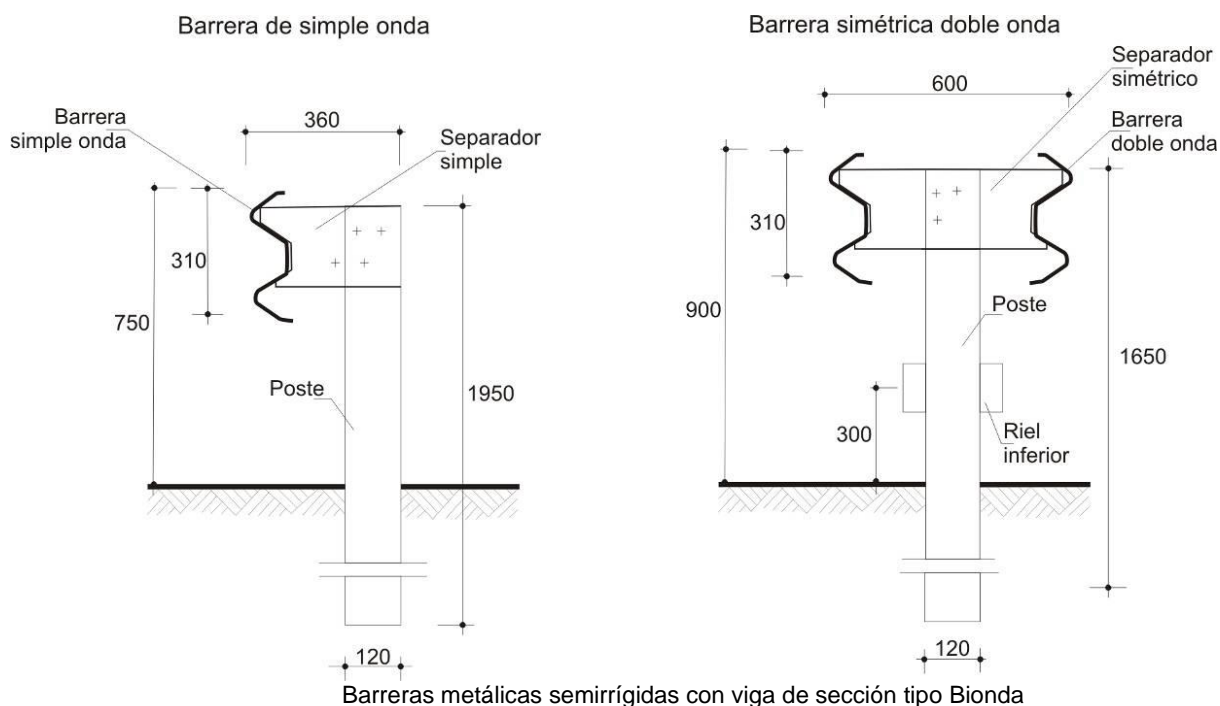


Para redirigir efectivamente al vehículo, las componentes vertical y horizontal deben reducirse o disiparse. Esta disipación de energía se realiza mediante la deformación y aplastamiento de varias partes del vehículo y de los componentes de la barrera, incluyendo el suelo.

Las secciones transversales de las barreras, responderán en función a su ubicación: laterales o de mediana.

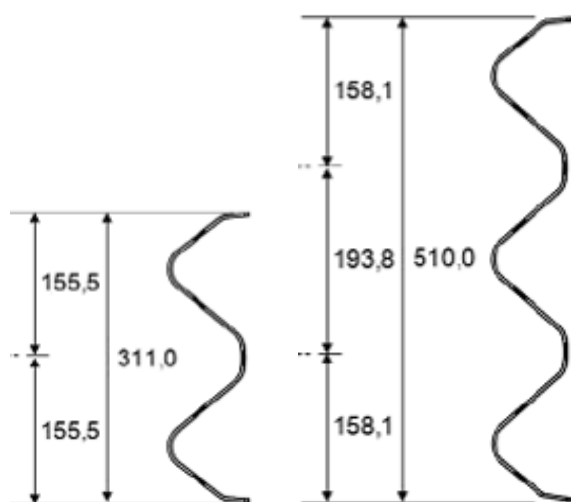
A diferencia de lo que tradicionalmente se ha visto en las defensas instaladas en nuestro país, la tendencia es la incorporación de un bloque separador entre las vigas y los postes. Los más comunes son tacos de madera con rebaje, de plástico reciclado o metálico de diferentes formas.

Para ser efectivas, estas barreras deben instalarse correctamente para permitir la absorción de energía, y en forma tal que el resultado final no sea más peligroso que un objeto fijo no protegido. Esto requiere atención al detalle del ensamble e instalación de todos los componentes de la barrera. Adecuadamente instaladas pueden ser efectivas en reducir la gravedad de los accidentes.

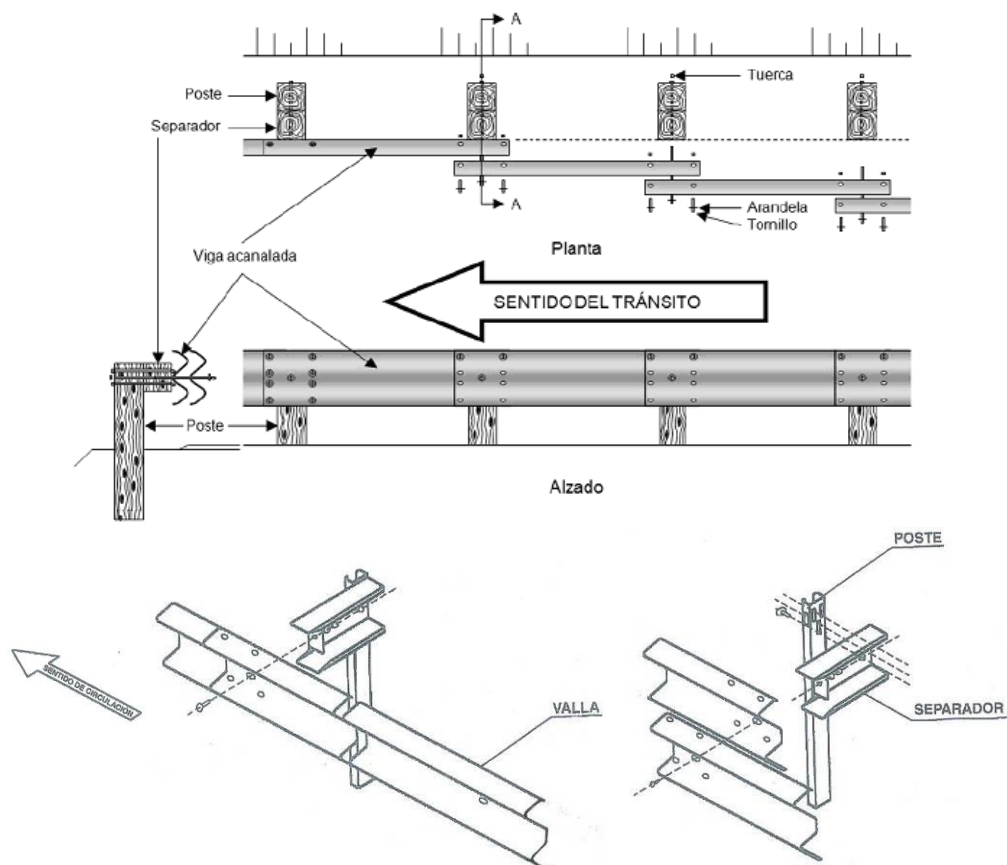


## Vigas

Son perfiles metálicos y están dispuestas horizontalmente; son las encargadas de contener y redireccionar un vehículo que ha perdido el control, debiendo absorber en forma controlada la mayor parte de la energía cinética del impacto del vehículo.

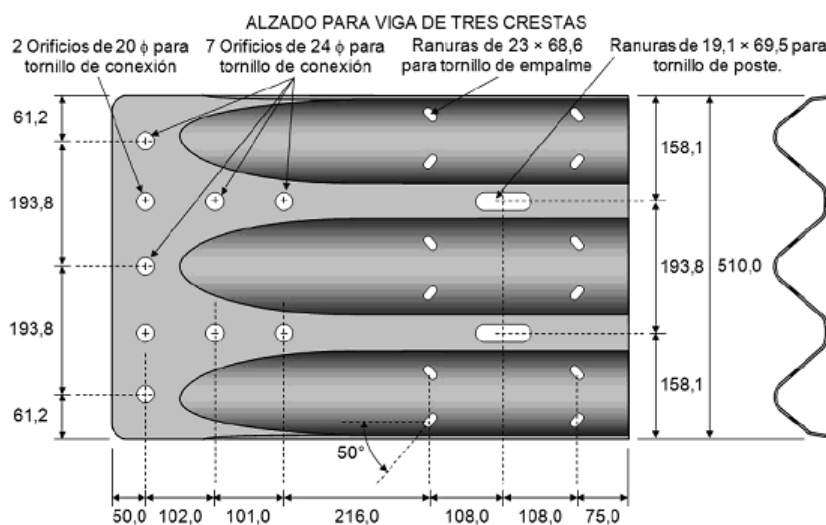
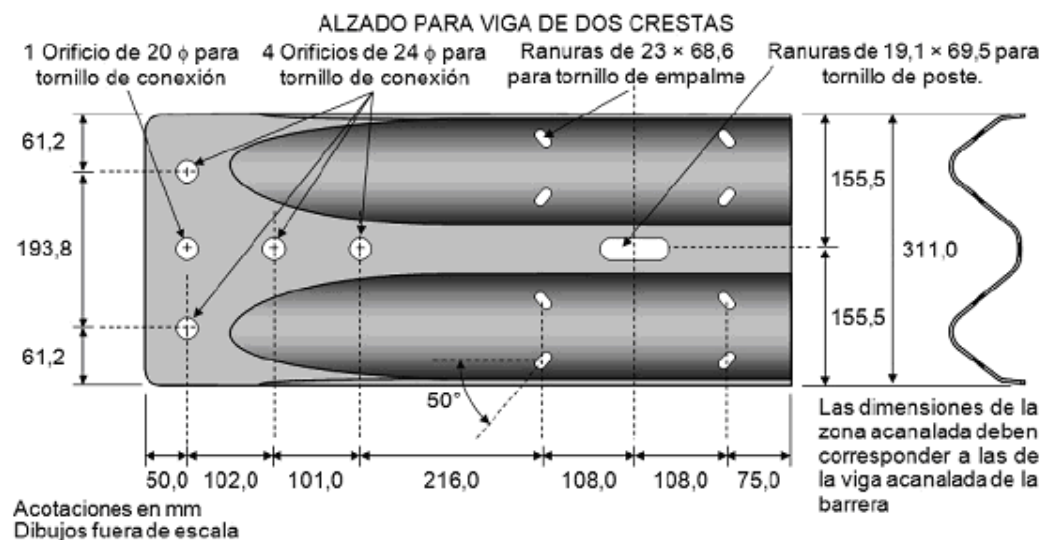


A los efectos de que las vigas posean continuidad estructural, y puedan responder a las pautas de diseño, deberán contar con conexiones adecuadas. Se deben utilizar 8 bulones para empalmar vigas de dos ondas o 12 para vigas de tres ondas.



Armado de los componentes del sistema de barreras metálicas semirrígidas en función a la dirección del tránsito

En las transiciones con elementos rígidos, como barreras de hormigón en puentes, se deben usar zapatas de conexión especiales, como las mostradas a continuación. Las fijaciones pueden ser pasantes, abulonadas por detrás de la barrera rígida y utilizando placas para una mejor distribución de las cargas, o utilizar conexiones con tornillos y resinas epoxi.



