

**Reglamento CIRSOC 804-5**  
**Ministerio de Obras Públicas de la Nación**  
**Secretaría de Obras Públicas**

**INTI**

Instituto Nacional de  
Tecnología Industrial



**CIRSOC**

Centro de Investigación de los  
Reglamentos Nacionales de  
Seguridad para las Obras Cíviles



***COMENTARIOS AL  
REGLAMENTO ARGENTINO  
PARA EL DISEÑO DE  
PUENTES CARRETEROS***

***Defensas y Barandas***

**Julio 2019**



**COMENTARIOS AI  
REGLAMENTO ARGENTINO  
PARA EL DISEÑO DE  
PUENTES CARRETEROS**

***Defensas y Barandas***

**EDICIÓN JULIO 2019**



**Av. Cabildo 65 Subsuelo – Ala Savio  
(C1426AAA) Buenos Aires – República Argentina  
TELEFAX. (54 11) 4779-3183**

**E-mail: [cirsoc@inti.gob.ar](mailto:cirsoc@inti.gob.ar)  
[cirsoc@fm.gob.ar](mailto:cirsoc@fm.gob.ar)**

**INTERNET:**

**[www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc](http://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc)**

*Primer Director Técnico (✚ 1980):* **Ing. Luis María Machado**

*Directora Técnica:* **Inga. Marta S. Parmigiani**

*Área Estructuras de Hormigón:* **Ing. Daniel A. Ortega**

*Área Administración, Finanzas y Promoción:* **Lic. Mónica B. Krotz**

*Área Diseño, Edición y Publicaciones:* **Sr. Néstor D. Corti**

**© 2020**

**Editado por INTI  
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL  
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4515-5000**

**Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados.  
Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso  
en la Argentina.  
Printed in Argentina.**

## **ORGANISMOS PROMOTORES**

Secretaría de Obras Públicas de la Nación  
Secretaría de Vivienda y Hábitat de la Nación  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Instituto Nacional de Prevención Sísmica  
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén  
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas  
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires  
Dirección Nacional de Vialidad  
Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires  
Consejo Vial Federal  
Cámara Argentina de la Construcción  
Consejo Profesional de Ingeniería Civil  
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland  
Instituto Argentino de Normalización y Certificación  
Techint  
Acindar – Grupo Arcelor Mittal

## **MIEMBROS ADHERENTES**

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón  
Asociación Argentina de Hormigón Estructural  
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado  
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón  
Asociación de Ingenieros Estructurales  
Cámara Industrial de Cerámica Roja  
Centro Argentino de Ingenieros  
Instituto Argentino de Siderurgia  
Transportadora Gas del Sur  
Quasdam Ingeniería  
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica  
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires  
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines  
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil  
Federación Argentina de la Ingeniería Civil  
Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines de Salta



## ***Reconocimiento Especial***

*El **INTI-CIRSOC** agradece muy especialmente a las Autoridades del American National Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) por habernos permitido adoptar de base para el desarrollo de este Reglamento, la edición 2012 del documento **AASHTO LRFD Bridge Design Specification**.*





**ASESORES QUE INTERVINIERON EN LA REDACCIÓN  
DE LOS**

**COMENTARIOS AL  
REGLAMENTO ARGENTINO  
PARA EL DISEÑO DE  
PUENTES CARRETEROS**

**CIRSOC 804-5**

***Defensas y Barandas***

***Ing. Francisco Bissio  
Ing. Diego Cernuschi  
Ing. Victorio Hernández Balat  
Ing. Daniel Ortega  
Ing. Gustavo Soprano***



***El Equipo Redactor contó con la colaboración de los siguientes profesionales:***

<b>Ing. Victor Fariña</b>	DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD
<b>Ing. Susana Faustinelli Ing. Guillermo Ferrando Ing. José Giunta Ing. Hugo Echegaray</b>	CONSEJO VIAL FEDERAL
<b>Ing. Diego Cernuschi</b>	DIRECCIÓN DE VIALIDAD DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
<b>Ing. Máximo Fioravanti</b>	ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA
<b>Ing. Gabriel Trogia</b>	COORDINADOR COMISIÓN PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC
<b>Ing. Juan José Goldemberg</b>	SOCIEDAD ARGENTINA DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA - SAIG
<b>Ing. Javier Fazio Ing. Tomás del Carril Ing. Rogelio Percivatti Franco Ing. Martín Polimeni</b>	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES - AIE
<b>Ing. Roberto Cudmani Ing. Juan Carlos Reimundín</b>	COORDINADORES DEL REGLAMENTO CIRSOC 102-2005
<b>Ing. Alicia Aragno</b>	INVITADA ESPECIAL - EXCOORDINADORA ÁREA ACCIONES SOBRE LAS CONSTRUCCIONES DE INTI-CIRSOC

***Agradecimiento especial***

*El INTI-CIRSOC agradece muy especialmente al Arq. Gustavo Bandel por sus valiosos aportes al desarrollo de este Reglamento.*



## INDICE

### CAPÍTULO 13. DEFENSAS Y BARANDAS

C 13.1. ALCANCE	1
C 13.2. DEFINICIONES	1
C 13.3. SIMBOLOGÍA	1
C 13.4. REQUISITOS GENERALES	1
C 13.5. MATERIALES	2
C 13.6. ESTADOS LÍMITE Y FACTORES DE RESISTENCIA	2
C 13.6.1. Estado límite de resistencia	2
C 13.6.2. Estado límite correspondiente a evento extremo	2
C 13.7. DEFENSAS VEHICULARES	3
C 13.7.1. Sistemas de defensas	3
C 13.7.1.1. Requisitos generales	3
C 13.7.1.2. Defensas de aproximación al puente	6
C 13.7.1.3. Tratamiento de los extremos	7
C 13.7.2. Criterios para la selección de niveles de comportamiento de defensas para puentes	18
C 13.7.2.1. Niveles de comportamiento de las defensas de puentes	19
C 13.7.2.2. Categorías de los emplazamientos	19
C 13.7.2.3. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT1	19
C 13.7.2.4. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT2	19
C 13.7.2.5. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT3	19
C 13.7.2.6. Método CAT1	19
C 13.7.2.7. Método CAT2 – Procedimiento basado en gráficos	19
C 13.7.2.7.1. Determinar el TMDA y el porcentaje de vehículos pesados	19
C 13.7.2.7.2. Determinar el TMDA ajustado	19
C 13.7.2.7.3. Determinar el nivel de comportamiento de la defensa	19
C 13.7.2.8. Método CAT3 – Especificación, normas y análisis B/C	20
C 13.7.2.8.1. Especificación de estándares para el nivel de comportamiento medio	20
C 13.7.2.8.2. Especificación de estándares para el nivel de comportamiento alto	20
C 13.7.2.9. Criterio de ensayo para las defensas vehiculares	20
C 13.7.3. Diseño de las defensas	20
C 13.7.3.1. Requisitos generales	20
C 13.7.3.1.1. Aplicación de sistemas previamente ensayados	20
C 13.7.3.1.2. Sistemas nuevos	20

C 13.7.3.2. Altura del muro o defensa para tránsito vehicular	20
C 13.8. BARANDAS PARA PEATONES	20
C 13.8.1. Geometría	20
C 13.8.2. Sobrecargas nominales	20
C 13.9. BARANDAS PARA CICLISTAS	21
C 13.9.1. Requisitos generales	21
C 13.9.2. Geometría	21
C 13.9.3. Sobrecargas nominales	21
C 13.10. DEFENSAS COMBINADAS	21
C 13.10.1. Requisitos generales	21
C 13.10.2. Geometría	21
C 13.10.3. Sobrecargas nominales	21
C 13.11. CORDONES Y VEREDAS	21
C 13.11.1. Requisitos generales	21
C 13.11.2. Veredas	21
C 13.11.3. Tratamiento de los extremos de defensas divisorias	22
COMENTARIOS DEL APÉNDICE A13. DEFENSAS Y BARANDAS	22
C A13.1. GEOMETRÍA Y ANCLAJES	22
C A13.1.1. Separación de los elementos de las defensas	22
C A13.1.2. Anclajes	22
C A13.2. FUERZAS NOMINALES PARA LAS DEFENSAS DE TRÁNSITO VEHICULAR	22
C A13.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LAS DEFENSAS UTILIZADAS COMO PROTOTIPOS DE ENSAYO	23
C A13.3.1. Defensas de hormigón	23
C A13.3.2. Defensas formadas por postes y barandales	25
C A13.3.3. Muro de hormigón y defensa metálica	27
C A13.4. DISEÑO DEL VOLADIZO LATERAL DEL TABLERO	27
C A13.4.1. Casos de diseño	27
C A13.4.2. Tableros que soportan muros de hormigón	27
C A13.4.3. Tableros que soportan defensas formadas por postes y barandales	27
C A13.4.3.1. Diseño del voladizo lateral del tablero	27
C A13.4.3.2. Resistencia al corte por punzonamiento	27
COMENTARIOS DEL APÉNDICE B13. PLANOS TIPO DE DEFENSAS VEHICULARES	28

## **COMENTARIOS AL CAPÍTULO 13.**

### **DEFENSAS Y BARANDAS**

#### **C 13.1. ALCANCE**

Este Capítulo se basa en su homónimo correspondiente a las especificaciones AASHTO, con los siguientes agregados:

- Un procedimiento para la selección de niveles de comportamiento de defensas para puentes (13.7.2) basado en el trabajo Standardised Bridge Barrier Design (Austroads Research Report AP-R445-13).
- Comentarios referentes a requisitos generales para sistemas de defensas (C 13.7.1.1) y a transición entre los diferentes niveles de comportamiento de las defensas (C 13.7.1.3), tomados del mismo reporte.
- Planos tipo de defensas vehiculares para cada nivel de comportamiento (Apéndice B13)

En adelante todos los sistemas de barreras para el tránsito vehicular en puentes se denominarán defensas.