Zapatas de conexión para vigas acanaladas de acero de dos y tres ondas

## Postes

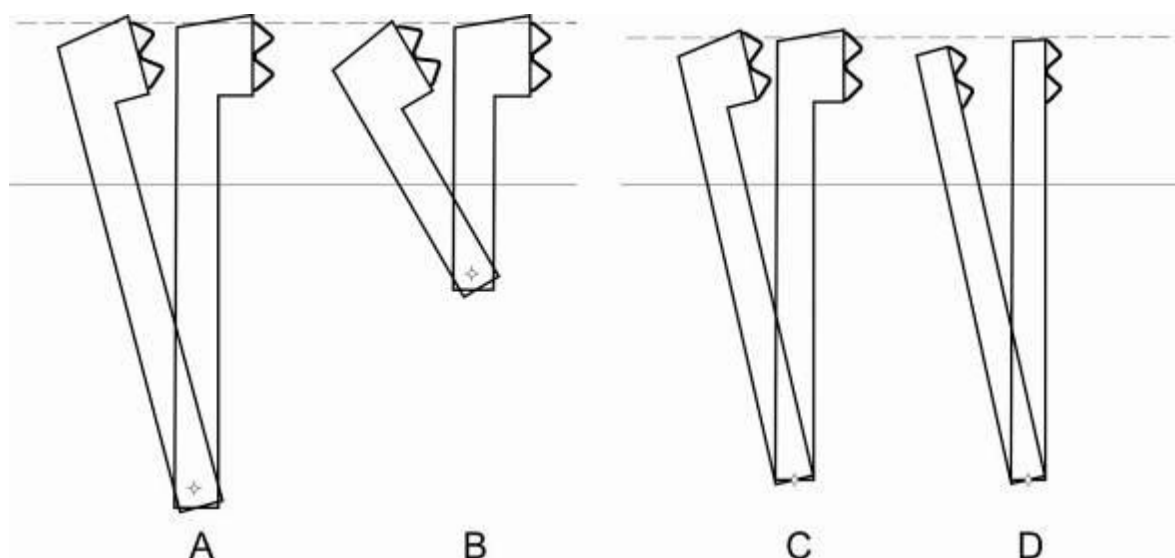
Es un perfil metálico generalmente tipo “U” hincado en el suelo, instalado con las alas hacia la parte opuesta a la direccionalidad del tránsito vehicular, cuya función principal es mantener en posición y a una altura determinada la viga de la barrera y transferir energía al suelo. Su participación en la disipación de la energía de impacto es mínima, deformándose e inclinándose para no transformarse en un obstáculo que enganche al vehículo permitiendo que la viga trabaje libremente.



Los postes deben tener la longitud requerida por el sistema, a efectos de asegurar la altura necesaria sobre el nivel de terreno y lograr un adecuado empotramiento en el suelo.

Durante un choque, los postes en la zona inmediata del punto de impacto son empujados en el extremo superior a la altura de la viga, lo que se traduce en una rotación alrededor de un punto que se encuentra en las proximidades del extremo enterrado del poste.

Si el empotramiento del poste es insuficiente, es decir postes más cortos de lo recomendado, el radio de rotación se reduce, por lo que a medida que las deflexiones se incrementan la altura de la barrera disminuye mucho más rápidamente, pudiendo ocurrir el traspaso del vehículo por sobre la barrera o el vuelco.



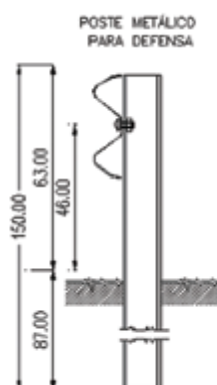
Rotación del poste con empotramiento deficiente y sin bloque separador

La longitud mínima recomendada para los postes de las barreras metálicas es de 1,80m. Las alturas de cada sistema y la longitud de los postes se indican en las gráficas respectivas.

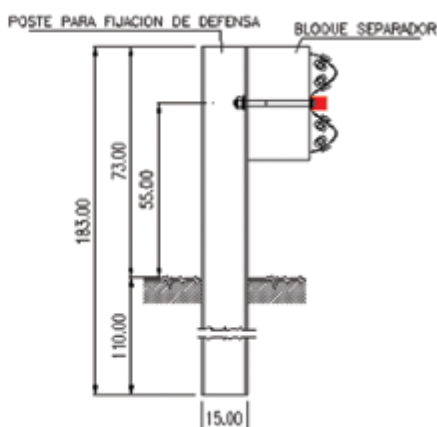
En la mayoría de la bibliografía y planos tipos internacionales se ha incrementado la altura de montaje de las vigas en relación al nivel de terreno natural, respecto de la normativa local. Esta situación y la incorporación del bloque separador son convenientes para evitar enganches de vehículos livianos y absorber mejor las eventuales choques de vehículos con el centro de gravedad más alto.



PLANO TIPO H-10237



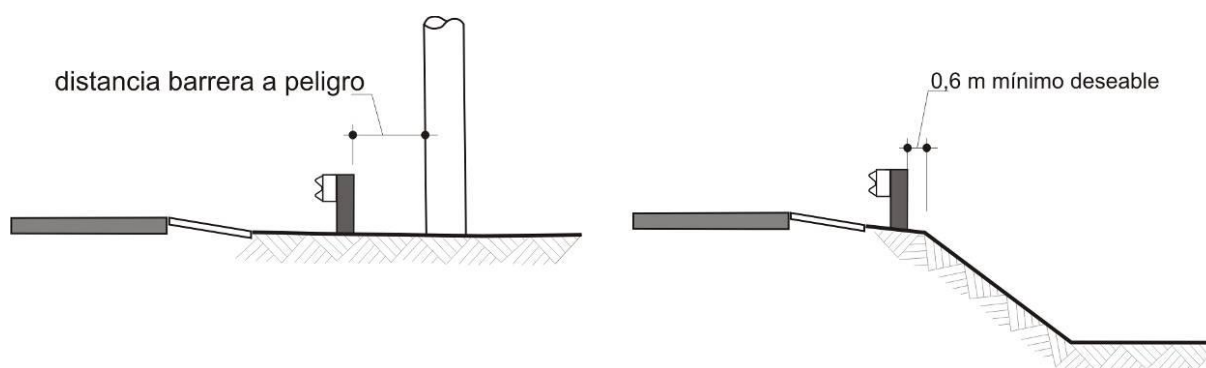
MEJORA PROPUESTA SGR-04c



Comparativa de altura entre el esquema planteado por la DNV y la AASHTO

También es de importancia la distancia lateral entre la barrera y el objeto fijo o situación peligrosa. Para el caso de los objetos fijos deberán cumplirse con las distancias de deflexión y/o anchos de trabajo, según corresponda, y cumpliendo con los niveles de prueba requeridos.

En general los sistemas semirrígidos pueden rigidizarse adicionalmente reduciendo la distancia entre postes, aumentando la longitud enterrada, agregando placas adosadas en el extremo enterrado, incorporando anclajes intermedios mediante cables y/o agregando vigas.



Distancia de la barrera al peligro

En el caso particular de los terraplenes, la distancia entre la parte posterior del poste y el quiebre banquina-talud debe ser tal que el empotramiento de los postes provea suficiente resistencia para que el sistema funcione adecuadamente; esta distancia como mínimo debería ser de 0,6m cuando la diferencia de nivel entre la banquina y el pie del talud es inferior a 1m.

Dado que la contención del vehículo se realiza sobre el talud, se permite en estos casos que la distancia de deflexión sea mayor que el espacio disponible detrás de la

barrera, sin embargo estos valores deben ser ajustados en función de la pendiente del talud y el tipo de suelo.

Se recomienda que la distancia entre el borde exterior de la banquina y la cara de la defensa sea de 0,5m como mínimo. En esta situación, el sobre-ancho de la banquina para instalar debería ser de 1,1m más el ancho del sistema elegido.

## Suelo de Fundación

El adecuado empotramiento de los postes y la calidad resistente del suelo son de suma importancia para el correcto funcionamiento de la barrera metálica, y su eficiencia estará seriamente comprometida si la resistencia lateral del suelo no es alcanzada. En general los terraplenes con compactación especial cumplen adecuadamente con el empotramiento requerido, mientras que en el caso de suelos naturales deberá verificarse su resistencia lateral.

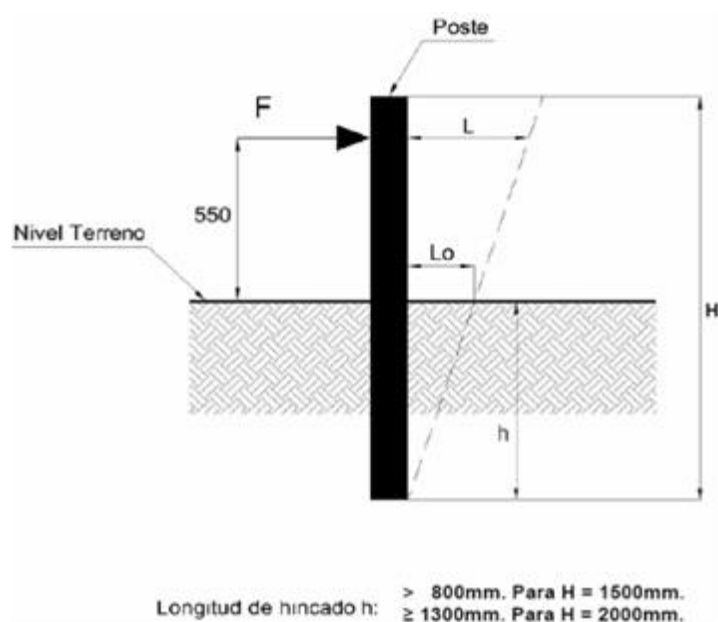
Para un mejor funcionamiento se recomienda el hincado de los postes en terraplén con compactación especial.

Cuando el suelo de fundación no sea apto para hincar los postes, ya sea por no cumplir con las pautas estructurales que impidan darle a los sistemas una adecuada respuesta estructural (suelo volátil o por el contrario rocoso), deberá ejecutarse una viga de hormigón con receptáculos conteniendo suelo natural compactado, a los efectos de otorgar el movimiento necesario a los postes.

Asimismo, cuando no se disponga del sobreancho de compactación mínimo indicado, el proyectista deberá evaluar una alternativa que ofrezca una resistencia adecuada del suelo de respaldo, y asegurar la concordancia entre espacio disponible y deflexión de la barrera. Una opción puede ser aumentar la profundidad de hinca y/o disminuir el espaciamiento entre postes.

Para comprobar que el suelo de fundación, a pesar de no cumplir con las características de un terraplén con compactación especial, presente las condiciones mínimas para el hincado de postes de barreras metálicas, se deberá realizar el siguiente ensayo in situ cada 250m o tramo de barrera si es menor.

- Sobre un poste hincado aislado, se aplica una fuerza paralela al terreno y perpendicular a la dirección de la circulación del tránsito adyacente, dirigida hacia el exterior de la vía.
- El punto de aplicación de la fuerza estará a 55cm de altura con respecto al nivel del terreno y se medirá el desplazamiento lateral de dicho punto y de la sección del poste a nivel de terreno. Esta fuerza se irá incrementando hasta que el desplazamiento lateral de dicho punto de aplicación de la fuerza alcance los 45cm.



- Se considerará que la resistencia del terreno es adecuada si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:
  - a) La fuerza que produce un desplazamiento “L” de su punto de aplicación igual a 25cm es superior a 8kN (aprox. 800kg fuerza)
  - b) Para un desplazamiento “L” del punto de aplicación de la fuerza igual a 45cm, en el poste “L<sub>0</sub>” deberá ser inferior a 15cm.

Si el suelo no cumple con lo indicado en el ensayo anterior, se verifica que no cuenta con la capacidad para fundar un poste de barrera metálica. En el caso de suelos de baja resistencia, la primera opción será el hincado de postes, reduciendo el espaciamiento (separación) de los postes a la mitad del diseño original y aumentando en 50% la longitud de éstos. Si durante la construcción se observa que no se alcanza el empotramiento adecuado se utilizará como segunda opción una viga de encadenado.

El refuerzo del suelo de fundación mediante la utilización de una viga de encadenado, se realizará de la siguiente manera:

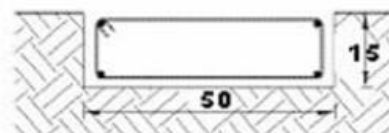
- Excavar una zanja de 50cm de ancho por 15cm de profundidad a lo largo de la línea de cimentación de los postes.
- Colocar en la zanja una armadura longitudinal constituida por 4 barras de acero de 12mm de diámetro, con estribos de 6mm de diámetro separados 50cm. de Acero ADN-420.

- Colocar encofrados tipo caja de 20cm de lado, en el eje de la excavación, y separados en una distancia igual a la separación entre postes, los que posteriormente se presentarán en este lugar.
- Hormigonar con H-21 la zanja excavada con excepción del interior de los encofrados con forma de cajas, dejando juntas de dilatación cada 12m.
- Se presentarán los postes y se rellenarán con arena los espacios entre la caja y los postes.

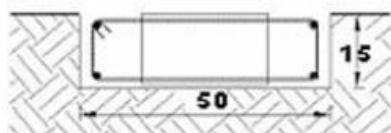
1.- EXCAVAR A LO LARGO DE LA LINEA DE CIMENTACION



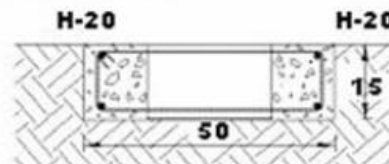
2.- INSTALAR LA ARMADURA



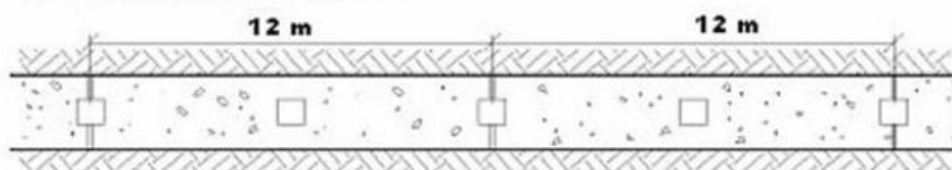
3.- CAJA DE 20 X 20



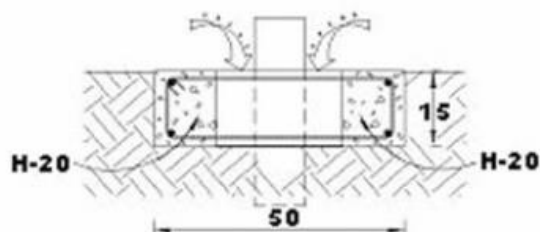
4.- RELLENAR CON HORMIGON



5.- JUNTA DE HORMIGON CADA 12



6.- RELLENO CON ARENA



Detalle de viga de encadenado para terrenos de baja resistencia

Para el caso de emplazamiento en estructuras se deberá primero analizar la suficiencia estructural y después diseñar el sistema adecuado para la sujeción de los postes.

Para obras nuevas, se recomienda dejar pernos o barras de anclaje, soldados a la armadura o con patas, para sujetar una platina. La forma más común de unir la platina con el poste es por soldadura, pero puede dañar la unión platina-estructura.

Se recomienda el empleo de sistemas que tengan algún mecanismo fusible en el que no se dañe la estructura ni el mecanismo de anclaje.

En estructuras existentes, si la losa tiene un espesor mayor que 0,25m, se recomienda el anclaje químico a la losa. Si la losa tiene un espesor menor que 0,25m, se recomienda efectuar perforaciones pasantes y colocar pernos ajustados a una platina en la parte inferior de la losa. En la Parte VII sobre Barreras para Puentes, se detallan los tratamientos a aplicar en estos casos.

## Bloques separadores

El separador es un elemento intermedio que se incorpora entre la barrera y el poste, con la finalidad original 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 incidente, incluso cuando el poste se va inclinando.

En los primeros sistemas las vigas se atornillaban directamente a los postes. En servicio y en los ensayos con vehículos livianos de centro de gravedad más alto se observó que las ruedas se enganchaban con los postes produciendo giros y cambios de dirección inesperados (snagging).



La incorporación de los bloques en las pruebas de choque y el análisis del proceso del choque, develaron otros beneficios significativos. En el ensayo el vehículo empuja al poste lateralmente en principio alejándolo de la rueda reduciendo la

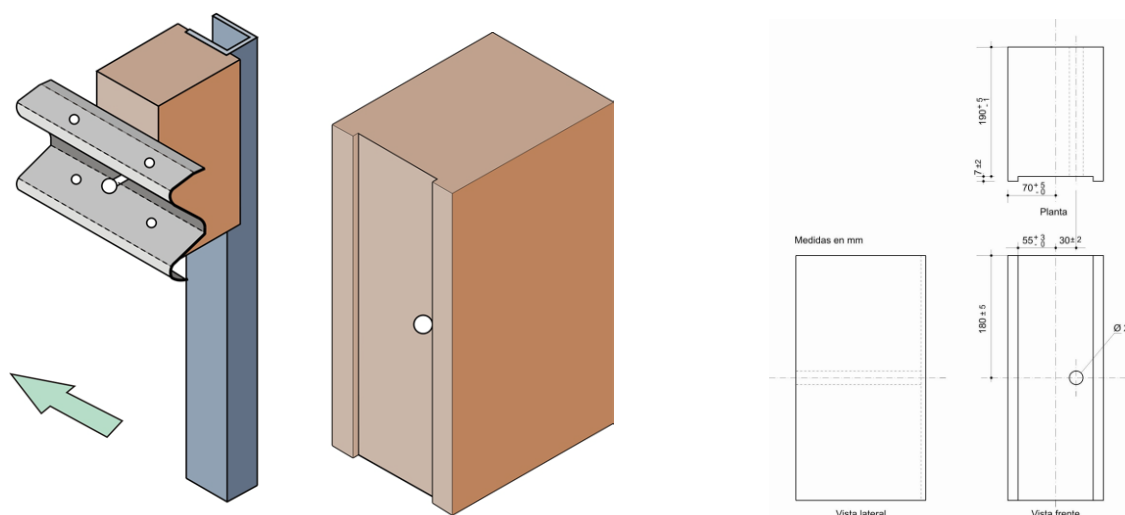


posibilidad de enganche. Al contar con el bloque separador, el poste se vuelca más rápidamente alcanzando antes la resistencia lateral del suelo mientras entra en carga axial. Simultáneamente la sección de la viga se mantiene vertical y aproximadamente a la altura inicial en coincidencia con el centro de gravedad del vehículo lo que reduce el balanceo.

Durante la deflexión inicial la altura de la viga inclusive se eleva un poco, ayudando así a evitar que el vehículo pase o vuelque por arriba de la barrera. Por contraste, la altura de la viga sin bloque separador disminuye rápidamente durante la rotación del poste, disminuyendo la efectividad de las fuerzas de contención de la barrera, lo cual puede resultar que la viga actúe como una rampa antes de que tenga oportunidad de comenzar a resistir axialmente.

El Memorando de la FHWA, Carta de Aceptación B-64: NCHRP Report 350 Barreras Laterales y de mediana de Uso Público, del 14 de febrero de 2000, sobre describe:

- Niveles de prueba para distintos sistemas de protección.
- Dimensiones del Bloque separador de madera con guía acanalada para barrera de viga-W y poste fuerte de acero.



Detalles de ensamblaje y separador de madera para poste de acero

Los bloques pueden estar fabricados en chapa metálica conformada, madera o plástico extruido con la forma indicada en el reporte de la FHWA; son de bajo costo y su inclusión puede elevar un sistema desde TL-2 hasta TL-3. En el caso de los

bloques de plástico reciclado el proveedor debe poder asegurar la durabilidad del elemento.

En el mercado internacional existen varios tipos de separadores metálicos que han sido ensayados y pasaron los requerimientos. Listados actualizados pueden encontrarse en la página [www.fhwa.org](http://www.fhwa.org)

## Vigas de fricción

Para aumentar la rigidez del sistema y/o para reducir el enganche de las ruedas de los vehículos pequeños con los postes de la barrera, otra opción es utilizar **vigas de fricción**. Se agrega un riel inferior tipo perfil metálico “C”, ubicado longitudinalmente, paralelo a la barrera y a 0,3m del suelo.

## Sistemas de protección para motociclistas

En los países europeos, especialmente en España e Italia, se ha impulsado desde hace ya varios años, la incorporación de un chapón inferior tipo “pollera” el cual es deformable y permite evitar que los motociclistas al rodar se lesionen contra los postes que sostienen a las vigas.







En carreteras interurbanas y periurbanas con limitación de velocidad permitida superior a 60km/h, los criterios a tener en cuenta para el empleo de los sistemas de protección de motociclistas, serán los siguientes:

a) Estará justificado el empleo de estos sistemas de tipo continuo, siempre y cuando se haya establecido la necesidad de una barrera de contención vehicular y simultáneamente se den las siguientes configuraciones:

En carreteras con calzadas separadas:

- En el lado exterior de las alineaciones curvas de radio inferior a 400m.
- En las salidas desde las calzadas principales, cuando el carril de deceleración sea de tipo directo, en el margen izquierdo del ramal de salida a lo largo del desarrollo de la alineación curva.
- En el lado exterior de las alineaciones curvas en las que la velocidad específica sea inferior en más de 30km/h a la de la alineación inmediatamente anterior.

En carreteras de calzada única con banquina mayor o igual a 1,5m:

- En el lado exterior de las alineaciones curvas de radio inferior a 250m.
- En el lado exterior de las alineaciones curvas en las que la velocidad específica sea inferior en más de 30km/h a la de la alineación inmediatamente anterior.

En carreteras de calzada única con banquina menor de 1,5m:

- En el lado exterior de las alineaciones curvas en las que la velocidad específica sea inferior en más de 30km/h a la de la alineación inmediatamente anterior.

b) Con carácter excepcional y siempre que se justifique por cuestiones relativas a la operación de la carretera o derivadas de una alta accidentalidad, con limitación de velocidad permitida inferior a 60km/h y configuraciones semejantes a las indicadas en los párrafos anteriores, podrá emplearse un sistema de protección de motociclistas de tipo continuo.

## Sistemas Semirrígidos

La elección del Sistema dependerá exclusivamente del nivel de contención previsto en función del riesgo esperado y del ancho de trabajo disponible.

### Sistema viga Bionda con poste débil

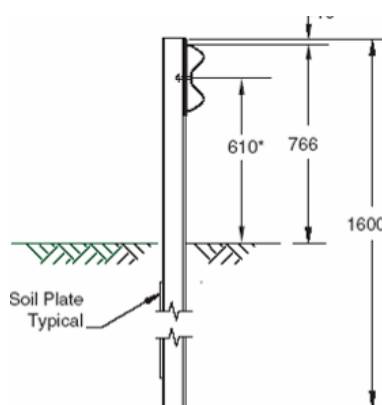
El sistema es muy sensible a la altura de montaje, por lo que no debe usarse donde el terreno sea irregular. Son recomendables para terrenos planos, sin cordones o cunetas que puedan modificar la trayectoria del vehículo. Existe una tendencia en USA a elevar la altura de montaje de la viga, en algunos Estados se ha adoptado una altura al eje de la viga de 2 pies y 1 pulgada (0,635m). La deflexión de diseño varía desde 1,5m a 2,1m.