No es necesario que el comportamiento de las defensas de los puentes sea idéntico en toda la red vial. Los nuevos diseños de defensas se deben ajustar a las necesidades locales que conduzcan al concepto de nivel de ensayo múltiple, tal como se describe en el MASH 2009.

Las defensas previamente ensayadas al choque deben mantener la aprobación de su nivel de ensayo y no es necesario ensayarlas para satisfacer las actualizaciones del MASH 2009.

En vista de los recursos finitos que tienen a su alcance los Responsables de puentes, no es razonable esperar que todas las defensas existentes sean actualizadas ni esperar que todas las construcciones existentes se actualicen cada vez que se apruebe un nuevo Reglamento. Muchas defensas de puentes existentes han demostrado ser funcionales y sólo será necesario reemplazarlas cuando se las retira para ensanchar el puente.

#### **C 13.2. DEFINICIONES (Este artículo no tiene comentarios)**

#### **C 13.3. SIMBOLOGÍA (Este artículo no tiene comentarios)**

#### **C 13.4. REQUISITOS GENERALES**

En el documento AASHTO “Guía de diseño del área adyacente del borde exterior de la calzada” (Roadside Design Guide) se pueden obtener lineamientos adicionales aplicables a las alcantarillas de longitud igual a la de un puente.

La siguiente guía indica cuándo se utilizan los diferentes tipos de defensas:

- Se utiliza una defensa para tránsito vehicular cuando el puente es utilizado exclusivamente por tránsito carretero;
- Solamente se utiliza una defensa combinada junto con un cordón y una acera sobreelevada en las carreteras de baja velocidad;
- En las carreteras de alta velocidad, la vía peatonal o ciclovía debe tener tanto una baranda para peatones o ciclistas en su parte externa como una defensa combinada en su parte interna; y
- Se debe considerar el uso de puentes peatonales independientes del puente carretero si la cantidad de tránsito peatonal o algún otro factor de riesgo así lo indica.

A los fines del presente artículo, se denomina “baja velocidad” a aquellas velocidades que no superan los **70 km/h** y “alta velocidad” a aquellas velocidades superiores a **70 km/h**.

Las caras hacia la vereda de las defensas combinadas, que separan las veredas de las calzadas adyacentes, funcionan como barandas para peatones o ciclistas. Cuando la altura de estas defensas, por encima de la superficie de la vereda, es menor que la altura mínima requerida para las barandas para peatones o ciclistas, según corresponda, el Proyectista puede agregar elementos adicionales, tales como barandas metálicas en la parte superior de la defensa combinada. Los elementos adicionales se deben diseñar considerando las fuerzas de diseño en barandas para peatones o ciclistas, según corresponda.

Los dispositivos de señalización para peatones exceden el alcance de este Reglamento, no obstante deben ser considerados.

El lector encontrará los procedimientos de ensayo para barandas en el “MASH 2009: Procedimientos recomendados para la evaluación en el desempeño de las característica de seguridad en las carreteras”.

## **C 13.5. MATERIALES**

Los factores que se deben considerar, al seleccionar los materiales a utilizar en un sistema de defensas, incluyen: resistencia última, durabilidad, ductilidad, necesidades de mantenimiento, facilidad de reemplazo y comportamiento a largo plazo.

## **C 13.6. ESTADOS LÍMITE Y FACTORES DE RESISTENCIA**

### **C 13.6.1. Estado límite de resistencia (Este artículo no tiene comentarios)**

### **C 13.6.2. Estado límite correspondiente a evento extremo (Este artículo no tiene comentarios)**



## **C 13.7. DEFENSAS VEHICULARES**

### **C 13.7.1. Sistemas de defensas**

#### **C 13.7.1.1. Requisitos generales**

Entre otros factores, las variaciones del volumen de tránsito, velocidad, composición del tránsito, alineación de la carretera, actividades y condiciones debajo de la estructura se combinan para producir una gran variación en los requisitos de comportamiento de las defensas para tránsito vehicular.

Debido a que recientemente se han realizado nuevos ensayos sobre veredas, en general se acepta para los cordones de las veredas una altura máxima de **0,20 m**.

El documento AASHTO “Una política de diseño geométrico de calles y carreteras” (AASHTO’s A Policy on Geometric Design of Highways and Streets) recomienda utilizar cordones exclusivamente cuando las velocidades son menores o iguales que **70 km/h**. Para velocidades superiores a dicha velocidad, se debe proteger a los peatones mediante una barrera para separarlos del tránsito vehicular.

Es necesario ensayar con la vereda, aquellas defensas que solamente se utilizarán en una vereda.

Hay numerosos diseños de defensas de puente para cada nivel de comportamiento. Estos diseños se han desarrollado en base a defensas ensayadas a impacto, en otros países, con modificaciones menores. Basados en los materiales usuales, hay tres tipos de defensas para puentes. Ellos incluyen:

- ❖ Defensas de hormigón
- ❖ Defensas con postes y barandales
- ❖ Combinadas con muros de hormigón y barandales metálicos

Los mismos se detallan a continuación:

#### **❖ Defensas de hormigón**

Las secciones transversales típicas de defensas de hormigón para puentes incluyen:

- Pared vertical
- Pendiente única
- Forma **F** y New Jersey

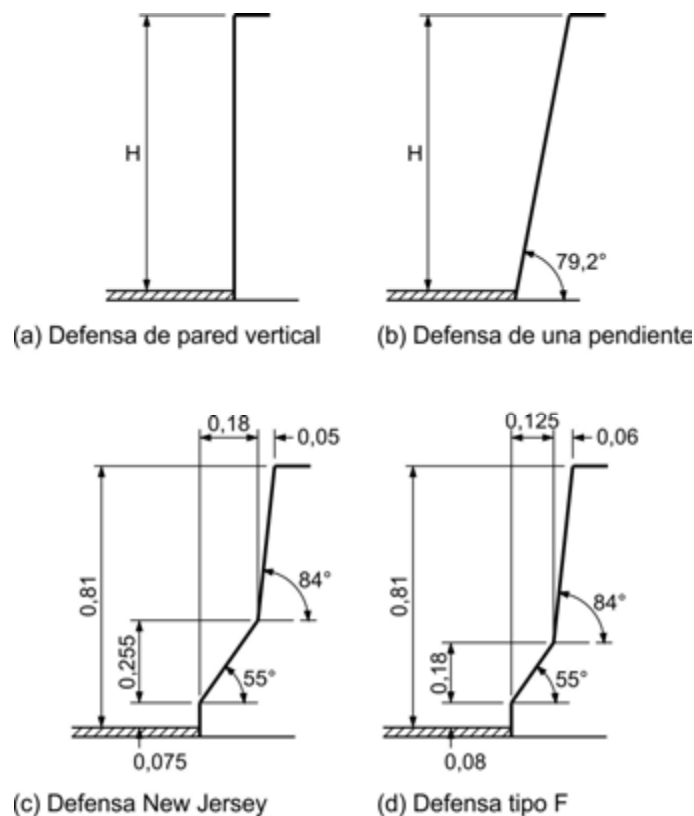
Las propiedades de estos tipos de defensas se comentan a continuación.

- Defensa de pared vertical

Las defensas de hormigón de paredes verticales (Figura C 13.7.1.1-1 (a)) no levantan el vehículo y por lo tanto no tienen la característica de manejo de energía de las defensas con forma **F**, de una pendiente o New Jersey. Las defensas de

hormigón de pared vertical pueden ser una alternativa efectiva para las defensas con formas de seguridad más anchas y pueden preservar el ancho medio disponible en ubicaciones estrechas tales como al frente de pilares de puente. El daño en el vehículo en impactos con una pared vertical es mayor que con defensas con formas de seguridad, pero las lesiones son comparables y la preservación del ancho de la berma lateral es un beneficio de seguridad (AASHTO 1996). En un impacto con una pared vertical las cuatro ruedas permanecen sobre el piso y esto minimiza el potencial de los vehículos para volcar. La trayectoria de los autos luego del impacto con paredes verticales también es incierta porque puede ocurrir un daño a la rueda cuando el eje hace contacto con la defensa.

Por estas razones no se prefieren las defensas de pared vertical. Sin embargo pueden resultar adecuadas en algunas situaciones en carreteras urbanas donde el ancho de carretera está altamente limitado o en carreteras de baja velocidad, donde la apariencia ambiental de la carretera es importante, por ejemplo, donde se desea construir o revestir la pared usando piedra natural o algún otro material. Una ventaja de la pared vertical es que su perfil no se afecta debido al recapado o renovación de la superficie del pavimento.



**Figura C 13.7.1.1-1. Tipos típicos de defensas de hormigón**

- Defensa de una pendiente

Las defensas de pendiente única (Figura C 13.7.1.1-1 (b)) tienen un comportamiento más consistente que las defensas de pared vertical. Las

defensas de pendiente única también pueden facilitar el recapado del pavimento sin que el perfil sea afectado adversamente.

Se han desarrollado dos tipos de defensas de pendiente única. La defensa Texas tiene una pendiente de pared de **10,8°** y la Californiana tiene una pendiente de pared de **9,1°**. Éstas fueron desarrolladas por el “Texas Transportation Institute” y el “California Department of Transport” respectivamente.

Los ensayos de impacto han indicado que el comportamiento de la defensa de pendiente única de Texas es comparable a la defensa de New Jersey y que el comportamiento de la defensa de pendiente única Californiana es comparable a aquél de la defensa con forma de **F**. Al aprobar el uso de las defensas de pendiente única la Administración Federal de Carreteras de US “US Federal Highway Administration” (FHWA) sugirió que la defensa de pendiente única Californiana es una mejora sobre ambas, la forma normalizada de defensa de hormigón New Jersey y la defensa de pendiente única de Texas, debido al levantamiento vehicular reducido visto al momento del impacto y las trayectorias vehiculares post impacto menos severas observadas en videos de ensayos de impacto.

Parece que la defensa de pendiente constante Californiana es la forma de defensa de hormigón preferida.

- Defensa New Jersey

La defensa New Jersey (Figura C 13.7.1.1-1 (c)) se ha utilizado a través de toda Australia y ha prestado un servicio satisfactorio. Para impactos comunes de ángulos superficiales la forma intenta minimizar el daño al cuerpo de la lámina de metal permitiendo a los neumáticos del vehículo rodar sobre la cara con pendiente más baja. La energía se disipa por el levantamiento y bajada del vehículo, compresión de la suspensión del vehículo y deformación del cuerpo del vehículo. Mientras las defensas New Jersey permanecen en servicio, la forma se modificó a defensa de forma **F** para considerar la probabilidad de vuelco del vehículo cuando es impactada por pequeños vehículos medianos. En consecuencia, las jurisdicciones generalmente ya no instalan defensas New Jersey.

Para ángulos de impacto más altos la forma New Jersey da por resultado, en una respuesta modelada por un vehículo que impacta, lo siguiente:

- El paragolpe del vehículo impacta en la cara de la pendiente superior y se desliza hacia arriba, levantando el vehículo.
- Cuando el vehículo se torna más paralelo con la defensa, la rueda contacta la cara de la pendiente inferior causando levantamiento adicional debido a la compresión de la suspensión delantera.
- El levantamiento reduce la fricción entre los neumáticos y la superficie pavimentada y esto facilita inclinar y redirigir el vehículo.

Un levantamiento excesivo del vehículo puede causar que éste derrape, cabecee o gire durante el contacto con la defensa y vuelque cuando los neumáticos hagan contacto con el camino nuevamente. Ya que las fuerzas de rozamiento lateral del neumático pueden proveer un levantamiento adicional, se debe evitar el agregado expuesto y otras superficies ásperas.

Los **0,075 m** de altura de la cara vertical en la base de la defensa New Jersey pretenden dar una tolerancia para futuros recapados de pavimento. Aparte de

incrementar el alcance al cual un vehículo es levantado, esta cara vertical no juega un papel significativo en el comportamiento de la defensa.

- **Defensa tipo F**

La defensa tipo **F** (Figura C 13.7.1.1-1 (d)) tiene un perfil similar a la defensa New Jersey, siendo la diferencia principal que la altura de la superficie con pendiente más baja es más pequeña. La mayor diferencia de comportamiento es que la pendiente más baja del perfil con forma de **F** reduce significativamente el levantamiento de un vehículo que impacta, dando por resultado una tendencia reducida de los vehículos al vuelco, particularmente en autos pequeños.

Referirse a la Sección 5, del AP-R445-13, para las defensas típicas de hormigón que se utilizan en Australia.

- ❖ **Defensas de postes y barandales**

Las defensas de postes y barandales se han utilizado principalmente para niveles de comportamiento Bajo y Regular. Los componentes de este tipo de defensa incluyen:

- Postes: secciones en canal o cajón huecas de acero, conectadas al tablero del puente con tornillos.
- Barandales: viga **W** o cajón hueco de acero o secciones de viga de tres ondas atornilladas a los postes. Puede haber una, dos o tres configuraciones de barandales.

Referirse a la Sección 5.2, del AP-R445-13, para las defensas típicas de postes y barandales que se utilizan en Australia.

- ❖ **Muros de hormigón combinados con barandales metálicos**

Este tipo de defensa se ha utilizado para niveles de comportamiento Regular, Medio y Alto. La defensa consiste en un sistema de postes y barandales sobre la parte superior de un muro de hormigón.

Las alturas del muro y poste son seleccionados basándose en los requisitos de altura efectiva mínima de la defensa.

### **C 13.7.1.2. Defensas de aproximación al puente**

En las áreas urbanas o cuando las calles y/o veredas urbanas no permiten instalar la transición de defensas de protección o extremos resistentes al choque en la aproximación al puente, se deben considerar las siguientes medidas:

- Prolongar la defensa del puente o defensa de protección de manera que no sea posible que un vehículo pueda invadir cualquier sistema carretero ubicado debajo del puente,
- Utilizar un cordón barrera,

- Limitar la velocidad,
- Señalizar las intersecciones, y
- Proveer áreas de recuperación.

Las instalaciones de drenaje en los extremos de los puentes se deben considerar parte integral del diseño de la transición de la barrera.

### **C 13.7.1.3. Tratamiento de los extremos**

Si la defensa de aproximación al puente está conectada a un sistema de defensa de la carretera, ésta puede ser continua con el sistema de aproximación al puente, y solamente será necesario utilizar una transición de un sistema de defensa flexible a uno rígido.

#### **➤ Transición entre los diferentes niveles de comportamiento de las defensas**

Los puntos a tratar, y que se detallan a continuación, son:

- ❖ Requisitos generales
- ❖ Criterios de diseño – Defensas conectadas físicamente, y
- ❖ Tipos de defensas entre las interfaces típicas

#### **❖ *Requisitos generales***

Las transiciones se utilizan para proporcionar una interfaz segura siempre que sea necesario para cambiar de un tipo de defensa a otro.

Existen tres grandes tipos de defensas: defensas flexibles, semirrígidas y rígidas. En general tienen las siguientes características:

- las defensas flexibles comprenden cordones de alambres tesados.
- las defensas semirrígidas comprenden vigas horizontales de acero (por ejemplo, viga de tres ondas o viga **W**).
- las defensas rígidas comprenden elementos de hormigón.

Una interfaz satisfactoria se puede lograr:

- proporcionando entre los sistemas de una conexión física diseñada y ensayada estructuralmente. Las conexiones son facilitadas a través de secciones de transición de la defensa que están diseñadas para proporcionar en forma gradual un incremento de rigidez lateral y por lo tanto ofreciendo continuidad de protección por vehículos que impactan la defensa en la zona de la interfaz. Las transiciones se pueden utilizar solamente entre los sistemas semirrígidos (es decir, acero-acero) o entre sistemas semirrígidos y rígidos (es decir, acero-hormigón).
- superponiendo las defensas, comenzando por el sistema más rígido puesto por detrás del sistema menos rígido.

El propósito de una sección de transición es la de producir un aumento gradual de la rigidez entre los sistemas de defensas de manera de impedir el embolsamiento, enganche o penetración vehicular en cualquier posición a lo largo de la transición. La superposición de las defensas logra un resultado similar que proporcionando una adecuada separación lateral entre ellas.

En la práctica las transiciones se logran:

- incrementando la rigidez de un sistema de viga **W** mediante:
  - la disminución de la separación de los postes.
  - anidando una defensa detrás de otra.
  - utilizando otra sección de acero detrás de la viga **W**.
- utilizando una defensa más pesada para la transición (por ejemplo viga de tres ondas).

La superposición de diferentes tipos de defensa sólo es posible si hay espacio suficiente para alojar las deformaciones. Esto puede ser utilizado por cualquier sistema, pero es la única manera de lograr una transición desde una defensa de cordón de alambre a una defensa más rígida.

Las secciones o conexiones de defensa diseñados especialmente, se utilizan para situaciones donde la viga **W** se conecta a una viga de tres ondas, o cuando cualquiera de las defensas semirrígidas se conectan a una defensa rígida (tal como en la aproximación a los puentes que tienen defensas rígidas).

#### ❖ **Criterios de diseño – Defensas conectadas físicamente**

Varios criterios son importantes en el diseño de una sección de transición o de conexión. Se sugiere seguir los siguientes principios donde cualquier sistema de defensa semirrígida está conectado a una defensa rígida (AASHTO 2011).

- El punto de conexión de los dos sistemas debe ser tan fuerte como la defensa de aproximación para garantizar que la conexión no falle por el esfuerzo de tracción generado por el impacto. Se recomienda utilizar un anclaje o una conexión con pernos pasantes.
- La transición se debe diseñar para minimizar la probabilidad de enganche de un vehículo errante, incluyendo uno desde el carril opuesto en un camino de dos calzadas indivisas.
- Al proporcionar una sección de transición a una defensa extrema del puente se recomienda ahusar el extremo de la defensa del puente por detrás de los elementos de transición para prevenir el embolsamiento del vehículo impactado.
- La transición debe ser lo suficientemente larga para asegurar que los cambios en la deformación no ocurran en una distancia corta. El cambio en la rigidez de la defensa menos rígida a la defensa más rígida, sobre la longitud de transición, debe crecer con un alto grado de continuidad. Esto se puede lograr mediante la reducción de la separación de postes, el uso

de elementos de defensas más resistentes o una combinación de estas técnicas.

- Al igual que con las defensas longitudinales, se deben tratar las características del cordón y la pendiente. La pendiente entre el borde de la calzada y la defensa no debe ser más empinada que **10:1**.
- Las características del drenaje tales como cordones, sumideros, cunetas o canaletas no deben ser construidos por delante de las defensas ni en la zona de transición, ya que pueden iniciar la inestabilidad del vehículo y afectar negativamente la resistencia al impacto de la defensa o transición.

#### ❖ ***Tipos de defensas entre las interfaces típicas***

##### ✓ Requisitos generales

La AS/NZS 3845 (1999) proporciona ilustraciones detalladas de las transiciones entre defensas semirrígidas y rígidas. Estas transiciones han sido ensayadas o se consideran aceptables con respecto al MASH 2009. Las transiciones se logran a través de la rigidización de la defensa de seguridad de acero mediante el uso de secciones y conectores especiales, reducido la separación de los postes y por anidación (es decir, dos secciones de defensa, una dentro de la otra) de las vigas.