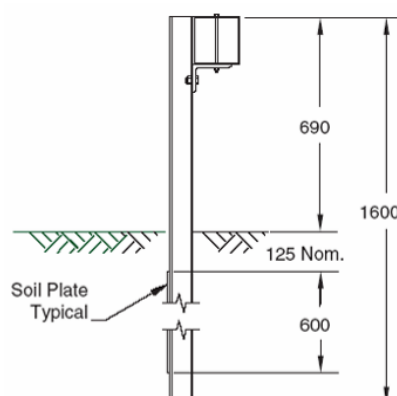
Nivel de prueba T-L 2

### Sistema de viga cajón

Este tipo de barreras es semirrígida y su distancia de deflexión lateral es de 1,7m aproximadamente. Son válidas las recomendaciones hechas para el sistema Bionda con poste débil.



Nivel de prueba: TL-2, TL-3



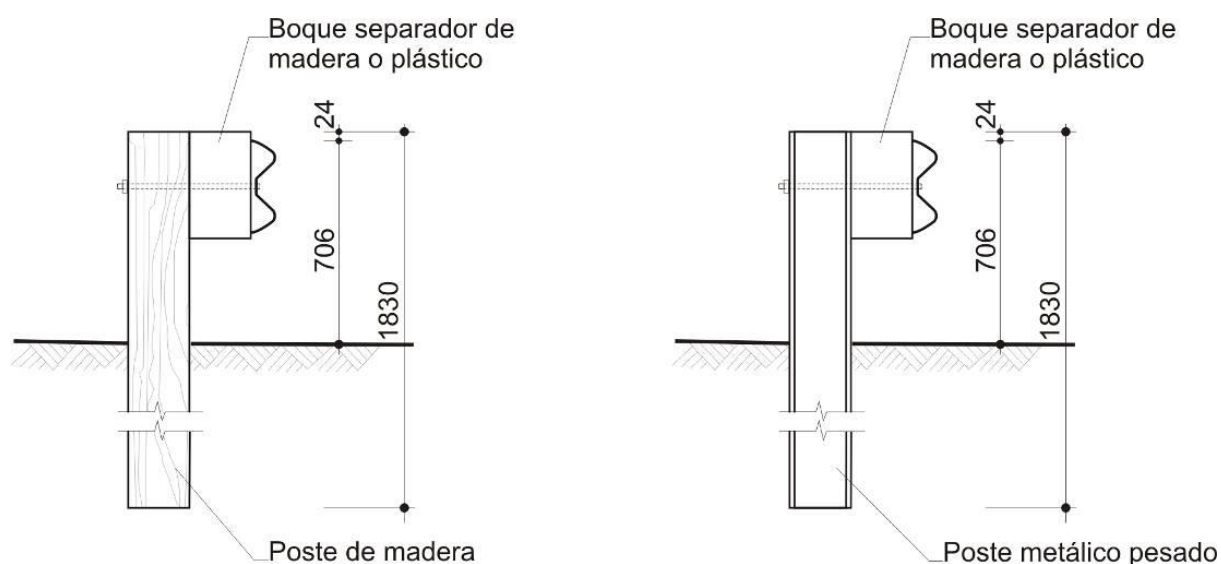
Viga cajón 27" TL-2

## Viga-Bionda con Bloque Separador (Poste Fuerte)

Son sistemas semirrígidos con una deflexión lateral del orden de 0,90m.

Incorpora un elemento, bloque separador, entre la viga y el poste para reducir la posibilidad de enganche de la rueda de los vehículos. Puede ser de plástico, madera o acero. Se deberá elegir bloque separadores aprobados para asegurar el nivel de contención.

Para mejorar la capacidad de contención de vehículos de mayor porte, aunque no han sido probadas, suelen diseñarse con alturas totales de hasta 0,76m que se encuentran con una tolerancia de 0,08m para este tipo de barreras. Para minimizar el enganche de las ruedas por la mayor altura, se agrega una viga de fricción tipo perfil “C”.



Barrera viga W con bloque separador y poste pesado

Poste de madera dura: 150 mm x 200 mm

Poste metálico pesado

Espaciamiento entre postes: 1905 mm

Tipo de viga: Viga W, calibre 12

Máxima deflexión dinámica: aproximadamente 0.9m

Son aceptables postes de 1625 mm de longitud y de 200 x 200 mm de escuadría.

El espaciamiento entre postes de 2 m de la viga W tiene las perforaciones a esa separación.

## Barrera para mediana viga Bionda (Poste Fuerte)

Para el caso de medianas la rigidez por la viga adicional reduce la deflexión a valores entre 0,60-1,20m y son utilizados en medianas de aproximadamente 3,00m o más de ancho.

La altura de montaje normal de la baranda es de 0,70m. Sin embargo, en algunos lugares los proyectistas especificaron 0,76m en un intento por mejorar la contención de vehículos grandes. Esta altura de montaje es mayor que su contraparte de barrera longitudinal.

Este diseño más alto no se testeó, pero cae en la tolerancia generalmente aceptada de 0,08m desde la altura nominal para una baranda de defensa de viga Bionda y poste fuerte.

Para minimizar los problemas de enganche del poste con las mayores alturas de montaje, a veces se agrega una baranda de fricción separada.

También se agrega una baranda de fricción cuando la viga Bionda se ubica detrás de un cordón, típicamente en las aproximaciones a la estructura.

Estas barreras, al ser más rígidas causan mayores efectos de desaceleración sobre los vehículos que las impactan y sus ocupantes, que los sistemas flexibles, pero usualmente no requieren inmediata reparación para mantenerse funcionales, excepto después de impactos muy fuertes.



Barrera dobles faz con vigas doble y triple onda con separadores para mediana

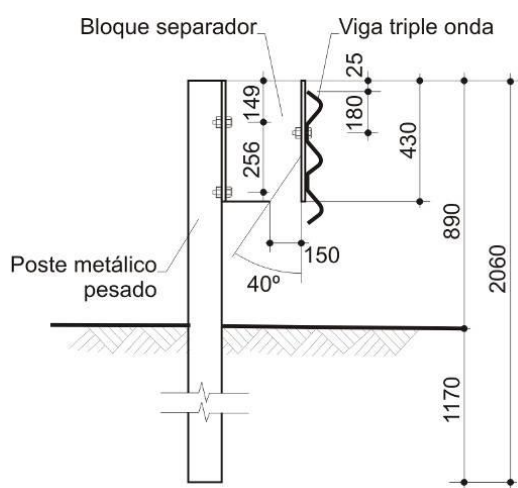
### **Viga Trionda con bloque separador y poste fuerte**

Este sistema NCHRP Report 350, TL-3 es casi igual a la barrera de viga Bionda con bloque separador, pero es capaz de admitir un rango mayor de tamaños de vehículos por su mayor altura de la viga. El pliegue adicional y la mayor sección aumentan la rigidez del sistema. Los postes pueden ser de madera o acero con bloques separadores de madera o plástico reciclado aprobado. El uso de la viga trionda también elimina la necesidad de una baranda de fricción separada. Su deflexión de diseño está en el rango de 0,30 a 0,90m, y su altura de montaje típica es de 0,81m.

### **Viga Trionda con bloque separador y poste fuerte modificada**

El uso de bloques separadores en barreras laterales de viga trionda y poste fuerte, puede mejorar significativamente el desempeño de la barrera.

La modificación consiste en cambiar el bloque separador común por un perfil especial con un corte triangular en su parte inferior. Este corte permite que el perfil trionda se doble durante una colisión, manteniendo una superficie de contacto vertical durante mayor tiempo cuando el poste y el bloque separador se inclinan hacia atrás en choques fuertes. Cumplen con nivel de contención TL-4 y la deflexión esperada es de 0,96m. Para el caso de barreras en mediana, la deflexión esperada es de 0,30m a 0,90m y cumplen con un nivel de prueba TL-5.



Barrera triple onda modificada

Tipo de poste: poste metálico pesado o de madera dura de 150 x 200 mm.

Separación entre postes: 1905 mm.

Tipo de viga: viga triple onda calibre 12.

Máxima deflexión dinámica: aproximadamente 0.9 m para 9000 kg colectivo escolar (90 km/hr, 15° de ángulo de impacto)

El espaciamiento entre postes de 2 m de la viga tiene las perforaciones a esa separación.

## Sistemas Semirrígidos estéticos

Están desarrollados en madera y acero. Son sistemas que se utilizan en parques nacionales y zonas protegidas para mitigar el impacto visual o realzar la belleza del paisaje, en tramos de baja velocidad.

Los elementos metálicos, en especial la viga longitudinal, son los encargados de resistir los esfuerzos de tracción al momento del impacto y de dar continuidad al sistema. Los esfuerzos de flexión son tomados en conjunto entre la viga de madera y el refuerzo metálico.

Se aprecia en las imágenes, cómo se integran al paisaje, constituyéndose en ámbitos protegidos, una buena opción para evitar impactos ambientales severos.





En general son de dos tipos, la viga rectangular de madera con un respaldo posterior de una chapa de acero, y la de tronco de madera con respaldo de perfil metálico tipo “C”. En ambos casos los postes son de madera. El sistema viga rectangular cumple con nivel de contención TL3, mientras que los de troncos de madera de origen europeo cumplen con nivel de contención N2 o H2 según su conformación.

### **Barreras mixtas metal-madera**

Es una barrera certificada según normas europeas. La madera empleada es pino con un diámetro de 18cm y una longitud 2,00m, reforzada con un perfil de acero en “U” en la parte posterior.

Utiliza las propiedades estéticas y mecánicas de frenado y amortiguación de la madera, combinadas con la capacidad de contención del acero.

La duplicación del número de soportes permite reducir el ancho de trabajo, para ámbitos reducidos.

Para evitar desprendimientos de trozos de madera durante el choque se atornilla la viga de madera a la viga de acero a intervalos regulares

Características principales de los elementos componentes:

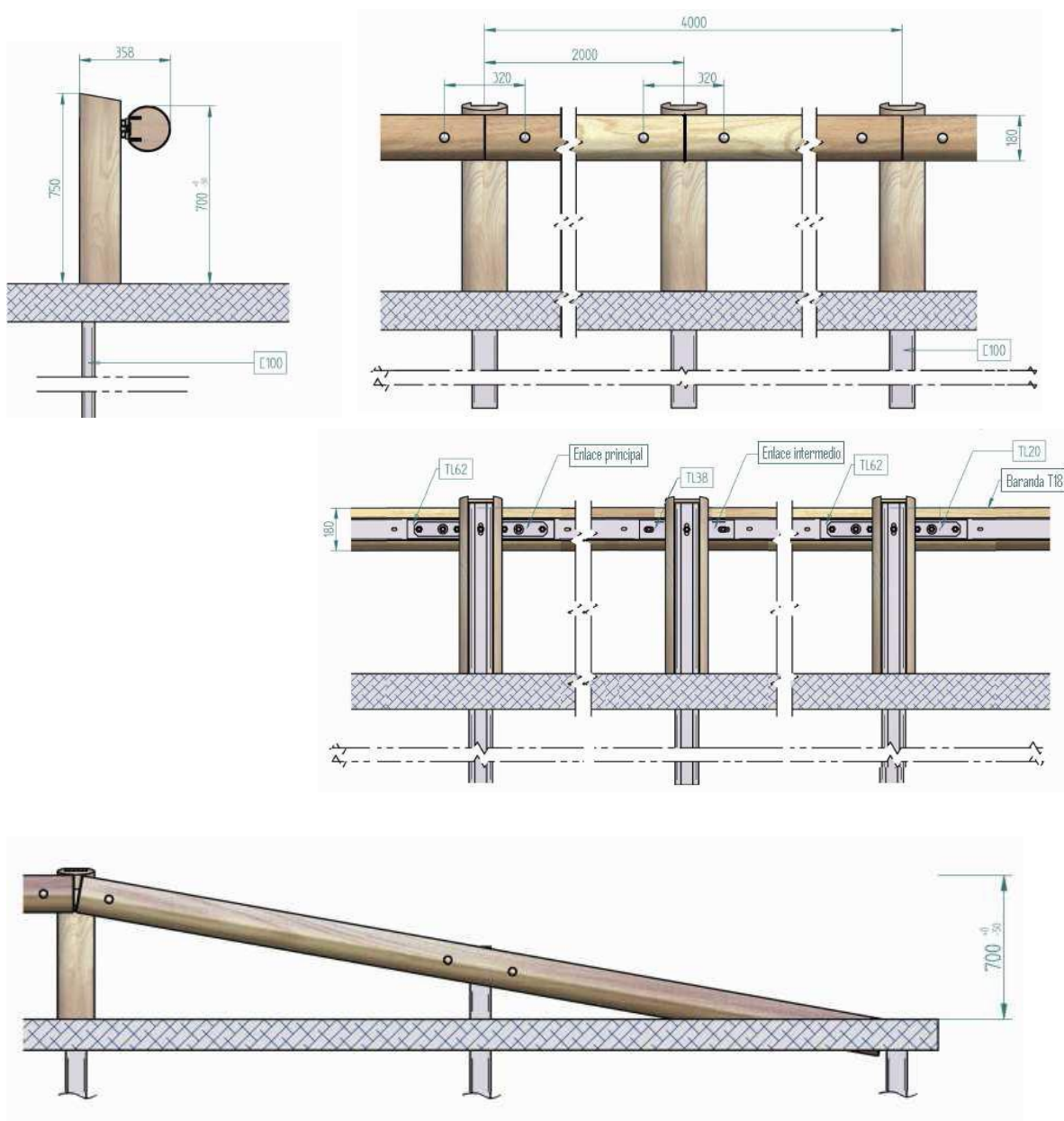
- Longitud de las vigas: 2,00m.
- Postes: cada 2,00m.
- Altura : 0,70cm (en relación a la cota superior de la baranda)