Las defensas de seguridad de cordón de alambre ("Wire Rope Safety Barriers", WRSB) no están diseñadas para estar conectadas a las defensas de seguridad semirrígida ni rígida ni a extremos del puente. Sin embargo, la WRSB puede ser de transición a más defensas rígidas siempre que WRSB se superponga a la defensa más rígida mediante una adecuada distancia longitudinal y la separación lateral sea lo suficiente como para acomodar la deformación máxima probable del WRSB. Tales disposiciones deben permitir que los dos sistemas trabajen en forma independiente, al tiempo que proporciona protección continua de peligros.

La página web de la "Federal Highway Administration" proporciona detalles de ensayos de choque en transiciones:

([http://safety.fhwa.dot.gov/roadway\\_dept/policy\\_guide/road\\_hardware/barriers/techadv/archive/t504026/](http://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/policy_guide/road_hardware/barriers/techadv/archive/t504026/), Visto: 12 julio de 2012).

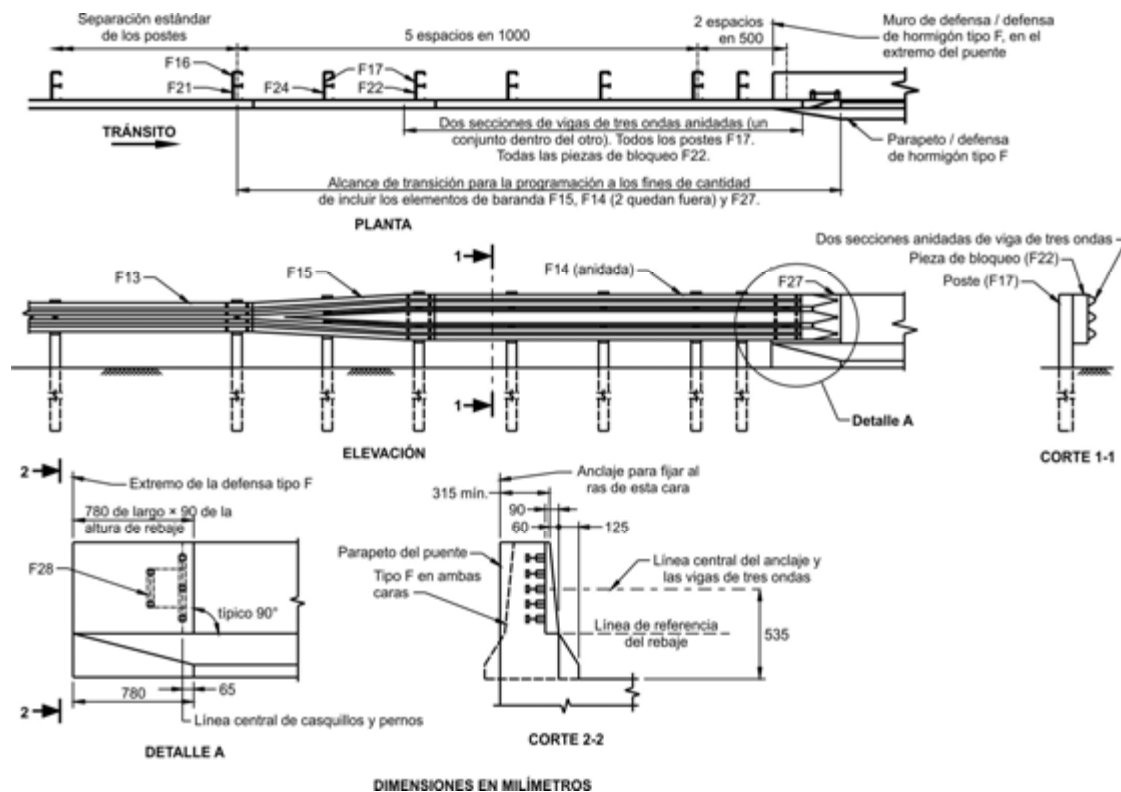
Si se necesita hacer la transición de una defensa de seguridad de hormigón de forma **F** a un muro vertical con respaldo vertical o inclinado, la transición no debe ser abrupta.

La AS/NZS 3845 (1999) exige que en los diferentes sistemas contiguos de defensas de seguridad vial, los detalles de la interfaz deben ser diseñados para lograr una transición gradual en la rigidez horizontal y en altura. La diferencia en su rigidez horizontal no será superior al **40%** en una longitud mínima de **2,5 m**.

Varias transiciones típicas se proporcionan en los siguientes puntos.

##### ✓ Viga **W** a viga de tres ondas

La transición se logra mediante el uso de un producto que se atornilla a la viga **W** en un extremo y a la viga de tres ondas en el otro extremo. Esta transición es de **2 m** entre centros de postes y se ilustra en la Figura C 13.7.1.3.1.

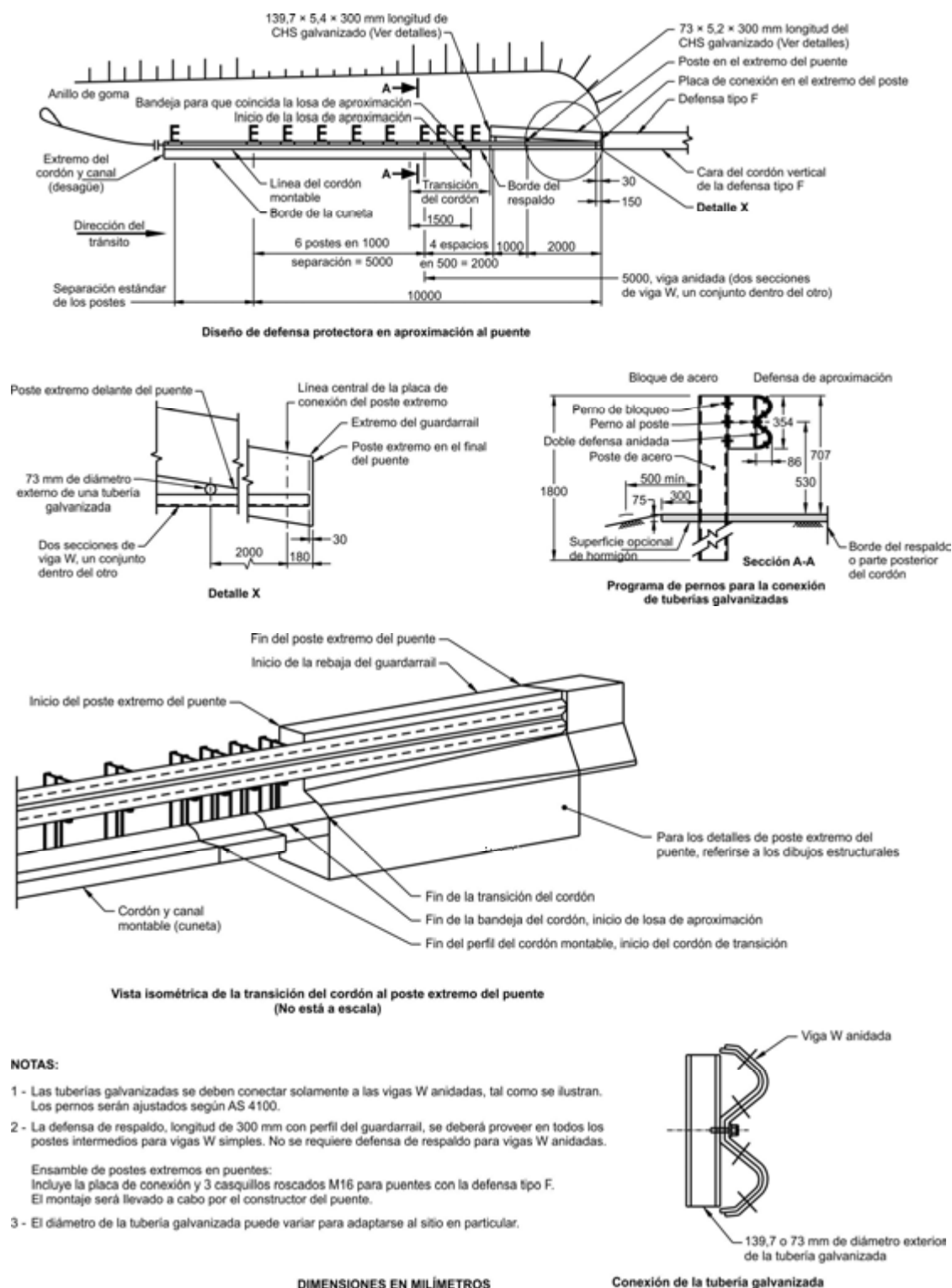


**Figura C 13.7.1.3.1. Detalles de la interfaz de tipo F a viga W (cumple TL-3)**

✓ Viga **W** a hormigón

Las vigas **W** están conectadas a una defensa de hormigón, ya sea mediante el uso de una transición de vigas de tres ondas (Figura C 13.7.1.3.1) o mediante la conexión de la viga **W** directamente al hormigón utilizando una transición directa aceptable (por ejemplo, ver en la Figura C 13.7.1.3.2 la longitud del poste extremo). Ambos tratamientos proporcionan una conexión estructuralmente sólida y una transición suave y rígida evitando que los vehículos que impactan se enganchen y embolsen.