- Ancho de trabajo :  $W5 = 1,70\text{m}$

Según el nivel de contención requerido, se puede usar:

Modelo T18 2M: Nivel de contención N2, ancho de trabajo  $W5$  (1,70m)

Modelo T40 2M: Nivel de contención H2, ancho de trabajo  $W4$  (1,20m)



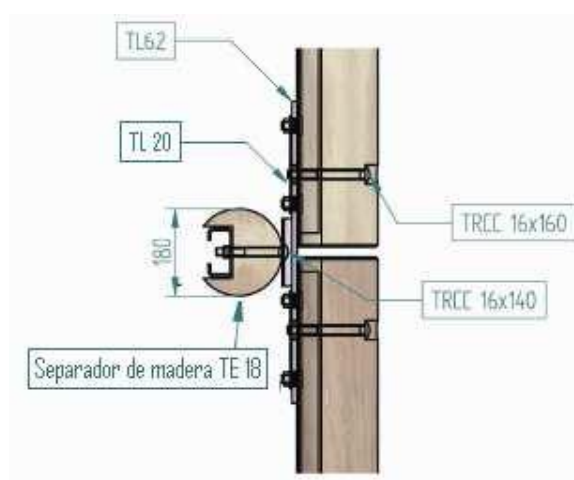
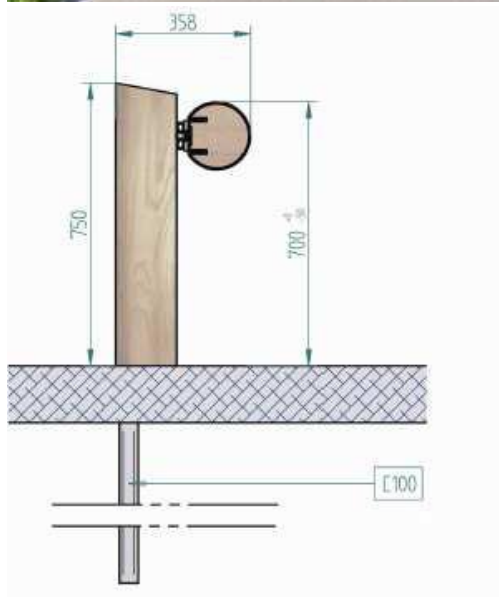
**Abatido de inicio:** Longitud 8 m, con postes cada 2 m.

**Abatido de término:** Longitud 4 m, con postes cada 2m.

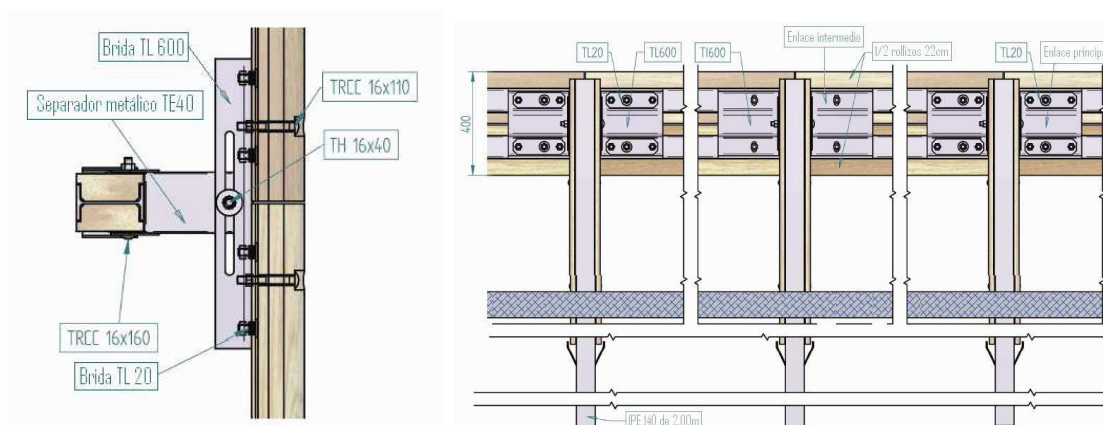




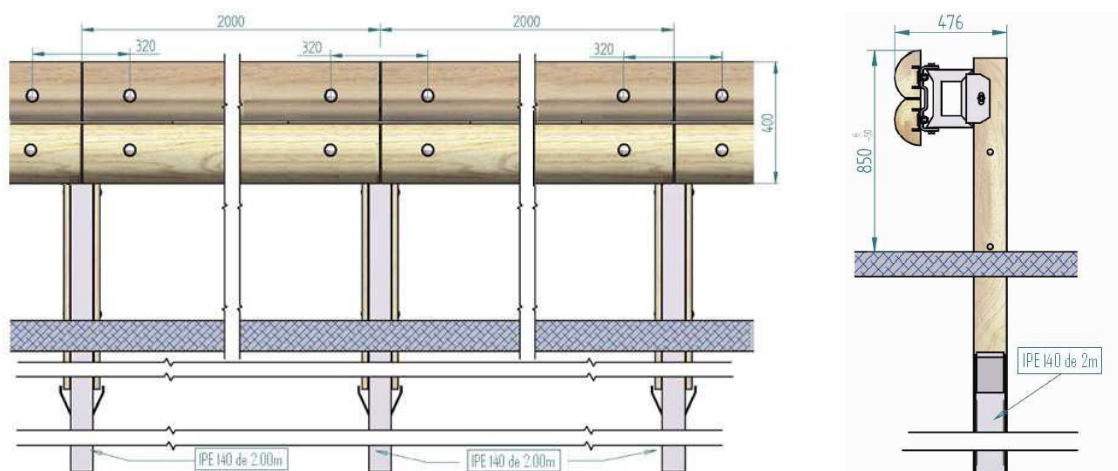
Transición elementos metálicos



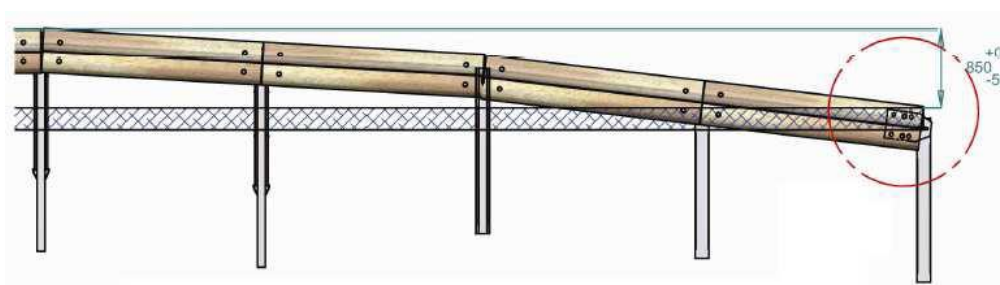
Postes sostén con refuerzos metálicos



Vista posterior



Vista frontal



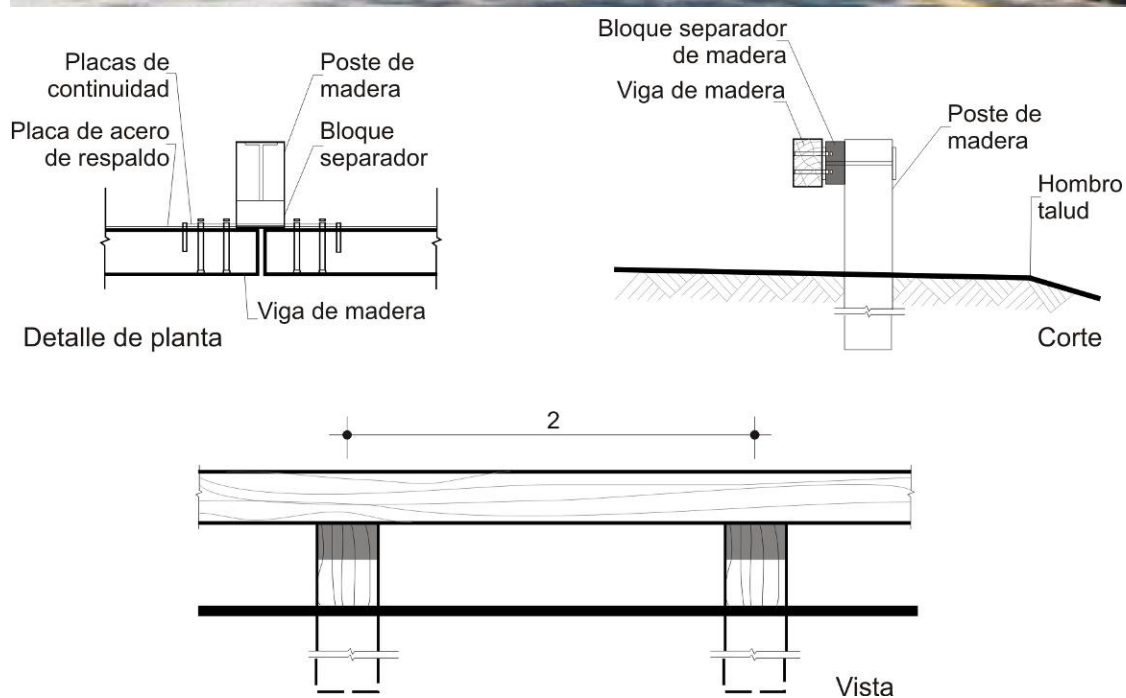
Transición elementos metálicos



Abatido de inicio y término: Longitud 8m, con postes cada 2m

### Barrera de madera con viga de sección rectangular

El sistema viga rectangular cumple con nivel de contención TL3.





## Terminales de las barreras semirrígidas

De un choque de un vehículo contra un extremo de barrera no tratado, o un objeto fijo, resultarán serias consecuencias para los ocupantes porque los vehículos se detienen abruptamente. Los impactos con barreras sin tratamiento adecuados son considerados muy graves, porque los extremos tienen una sección transversal pequeña y rígida que fácilmente puede penetrar el habitáculo de un vehículo durante el choque o causar inestabilidad con probabilidades de vuelco.

Los tratamientos de extremos o terminales se recomiendan especialmente para los extremos de una barrera lateral donde el tránsito circula de un solo lado de la barrera y en la dirección que se analiza.

Para que una terminal se comporte adecuadamente, no deberá penetrar al vehículo, volcarlo ó hacerlo rodar cuando es impactada.

La terminal de una defensa metálica que sea impactada deberá funcionar como un amortiguador, reduciendo la velocidad del vehículo que haya impactado la terminal sin producir elevación, rodadura, penetración o inclinación.

Por muchos años, la solución propuesta en los extremos, fueron las terminales tipo “Cola de Pez” y la “Cuchara” que en su momento fueron diseñadas para distribuir el impacto a través de una amplia sección del vehículo. Si bien esas terminales fueron una mejora con respecto a las terminales anteriores, los choques que se fueron produciendo en todos estos años, han estado contribuyendo a elevar la tasa de morbilidad en caminos alrededor del Mundo.

Es muy común que los proyectistas de caminos tomen ejemplos de proyectos anteriores y utilicen los mismos dibujos y planos tipos para los nuevos proyectos, muchas veces con consecuencias fatales para los usuarios de las carreteras.

El Subcomité sobre Diseño Seguro al Costado de la Carretera en Actividades Internacionales de Investigación del TRB ha declarado que aquellos tipos de terminales de defensas metálicas, obsoletas e ineficaces, debidamente demostradas no deben ser utilizados en los caminos.

Las terminales tipo “Cola de pez” o tipo “Cuchara”, como así también las “terminales enterradas” para velocidades mayores a 80km/h, no deben ser nunca más utilizados en los extremos de barreras en el sentido del tránsito. Podrían utilizarse en autovías y autopistas en el sentido contrario al tránsito, siempre que el estudio de la zona despejada indique que un vehículo del sentido contrario no alcanzará este punto.

.



## Criterios para la implantación de las terminales

Un tratamiento de extremo a prueba de choques es considerado esencial si una barrera termina en la zona despejada o es ubicada en una zona donde es posible que sea chocada. Pueden ser clasificados como traspasables o no traspasables dependiendo de su comportamiento en caso de choque en la cara cercana al extremo.

Un tratamiento de extremo traspasable permite que el vehículo que choca la nariz o el costado de la unidad próximo a la nariz en ángulo pueda pasar a través del dispositivo.

Un tratamiento de extremo no traspasable redirecciona al vehículo que impacta la nariz o el costado de la unidad en todo desarrollo.

Los tratamientos de extremo a colocar en la longitud de necesidad de la barrera, se requiere que tengan la misma capacidad de redireccionamiento que la barrera lateral estándar.

Los tratamientos de extremo traspasables se ubicarán fuera de la longitud de necesidad y se requiere una zona despejada por detrás de la barrera de al menos 25m paralela a la barrera y 6m perpendicular, para detener el vehículo.

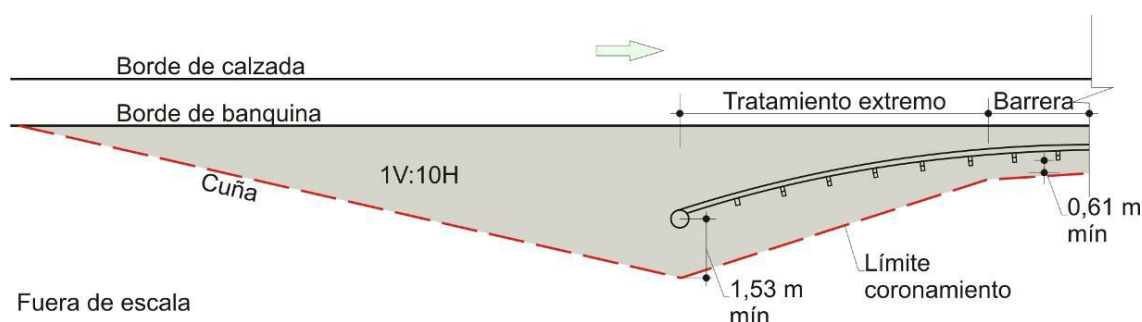
La pendiente entre la calzada y la terminal y la aproximación frente a cualquier terminal debe ser lo más plana posible, con pendientes no mayores que 1:10 para que los vehículos impacten con relativa estabilidad.

El entorno al costado de la calzada antes de llegar a la terminal no debería de dirigir los vehículos hacia la terminal de la barrera.

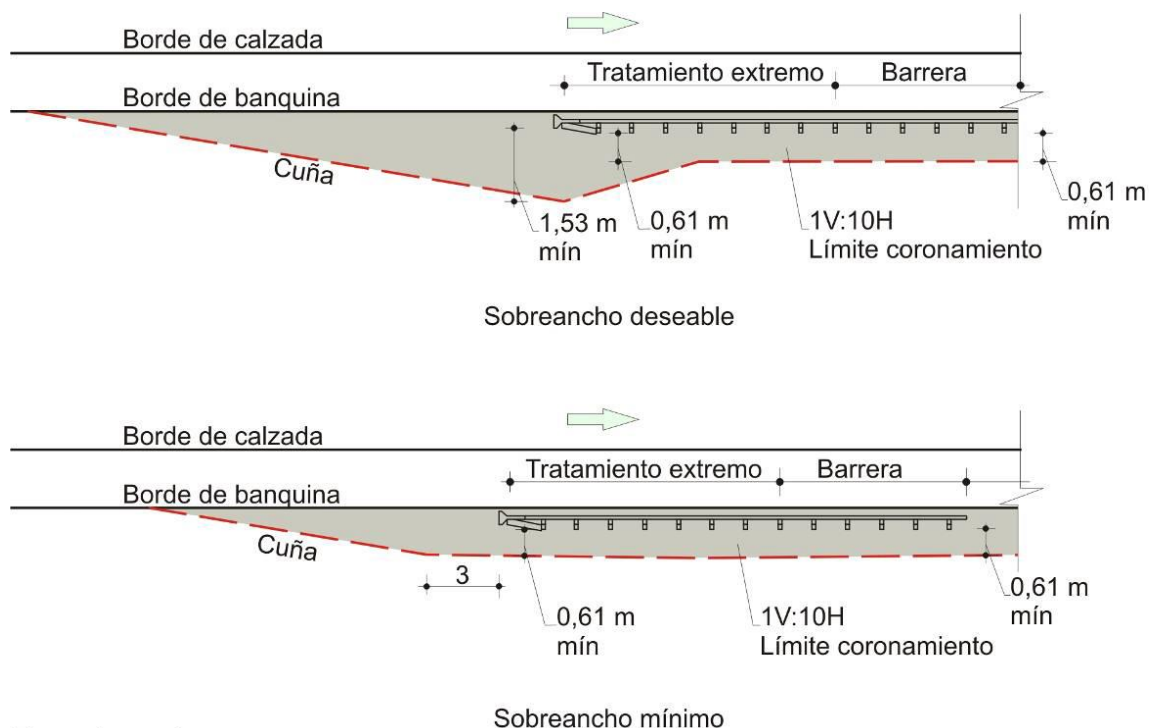
Los parámetros que deben tenerse en cuenta para asegurar una instalación apropiada de una terminal son:

- Un correcto anclaje de la longitud necesaria.
- Un espacio libre apropiado y una pendiente adecuada alrededor de la terminal para asegurar la estabilidad del vehículo en el momento del impacto y la reducción de un rodamiento potencial.
- Una distancia transversal apropiada detrás de la terminal a fin de minimizar la inestabilidad post impacto del vehículo e impactos secundarios.

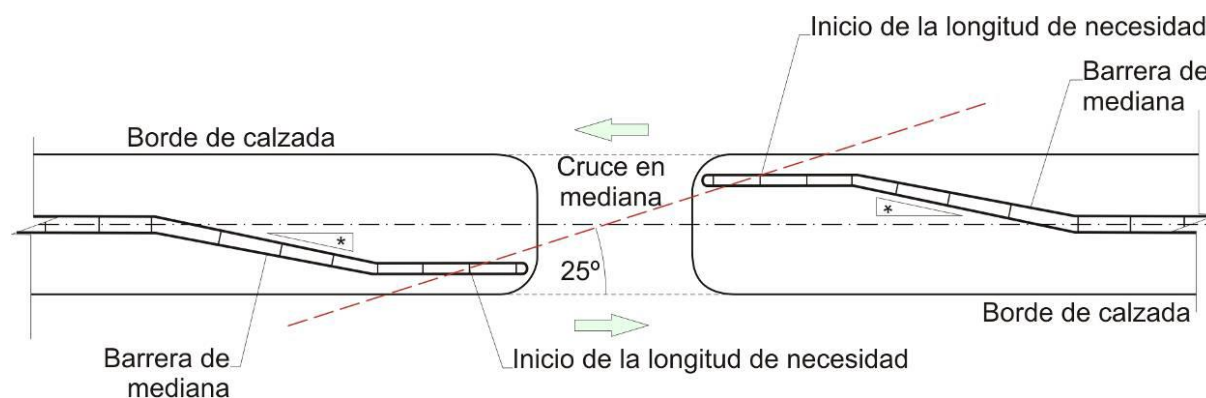
Esquemas de tratamiento con terminales no traspasables:



Las Figuras muestran las planimetrías recomendadas para la pendiente tanto para la aproximación como para la zona entre la calzada y la terminal. El sobreancho deseable debe usarse donde sea posible, donde existan limitaciones de espacio o donde cambie el extremo existente por uno a prueba de choques puede usarse el sobreancho mínimo



En las medianas puede ser necesario dejar pasos para casos de emergencia, en general la recomendación es minimizar la cantidad de estos pasos, ya que los extremos de barreras en general serán amortiguadores de impacto de alto costo. En las medianas donde el ancho disponible lo permita se recomienda el abocinamiento de las barreras para proteger el extremo de la barrera del otro sentido.



\* El abocinamiento no debe superar los valores límite sugeridos

Para el caso de medianas existen sistemas para la apertura de pasos. Generalmente estructuras metálicas que copian la forma del perfil y que se desplazan para generar una abertura de emergencia en la mediana. La selección de un sistema en particular dependerá de las características de la zona de emplazamiento.





Ejemplos de barreras metálicas semirrígidas instaladas en medianas en autopista próxima a Ankara, proponiendo mayores espacios de visibilidad, al emplazar en forma asimétrica las barreras.

## Sistemas de Terminales o Extremos

### Extremos abocinados

En los costados del camino o en medianas con anchos importantes el extremo de la barrera puede ser desplazado llevándolo **fuera de la zona despejada** y sin requerir elementos adicionales de seguridad.

Las tasas de abocinamiento son las mismas que las indicadas para barreras laterales.

La longitud mínima de las terminales abocinadas será del orden de los 16m y la separación entre postes será igual al del tramo normal.

El abocinamiento puede ser recto siguiendo las tasas recomendadas en la Tabla de la Guía II, o puede ser parabólico siguiendo la función  $y = x^2/200$ .

**Terminales abatidos**, (No recomendables para velocidades superiores a 60km/h)

Consiste en reducir paulatinamente la altura de la barrera hasta llegar al nivel del terreno y anclándola a postes con placa o a una masa de hormigón para lograr la resistencia a la tracción.

Existen diseños de abatimiento corto, largo, con conexiones débiles entre la viga abatida y sus postes, y con rotación de viga. Todos eliminan el riesgo de penetración de la viga dentro del compartimiento de pasajeros, pero el diseño abatido puede funcionar como rampa, ocasionando que el vehículo salte o vuelque, por lo cual no se recomienda su uso.

La bibliografía internacional limita su utilización a **velocidades menores que 60 km/h** como una solución de bajo costo. También son utilizados en los extremos aguas abajo de la zona de necesidad para autopistas y autovías, cuando quedan fuera de la zona despejada para el tránsito contrario.



## Terminales Abocinados y Abatidos

Es una forma de alejar la terminal reduciendo la posibilidad de choque, y si este ocurriera se reduce el riesgo de penetración de la viga, pero siempre existe la posibilidad que funcione como rampa.