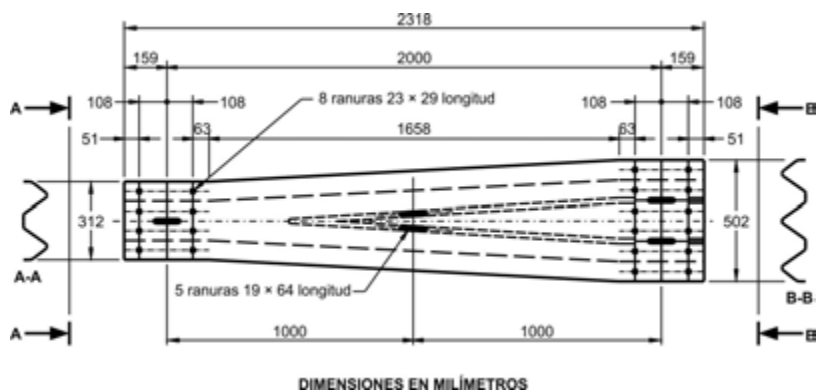




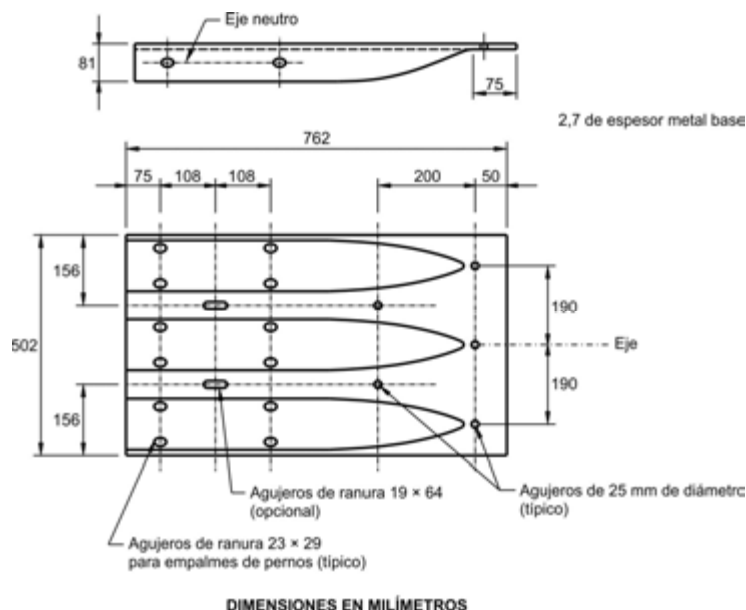
**Figura C 13.7.1.3.2. Detalles de la interfaz del tipo F a la viga de tres ondas (cumple TL-3)**

La transición a la viga de tres ondas implica:

- el uso de un producto prefabricado para conectar la viga **W** a la viga de tres ondas (Figura C 13.7.1.3.3).
- la separación de los postes se reduce desde la separación estándar (**2 m**) a **1 m** para cinco espacios y luego a **0,5 m** para los dos espacios antes de la defensa de hormigón.
- la anidación de la viga de tres ondas sobre los últimos **4 m** antes de la defensa de hormigón.
- el uso de un conector estructural para atornillar la viga de tres ondas en un rebaje de la defensa de hormigón (Figura C 13.7.1.3.4).



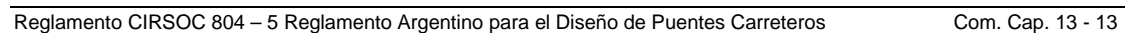
**Figura C 13.7.1.3.3. Sección de transición viga W – viga de tres ondas**



**Figura C 13.7.1.3.4. Conector estructural – viga de tres ondas**

- la viga **W** está empotrada en la defensa de hormigón proporcionando una cara de la defensa al ras de la conexión.
- la transición está fortalecida mediante la reducción progresiva de la separación de los postes, desde la separación estándar (**2 m**) a **1 m** y luego **0,5 m** en los últimos **10 m** de la viga.
- la transición está fortalecida aún más por la anidación de la viga **W** en los últimos **5 m**.
- la defensa de hormigón se abocina al alejarse de la viga **W**, siendo esta última rigidizada por secciones huecas circulares apoyadas sobre la cara del hormigón en la cola de la viga (Figura C 13.7.1.3.2).

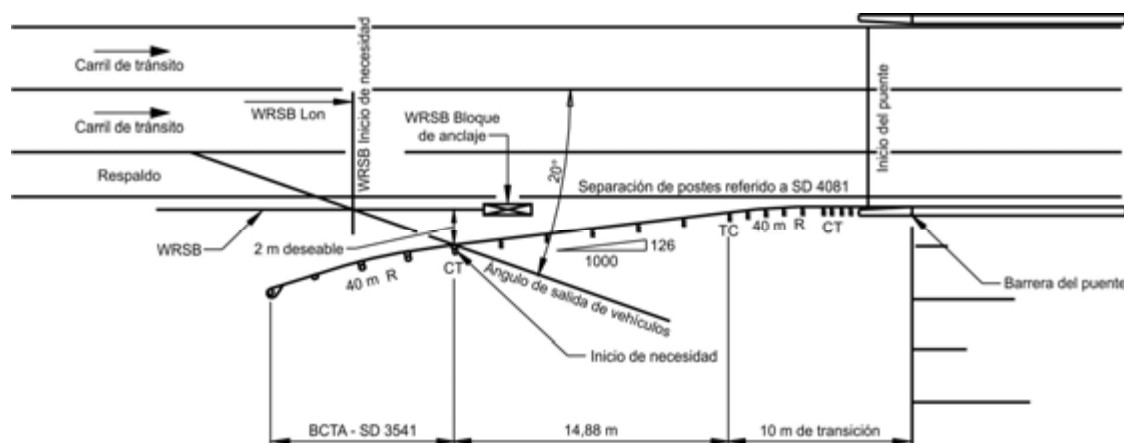
La transición entre la defensa de viga de tres ondas y la defensa de hormigón se logra mediante el uso de un conector estructural, como se muestra en la Figura C 13.7.1.3.4, que permite que la viga de tres ondas sea atornillada en un rebaje de la defensa de hormigón. Los detalles de la transición se muestran en la Figura C 13.7.1.3.5. La viga de tres ondas es rigidizada de la misma manera que la transición viga **W** a hormigón.



**Figura C 13.7.1.3.5. Detalles de la interfaz de tipo F a viga de tres ondas**

- ✓ Defensa de seguridad de cordón de alambre a defensa semirrígida

Estas transiciones implican que la defensa de seguridad de cordón de alambre se superponga a la defensa de viga **W** o viga de tres ondas por una distancia longitudinal nominal en base al emplazamiento. Si el espacio es suficiente, las defensas pueden estar separadas lateralmente de manera que trabajen de forma independiente (Figura C 13.7.1.3.6).

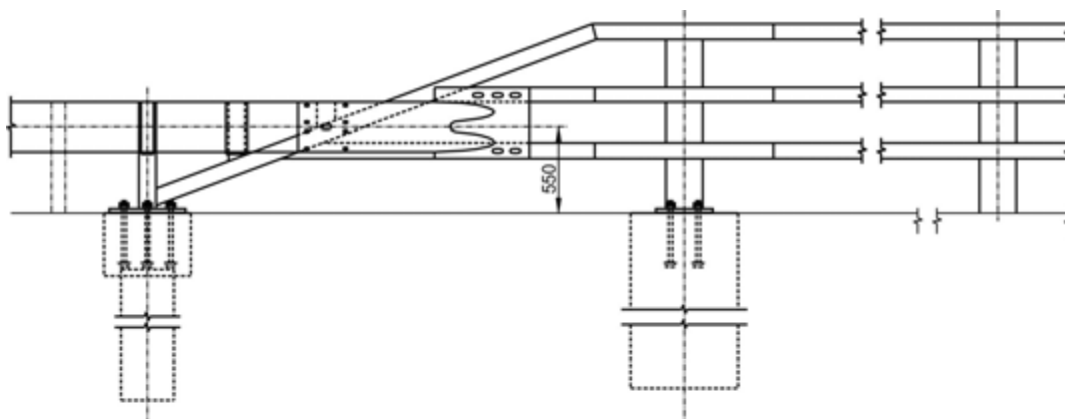


**Figura C 13.7.1.3.6. Disposición para el encuentro de WRSB (Wire Rope Safety Barrier = Defensa de Seguridad de Cordón de Alambre) con estructuras existentes**

- ✓ Defensas rígidas a defensas de carretera

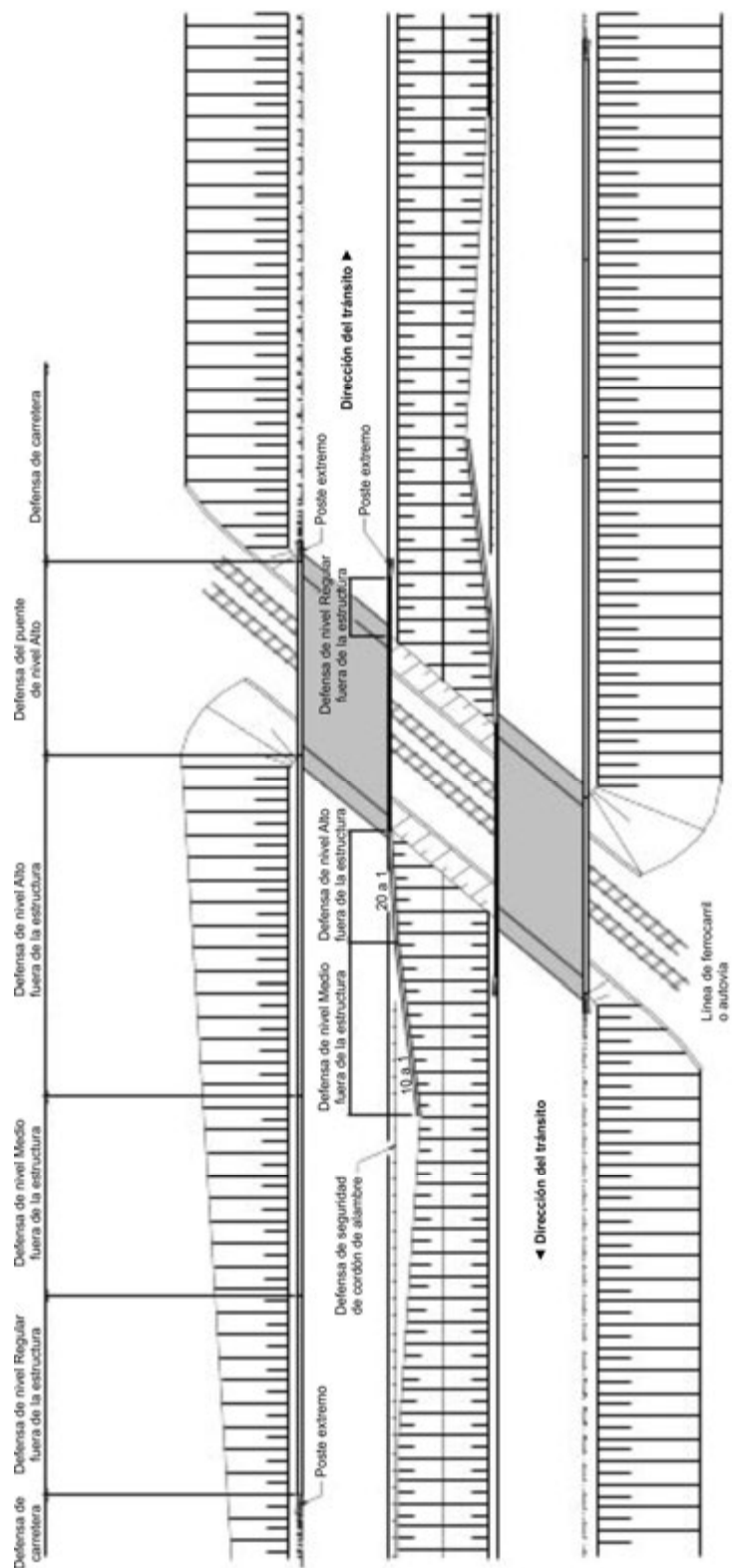
La transición desde una defensa de puente de alta contención a una defensa de carretera se debe establecer gradualmente. Por lo general, para defensas rígidas, la transición de un nivel de comportamiento debe ser a su nivel de comportamiento inferior más próximo. Las transiciones típicas para defensas rígidas incluyen:

- transición desde la defensa del puente del nivel de comportamiento Regular a la defensa de carretera (Figura C 13.7.1.3.7).
- transición desde la defensa del puente del nivel de comportamiento Alto a la defensa de carretera (Figura C 13.7.1.3.8).
- transición desde la defensa del puente del nivel de comportamiento Medio a la defensa de carretera (Figura C 13.7.1.3.9).



Conexión de la transición de la berrera de defensa a la barrera de guardia

**Figura C 13.7.1.3.7. Transición desde la defensa del puente del nivel de comportamiento Regular a la defensa de carretera**



**Figura C 13.7.1.3.8. Transición desde la defensa del puente del nivel de comportamiento Alto a la defensa de carretera**



Se enumeran en la Tabla C 13.7.1.3-1 ejemplos de diversos tipos de transición de defensas utilizados en Queensland.

**Tabla C 13.7.1.3-1. Transiciones típicas de defensas utilizadas en TMR (Transport and Main Roads)**

Dibujo	Descripción	Características
TMR SDRM 1475	Guardarrail de viga de acero – Instalación sobre puentes y defensas de aproximación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión de viga <b>W</b> a viga de tres ondas</li> <li>• Conexión de viga <b>W</b> / viga de tres ondas a defensa de puente</li> <li>• Conexión de viga de tres ondas a defensa de hormigón de pendiente única o muro de puente de hormigón</li> <li>• Conexión de viga <b>W</b> a defensa de hormigón de forma <b>F</b> o muro de puente de hormigón</li> </ul>
TMR SDRM 1475	Conexión del guardarrail entre el extremo de hormigón con la viga de tres ondas	Pendiente individual del muro de hormigón de <b>1 m</b> de altura por encima de la superficie de acabado utilizando una defensa de hormigón en el extremo de <b>3 m</b>
TMR SDRM 1475	Guardarrail de viga de acero	Conexión directa de la viga <b>W</b> en los postes extremos de hormigón
TMR SDRM 1475	Guardarrail de viga de acero	Conexión de la viga de tres ondas en los postes extremos de hormigón utilizando una defensa de transición
TMR SDRM 1475	Conexión entre la defensa para tránsito vehicular en puentes de acero y los postes extremos de la viga <b>W</b>	Barrera de dos defensas y postes
TMR SDRM 1475	Conexión entre la defensa para tránsito vehicular en puentes de acero y los postes extremos de la viga de tres ondas	Barrera de dos defensas y postes

### **C 13.7.2. Criterios para la selección de niveles de comportamiento de defensas para puentes**

Los seis niveles de ensayo aquí listados se corresponden con los seis niveles de ensayo indicados en el “MASH 2009”. Los documentos AASHTO “Una política de diseño geométrico de calles y carreteras” (AASHTO’s A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2004) y AASHTO “Guía de diseño del área adyacente del borde exterior de la calzada” (Roadside Design Guide, 2002), son de gran ayuda en el proceso de selección de un sistema de defensas para un puente.

Los ensayos individuales han sido diseñados para evaluar uno o más de los principales factores que afectan el comportamiento de la defensa del puente, los cuales incluyen la idoneidad estructural, el riesgo para los ocupantes del vehículo, y el comportamiento tras el impacto del vehículo de ensayo. En general, los niveles de ensayo más bajos se aplican para evaluar y seleccionar defensas de puente a utilizar en segmentos de carreteras de bajo nivel de servicio y en ciertos tipos de zonas de trabajo.

Los niveles de ensayo más elevados se aplican para evaluar y seleccionar defensas de puente a utilizar en carreteras de nivel de servicio más elevado o en ubicaciones que



exigen un comportamiento especial, superior, de las defensas del puente. En este sentido, se espera que las defensas correspondientes al TL-4 satisfagan la mayoría de los requisitos de diseño para carreteras nacionales o interprovinciales.

El nivel TL-5, que prevé la presencia del camión con remolque, cumplirá los requisitos de diseño donde las defensas correspondientes al TL-4 no se consideran adecuadas cuando se prevé la presencia de un número elevado de este tipo de vehículo, o debido a las condiciones desfavorables del sitio de emplazamiento donde el vuelco o la penetración de un vehículo más allá de la defensa podría dar lugar a consecuencias graves.

El nivel TL-6, que prevé la presencia de camiones tipo tanque o cisterna, cumplirá los requisitos de diseño para estos tipos de vehículos, los cuales tienen su centro de gravedad muy elevado, quienes han sufrido vuelcos o penetraciones en el pasado, o bien cuando las condiciones desfavorables del sitio de emplazamiento puedan indicar la necesidad de que la resistencia de la defensa sea la correspondiente a este nivel.

Entre las condiciones desfavorables de un sitio de emplazamiento se pueden mencionar un radio reducido de curvatura, pendientes pronunciadas descendentes en la curvatura, pendientes variables en sentido transversal, y condiciones meteorológicas adversas.

Las instituciones públicas o privadas deben desarrollar lineamientos objetivos para aplicar a las defensas de los puentes. Estos lineamientos deben tomar en cuenta factores tales como las condiciones del tránsito, el volumen y la composición del tránsito, el costo y el comportamiento en servicio, y el costo del ciclo de vida de las defensas existentes.

Estos criterios, incluyendo las características y tolerancias de otros tipos de vehículos, se describen detalladamente en el MASH 2009.

**C 13.7.2.1. Niveles de comportamiento de las defensas de puentes (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.2. Categorías de los emplazamientos (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.3. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT1 (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.4. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT2 (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.5. Criterios para la definición de la categoría de emplazamiento CAT3 (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.6. Método CAT1 (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.7. Método CAT2 – Procedimiento basado en gráficos (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.7.1. Determinar el TMDA y el porcentaje de vehículos pesados (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.7.2. Determinar el TMDA ajustado (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.7.3. Determinar el nivel de comportamiento de la defensa (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.8. Método CAT3 – Especificación, normas y análisis B/C (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.8.1. Especificación de estándares para el nivel de comportamiento medio (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.8.2. Especificación de estándares para el nivel de comportamiento alto (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.2.9. Criterio de ensayo para las defensas vehiculares (Este artículo no tiene comentarios)**

**C 13.7.3. Diseño de las defensas**

**C 13.7.3.1. Requisitos generales**

Las salientes o depresiones en las aberturas de la defensa pueden ser aceptables, siempre que su espesor, profundidad, o geometría, no eviten que la defensa satisfaga los criterios de evaluación del ensayo de choque.

**C 13.7.3.1.1. Aplicación de sistemas previamente ensayados**

Cuando se modifica un detalle menor o se hacen mejoras al sistema de defensa que ya ha sido ensayado y aprobado, el Ingeniero deberá aplicar su criterio profesional para determinar si es necesario o no realizar ensayos de choque adicionales.

**C 13.7.3.1.2. Sistemas nuevos**

El diseño preliminar del tablero del puente debe satisfacer los requisitos del artículo A13.1.2. Durante el programa de ensayo, de la defensa, se debe determinar si la armadura del tablero es adecuada para distribuir las cargas de anclaje de los postes al tablero. Si el programa de ensayo modela satisfactoriamente el tablero del puente, los daños al borde del tablero se podrán evaluar en el momento de la realización de los ensayos.

En los voladizos del tablero, correctamente diseñados, los mayores daños provocados por el impacto de los vehículos ocurren en las secciones cortas de las áreas de losa donde se produce el impacto contra la barrera.

**C 13.7.3.2. Altura del muro o defensa para tránsito vehicular**

Mediante ensayos de choque y experiencia, se ha determinado que estas alturas son satisfactorias.