Se mantienen los condicionantes de los abatidos puros.

## Terminales Abocinados y Empotrados

El diseño consiste en empotrar el extremo de la barrera en el contra talud natural o artificial que exista en el costado del camino o en la mediana, cuidando que éste quede firmemente anclado y a la misma altura normal que el resto de la barrera.

Este tipo de terminal es el más seguro de los tratamientos de extremos de barreras, siempre y cuando el empotramiento se realice en forma adecuada.

Es una solución aconsejable para barreras semirrígidas con las siguientes consideraciones de diseño:

- Mantener la altura normal de la barrera a lo largo del Abocinamiento.

- Utilizar una adecuada tasa de abocinamiento.
- Cuidar el diseño del terreno adyacente para reducir los movimientos verticales de los vehículos. Recomendado talud 1:10 y con las cunetas minimizadas o eliminadas.
- Se debe asegurar el correcto empotramiento en el talud

Se desaconseja el uso de los espaldones de tierra porque los ensayos demuestran que se producen vuelcos de los vehículos que los transitan a velocidades mayores a 50km/h.

## Terminales Comerciales

Los terminales comerciales en general tienen la apariencia de una barrera normal de viga Bionda anclada en el extremo para no ser traspasable, conteniendo y redireccionando al vehículo que choquen lateralmente, mientras que ante impactos frontales presentan una placa para impedir la penetración del extremo de la barrera en el habitáculo, al desplazarse la placa por el impacto, los postes y la viga Bionda tienen un mecanismo de deformación controlado para detener el vehículo en forma segura.



Tratamiento de extremo	NCHRP R 350 TL	Ancho del sistema	Largo del sistema	Figura N°
Terminal de Viga Cajón Wyoming	TL-3	0,6 m	15,2 m	Figura 7.1
Eccentric Loader Terminal (ELT)	TL-3	0,5 m más 1,2 m aboc.	11,4 m	Figura 7.2



Terminal (SRT-350) Baranda Ranurada	TL-3	0,5 m más 1,2 m aboc. o 0,5 m más 0,9 m aboc.	11,4 m	Figura 7.3
Terminal (BEST) Viga de Acero	TL-3	0,5 m	11,4 m 15,2 m	Figura 7.4



Figura 7.1



Figura 7.3

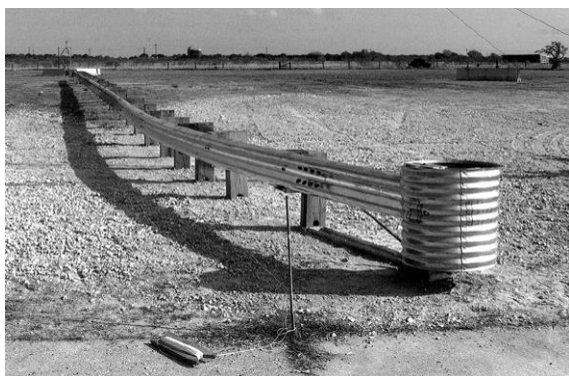
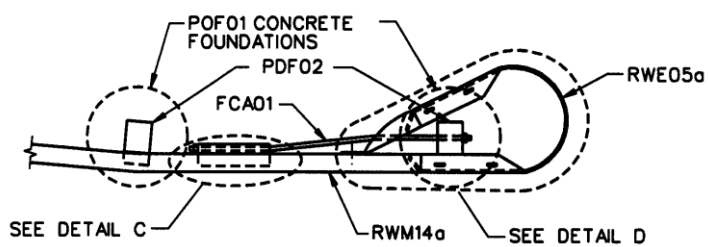