Para anticipar la posible colocación de sobrecapas futuras sobre el tablero se han utilizado invasiones de **0,05 m**, dejando un zócalo de **0,025 m** en el perfil seguro. Mediante ensayos de choque se ha determinado que esta solución es satisfactoria.

**C 13.8. BARANDAS PARA PEATONES**

**C 13.8.1. Geometría**

El tamaño de las aberturas debe poder retener una lata de bebida de tamaño estándar.

**C 13.8.2. Sobrecargas nominales**

Estas sobrecargas se aplican a las defensas. La sobrecarga peatonal, especificada en el artículo 3.6.1.6 del **Reglamento CIRSOC 801**, se aplica a la vereda.

## **C 13.9. BARANDAS PARA CICLISTAS**

### **C 13.9.1. Requisitos generales (Este artículo no tiene comentarios)**

### **C 13.9.2. Geometría**

Las defensas, cercas o barreras en ambos lados de un camino compartido sobre la estructura, o a lo largo de una bicienda, una senda de uso común o una carretera señalizada compartida sobre un puente carretero deben tener una altura mínima de **1,05 m**. La altura mínima de **1,05 m** es conforme a la “Guía AASHTO para el Desarrollo de Instalaciones para Bicicletas” (AASHTO Guide for the Development of Bicycle Facilities, Third Edition, 1999).

Sobre un puente tipo o en aproximación a un puente, donde hay más probabilidad que ocurra el impacto a alta velocidad y con elevado ángulo (mayor o igual a **25°**) contra una defensa, cerca o barrera (tal como en curvas de radio corto con distancia de visibilidad limitada o al final de una pendiente longitudinal descendente), o bien en ubicaciones que por razones de seguridad específicas del lugar, se debe considerar una altura de **1,20 m** para la defensa, cerca o barrera.

La necesidad de adjuntar rieles de fricción a una defensa o cerca es un tema controversial entre muchos ciclistas.

### **C 13.9.3. Sobrecargas nominales (Este artículo no tiene comentarios)**

## **C 13.10. DEFENSAS COMBINADAS**

### **C 13.10.1. Requisitos generales (Este artículo no tiene comentarios)**

### **C 13.10.2. Geometría (Este artículo no tiene comentarios)**

### **C 13.10.3. Sobrecargas nominales (Este artículo no tiene comentarios)**

## **C 13.11. CORDONES Y VEREDAS**

### **C 13.11.1. Requisitos generales (Este artículo no tiene comentarios)**

### **C 13.11.2. Veredas**

Generalmente no se proveen veredas sobreelevadas en aquellos puentes en los cuales el acceso al puente no tiene un cordón para peatones o si la estructura no ha sido diseñada para su uso por parte de peatones.

El lector puede consultar recomendaciones acerca del ancho de las veredas en la Figura 13.7.1.1-1 y en la publicación AASHTO “Una política de diseño geométrico de calles y carreteras” (AASHTO’s A Policy on Geometric Design of Highways and Streets).

Durante la etapa constructiva, se deberán aplicar las mismas consideraciones de graduación en las rampas que unen la vereda del puente con la superficie de acceso.

### C 13.11.3. Tratamiento de los extremos de defensas divisorias (Este artículo no tiene comentarios)

## COMENTARIOS DEL APÉNDICE A13. DEFENSAS Y BARANDAS

### C A13.1. GEOMETRÍA Y ANCLAJES

#### C A13.1.1. Separación de los elementos de las defensas

El retiro de los postes, especificado a partir de la cara de los barandales, para diferentes geometrías de postes, se basa en una cantidad limitada de datos de ensayos de choque. Como parte del programa de ensayos de choque se debe evaluar el potencial de enganche de las ruedas que involucra un determinado diseño en particular.

El retiro de los postes, **S**, ilustrado en la Figura A13.1.1-2 para postes de diferentes geometrías, reconoce la tendencia que tienen algunas geometrías de enganchar las ruedas de los vehículos. Las diferentes definiciones del retiro, **S**, implican que, a igualdad de los demás factores, el espacio entre un barandal y la cara de un poste rectangular será mayor que la distancia entre un barandal y la cara de un poste circular.

#### C A13.1.2. Anclajes

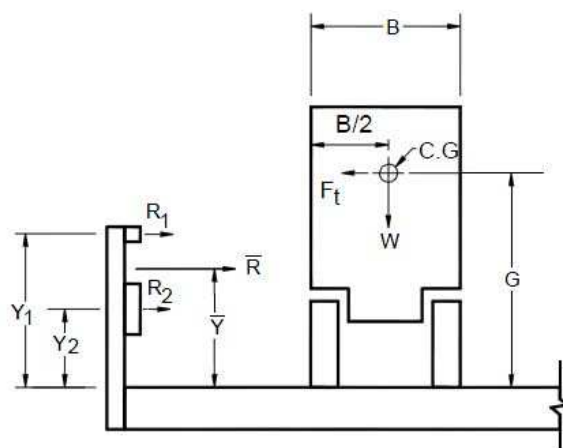
Como agentes adhesivos no corrosivos para los pasadores de anclaje se pueden utilizar mortero de cemento, epoxi o un compuesto de fosfato de magnesio. No se deben utilizar morteros con azufre ni morteros expansivos.

Algunos de los agentes adhesivos disponibles en el mercado tienen propiedades corrosivas; se deben evitar el empleo de estos agentes.

La longitud de anclaje de las barras de armadura se especifica en el **Reglamento CIRSOC 802** (Capítulo 5 – Puentes de Hormigón).

### C A13.2. FUERZAS NOMINALES PARA LAS DEFENSAS DE TRÁNSITO VEHICULAR

La Figura C A13.2-1 ilustra la simbología utilizada en las Ecuaciones A13.2-1 y A13.2-2.



**Figura C A13.2-1. Defensa vehicular**

Si la resistencia total,  $\bar{R}$ , de un sistema de defensa, formado por postes y barandales con múltiples barandales, es significativamente mayor que la carga aplicada,  $F_t$ , se podrá reducir la resistencia,  $R_i$ , del barandal inferior utilizado en los cálculos.

El valor reducido de  $\bar{R}$  aumentará el valor calculado de  $\bar{Y}$ . La resistencia ideal total reducida del barandal y su altura efectiva deben satisfacer las Ecuaciones A13.2-2 y A13.2-3.

Se ha demostrado que la Ecuación A13.2-1 permite predecir razonablemente la altura efectiva de la defensa requerida para evitar vuelcos.

Si la carga nominal ubicada en  $H_e$  se encuentra en un espacio entre defensales, esta carga se debe distribuir proporcionalmente entre los elementos de la defensa por encima y por debajo de  $H_e$  de manera tal que  $Y \geq H_e$ .

A modo de ejemplo del significado de los datos incluidos en la Tabla A13.2-1, la longitud de **1,20 m** para  $L_t$  y  $L_L$  corresponde a la longitud de contacto significativo entre el vehículo y la defensa observada en filmaciones de ensayos de choque. La longitud de **1,05 m** para las defensas TL-4 corresponde al diámetro de los neumáticos del eje trasero del camión. La longitud de **2,40 m** para defensas TL-5 y TL-6 corresponde a la longitud de los ejes traseros del tándem: dos neumáticos de **1,05 m** de diámetro más **0,30 m** entre los mismos.  $F_v$ , es decir el peso de un vehículo apoyando sobre la defensa del puente, se distribuye en la longitud del vehículo en contacto con la defensa,  $L_v$ .

En el caso de las defensas de hormigón, la Ecuación A13.2-1 da como resultado una altura teórica requerida,  $H$ , igual a **0,86 m** para el Nivel de Ensayo TL-4. Sin embargo, como se indica en la Tabla A13.2-1, se consideró que una defensa de **0,81 m** de altura es aceptable, ya que se han construido numerosas defensas de esta altura, las cuales parecen estar comportándose satisfactoriamente.

La altura mínima,  $H$ , listada para TL-1, TL-2 y TL-3 se basa en la mínima altura de defensa utilizada en el pasado. La mínima altura efectiva,  $H_e$ , para TL-1 corresponde a una estimación en base a la limitada cantidad de información disponible para este nivel de ensayo.

La altura mínima,  $H$ , de **1,05 m** indicada en la Tabla A13.2-1 para TL-5 se basa en la altura utilizada para barreras de hormigón ensayadas al choque exitosamente, involucrando sólo los neumáticos del camión. Para las defensas de puentes formadas por postes y barandales metálicos, puede ser prudente aumentar esta altura sumándole **0,30 m** de manera de considerar también la caja del camión.

La altura mínima,  $H$ , indicada en la Tabla A13.2-1, para TL-6 es la altura requerida para enganchar el lateral del tanque de acuerdo con lo determinado mediante ensayos de choque.

La Figura A13.2-1 ilustra las fuerzas nominales de la Tabla A13.2-1 aplicadas a una defensa formada por postes y barandales. Esta figura se incluye exclusivamente a título ilustrativo. Las fuerzas y longitudes de distribución ilustradas se aplican para cualquier tipo de defensa.

### **C A13.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LAS DEFENSAS UTILIZADAS COMO PROTOTIPOS DE ENSAYO**

#### **C A13.3.1. Defensas de hormigón**

El análisis por líneas de fluencia ilustrado en las Figuras C A13.3.1-1 y C A13.3.1-2 incluye sólo la capacidad última a flexión del elemento de hormigón. Para resistir el corte y/o las fuerzas de tracción diagonal se deben disponer de estribos abiertos o estribos cerrados.

La resistencia última a flexión,  $M_s$ , del tablero o losa del puente se debe determinar reconociendo que el tablero también resiste una fuerza de tracción generada por la componente de las fuerzas de impacto,  $F_t$ .