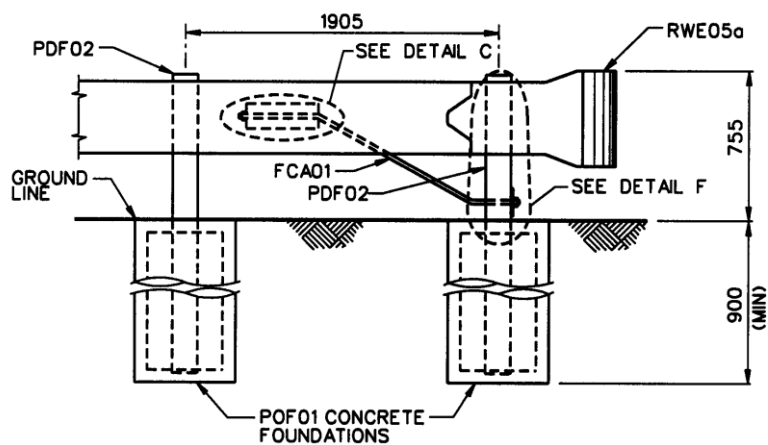
Figura 7.2



Figura 7.4

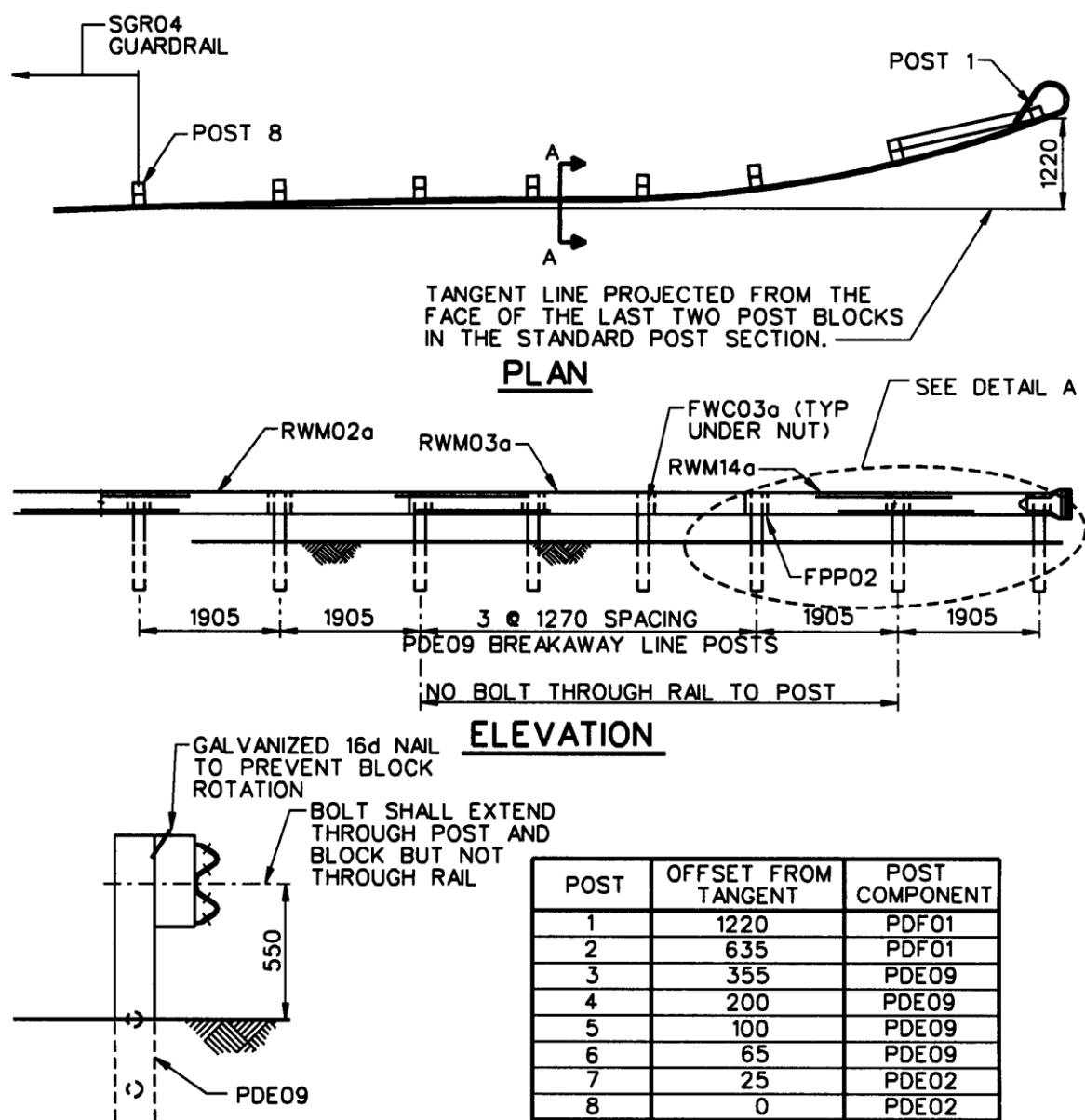


**PLAN**

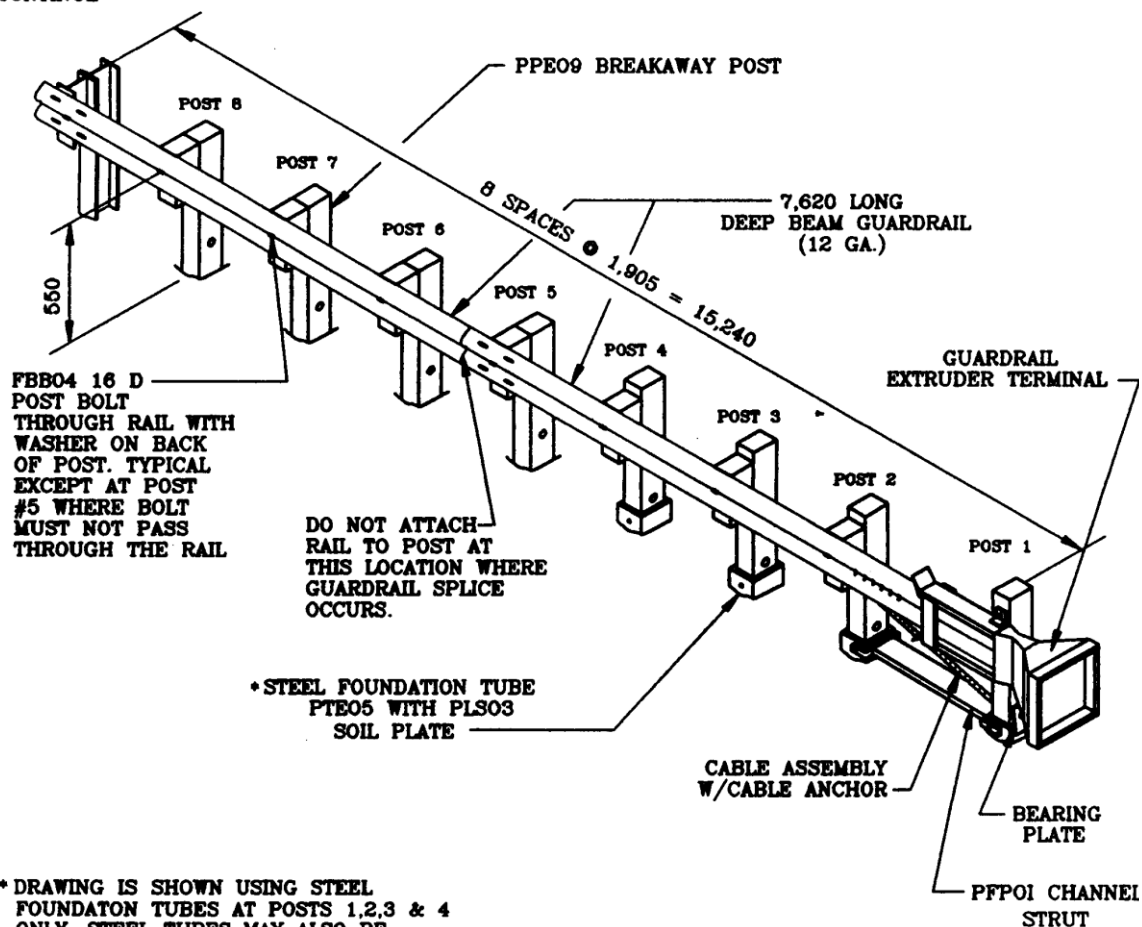


**ELEVATION**

Detalle Terminal tipo BUFFERED END Y ANCHORAGE – SEW04b



STANDARD LINE  
GUARDRAIL POSTS  
CONTINUE

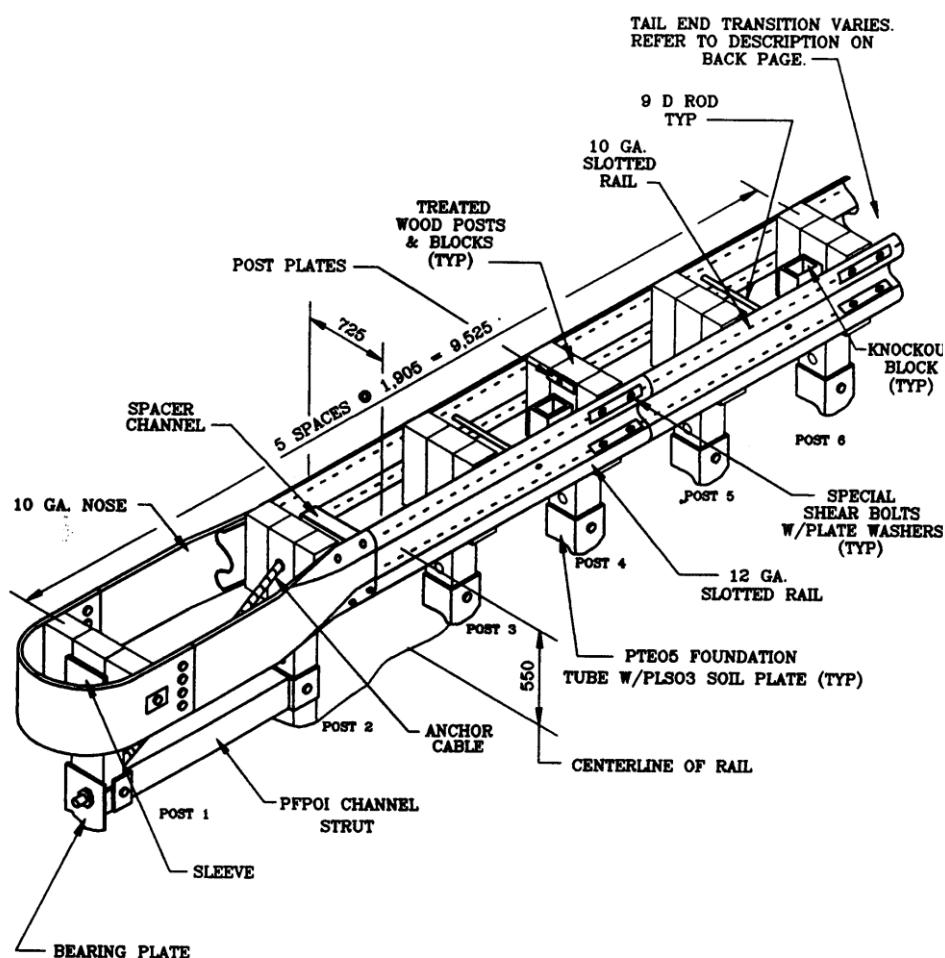


\*DRAWING IS SHOWN USING STEEL FOUNDATION TUBES AT POSTS 1,2,3 & 4 ONLY. STEEL TUBES MAY ALSO BE USED AT POST LOCATIONS 5,6,7 & 8 FOR EASE OF MAINTENANCE.

Detalle de Terminal GUARDRAIL EXTRUDER Tipo ET-2000







Detalle sistema Atenuador de Impactos Tipo C.A..T. para ubicar en extremos de barreras en mediana

La DNV aprobó basada en la revisión y en la información suministrada, la Terminal llamada "Terminal ABC", de acuerdo con las exigencias prescriptas en la Resolución N° 423/02 para su uso en la Red Nacional de Caminos. Esa Terminal ABC ha sido clasificada, de acuerdo a la Resolución N° 423/08 de la DNV en un dispositivo de amortiguador de impacto con capacidad de redireccionamiento.

## Actualización y mantenimiento de sistemas existentes

La actualización de los sistemas de contención instalados con los conceptos previos no es posible en el corto plazo, tanto práctica como económicamente.

Siguiendo la experiencia internacional se recomiendan pautas para una estrategia de actualización, en tal sentido se deben construir con los criterios actuales:

- Todas las instalaciones entre los límites de un proyecto de construcción nuevo, y en proyectos de reconstrucción importantes.
- Las instalaciones ubicadas en zonas de alta accidentalidad, donde no hayan funcionado adecuadamente los dispositivos existentes.
- Las instalaciones de barreras metálicas que han sufrido daños en más del 50% de su largo total.
- Los sectores dañados de longitud superior o igual a 40m, que estén insertos en cualquier tramo de barrera metálica que ha sufrido daños de menos del 50% de su largo total. En estos casos se deben considerar las conexiones y transiciones que correspondan.
- Para cualquier terminal de barrera metálica chocada, se debe conectar el tramo con el inmediatamente anterior si estos están a menos de 40m y si tal conexión no causara algún inconveniente, como p. ej. accesos a predios, y aún así se verá la posibilidad de reubicar el acceso mediante colectoras. De no ser posible esta primera opción, se debe modernizar el terminal con el siguiente criterio:
  - De existir un talud de corte apropiado, enterrar el terminal en dicho talud.
  - Instalar un terminal aprobado.

Para la inspección de las instalaciones existentes y nuevas se listan las consideraciones a tener en cuenta para verificar la capacidad estructural y la capacidad funcional:

I Capacidad Estructural	<b>A. Sección longitudinal</b>
	1. Diseño de la barrera
	2. Un correcto espacio entre postes
	3. Separadores en sistemas con postes semirrígidos
	4. Empalmes adecuados
	<b>B. Terminales</b>
	1. Diseño del terminal
II Capacidad Funcional	2. Anclaje adecuado
	<b>C. Transiciones</b>
	1. Diseño de la transición
	2. Anclaje adecuado
	3. Un apropiado aumento de la rigidez en el paso de un sistema de menor rigidez a otro de mayor rigidez
	4. Correcta instalación de separadores y riel (evita el enganchamiento del vehículo)

I Capacidad Estructural	<b>A. Sección longitudinal</b>
	1. Longitud adecuada para la protección de los usuarios de la vía de algún obstáculo fijo
	2. Altura apropiada de la barrera
	3. Esviaje apropiado
	4. Verificar que la distancia del obstáculo fijo a la barrera no exceda la distancia de deflexión máxima del sistema usado.
	5. Verificar emplazamientos de barreras detrás de soleras
	6. Verificar emplazamientos de barreras en pendientes
II Capacidad Funcional	<b>B. Terminales</b>
	1. Verificar que exista una zona despejada detrás del terminal
	2. Verificar la correcta instalación y condición actual de los terminales, p. ej. que éstos no se coloquen en sistemas con secciones terminales abocinadas.

FUENTE: RDG de la AASHTO

Entre las situaciones más comunes que tienen incidencia en relación al mantenimiento rutinario de los sistemas de barreras metálicas semirrígidas, están:

1. Reposición de los tramos deteriorados.
2. Reposición de bulones en los nodos.
3. Mantenimiento de las alturas adecuadas a partir de las transformaciones que el tiempo y la falta de conservación generan, ya sea por acumulación de suelo, degradación del terreno circundante, carencia de desmalezado, etc.
4. Reposición de captafaros retrorreflectantes.
5. Reparación y/o reposición de terminales.
6. Incorporación de delineadores tipo deletables.



## Bibliografía

MANUAL DE DISEÑO VIAL SEGURO, DNV – Argentina, 2007.

MANUAL DE PRÁCTICAS INADECUADAS DE SEGURIDAD VIAL – Propuesta de Mejoras DNV – Argentina, 2007.

RECOMENDACIONES SOBRE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS, Sección Amortiguadores de Impacto, Resolución 423/02, DNV – Argentina 2002. .

PELIGROS EN LA CALZADA Y COSTADOS DEL CAMINO, ANI – Argentina, 2001.

BARRERAS DE TRÁNSITO, Wikipedia – recopilación Ing. Francisco Sierra.

MoDOT EngineerinG – Barreras de Tránsito y Tratamiento de Extremos, Ing. Francisco Sierra

DNV – Argentina 2010 Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial, C.7. Ingros. Francisco Sierra y otros, 2010

MANUAL Std Pub Guidelines for traffic Barrier

SISTEMAS DE CONTENCIÓN VIAL, Conceptos y Últimas Tecnologías, Escuela de Graduados de Ingeniería Caminos, FI UBA, Ing. Gregory Speier, 2001

DISEÑO DE COSTADOS DE CALZADA, BARANDAS Y ACCESORIOS, Abril 2012 – Revisión 64 1 INTRODUCCIÓN, NUEVOS PROYECTOS, RECONSTRUCCIÓN Y AUTOPISTA 2R/3R 2.1 Zonas-despejadas 2.2 Parámetros de diseño de barrera 2.3 Tipos de barrera 2.4 Barreras-de-mediana 2.5 Terminales de barrera

EXISTING FACILITIES, CONSTRUCTION ZONA GUIDANCE SPECIAL TOPICS REFERENCES APPENDIX A – SPOT EVALUATION OF DESIRABLE CREEP ZONE WIDTHS 3 BARRERAS DE CABLE EN LOS EUA p88 Experiencia con Barreras-de-Mediana de Cable en los EUA: Normas, Políticas y Desempeño.

REVISIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTENCIÓN VEHICULAR Y PROPUESTA DE REMEDIACIÓN, Arq. Eduardo Lavecchia, XXX Concurso de Temas Viales de la DVBA, (2015)

## Antecedentes y Enlaces

Información específica de los terminales indicados pueden ser encontrados en la edición 2002 del AASHTO Roadside Design Guide o en la FHWA's Safety Hardware Website en <http://safety.fhwa.dot.gov/report350hardware>

**COORDINADORES DE LA PRESENTE GUÍA**

**Víctor Arturo Garcete Martínez**

Ingeniero Civil UNLP  
Proyectista Vial  
Director CONSULBAIRES Ingenieros Consultores SA  
Ex Docente de grado Faculta de Ingeniería UNLP  
Docente Escuela de Graduado de Ingeniería de Caminos, Facultad Ingeniería UBA  
Docente Magister Vial Universidad Nacional Rosario  
Docente Magister Vial Universidad Nacional Cuyo  
Integrante de la Comisión de S.V. de la AAC.

**Eduardo José Lavecchia**

Arquitecto, UNLP  
Consultor y Auditor Seguridad Vial .ivia.utn.aac  
Traffic Safety Management. VTI  
Master en Protección Ambiental. IAS  
Ex Docente Titular de la UNLP, UTN, UM.  
Integrante de la Comisión de S.V. de la AAC.  
Consultor Honorario del COSETRAN

**COLABORARON EN CARÁCTER DE ASESORES TÉCNICOS:**

Ing. Mario Jorge Leiderman

Ing. Jorge Lafage

Ing. Adriana Garrido

Ing. Jorge Santos

Ing. Guillermo Balzi

A partir de la edición de la presente Guía 3 (01/Mayo/2016) y por el término de un año, se requiere de la comunidad a modo de discusión pública y aporte desinteresado, la colaboración de todos aquellos técnicos o profesionales que deseen hacer llegar al seno de la Comisión de Seguridad Vial de la Asociación Argentina de Carreteras, inquietudes, correcciones y/o contenidos actualizados e innovadores sobre la temática tratada, con el objeto de optimizar esta publicación.