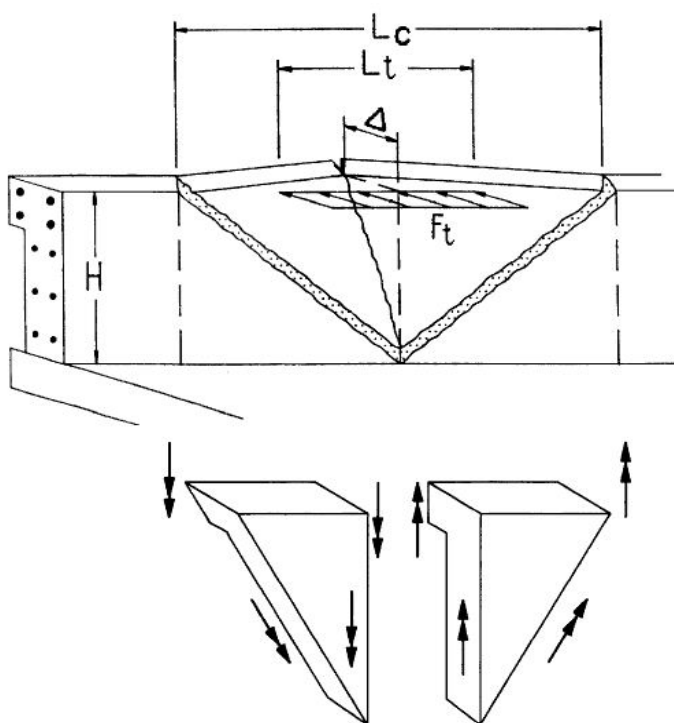
En este análisis se supone que el patrón de falla por líneas de fluencia ocurre exclusivamente en el muro y no se propaga hacia el tablero. Esto significa que el tablero debe tener suficiente resistencia para obligar a que el patrón de falla por líneas de fluencia se mantenga dentro del muro. Si dicho patrón de falla se extiende hacia el tablero, las expresiones para calcular la resistencia del muro pierden su validez.

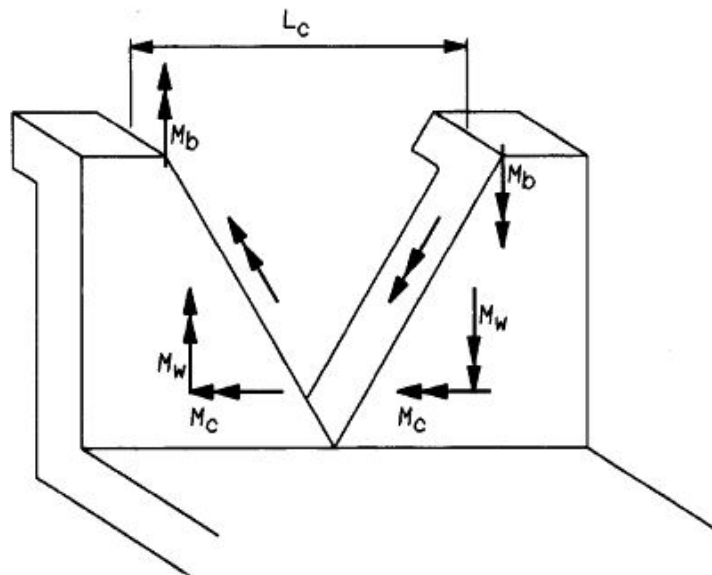
El análisis también se basa en la hipótesis de que existe un tramo longitudinal suficiente del muro para lograr el patrón de falla ilustrado. Si el muro tiene poca longitud, es posible que se forme una única línea de fluencia a lo largo de la unión entre el muro y el tablero. Este tipo de patrón de falla es posible, y la resistencia del muro se debe calcular utilizando un análisis apropiado.

Este análisis se basa en la hipótesis de que los momentos resistentes negativo y positivo del muro son iguales y que los momentos resistentes negativo y positivo de la viga son iguales.

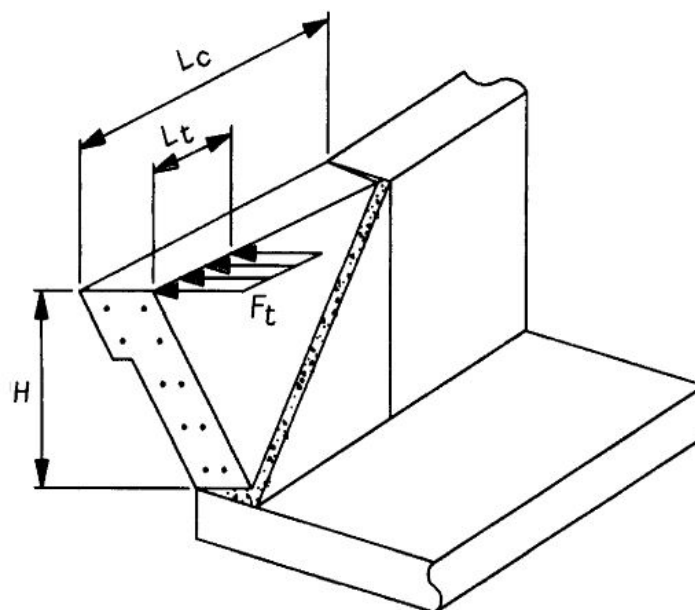
La medida de la resistencia de un sistema de defensa de hormigón es  $R_w$ , valor que se compara con las cargas indicadas en la Tabla A13.2-1 para determinar si la defensa es estructuralmente adecuada. Las resistencias a flexión,  $M_b$ ,  $M_w$ , y  $M_c$ , se relacionan con la resistencia del sistema  $R_w$  a través del análisis por líneas de fluencia representado en las Ecuaciones A13.3.1-1 y A13.3.1-2. En la simbología de este Reglamento,  $R_w$  es la "resistencia nominal", ya que este valor se compara con la "carga nominal" indicada en la Tabla A13.2-1.

Si el ancho de la defensa de hormigón varía en función de la altura, el valor de  $M_c$ , utilizado en las Ecuaciones A13.3.1-1 a A13.3.1-4 para determinar la resistencia del muro, se debe tomar como el promedio de su valor en toda la altura de la defensa.





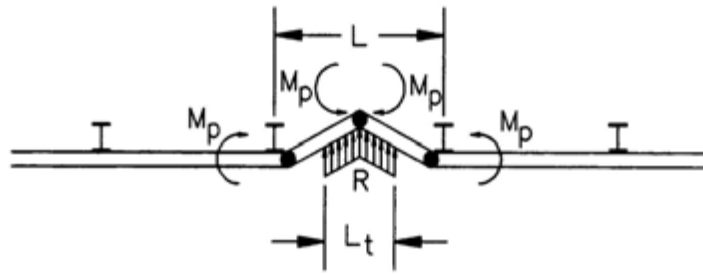
**Figura C A13.3.1-1. Análisis mediante líneas de fluencia de un muro de hormigón para el caso de impacto dentro de un segmento del muro**



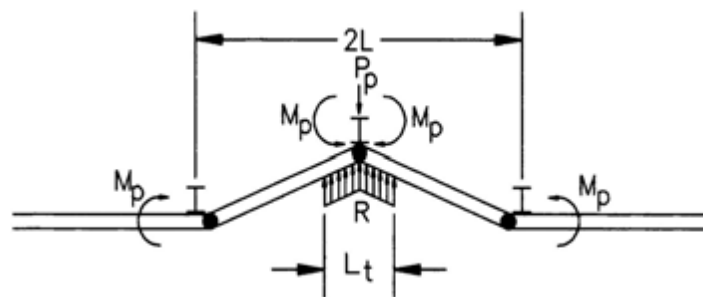
**Figura C A13.3.1-2. Análisis mediante líneas de fluencia de un muro de hormigón para el caso de un impacto cerca del extremo de un segmento del muro**

### **C A13.3.2. Defensas formadas por postes y barandales**

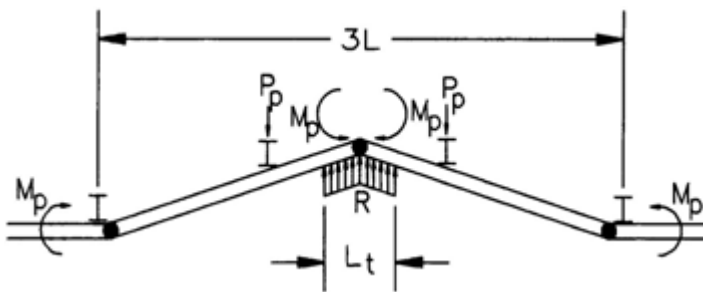
En la Figura C A13.3.2-1 se ilustra una base para la aplicación de un análisis inelástico.



Modo de falla para un solo tramo



Modo de falla para dos tramos



Modo de falla para tres tramos

**Figura C A13.3.2-1. Posibles modos de falla en defensas formadas por postes y barandales**

Este procedimiento de diseño es aplicable a defensas metálicas y de hormigón formadas por postes y barandales.

El poste en cada extremo del mecanismo plástico debe ser capaz de resistir el esfuerzo de corte del defensoral o el barandal.

En los sistemas de múltiples barandales, cada una de los barandales puede contribuir al mecanismo de fluencia esquematizado en la Figura C A13.3.2-1, dependiendo de la rotación correspondiente a su posición vertical.



### **C A13.3.3. Muro de hormigón y defensa metálica**

Ver el comentario C A13.2.

También se debe reconocer que se podría obtener una máxima altura efectiva,  $\bar{Y}$ , igual a la altura del baricentro de la defensa,  $H_R$ , pero sólo para una resistencia resultante reducida,  $\bar{R}$ , igual a la capacidad del poste,  $P_p$ , y la capacidad de la defensa,  $R'_R$ .

Este análisis no considera los impactos que pueden ocurrir cerca de las juntas abiertas del muro de hormigón. La defensa metálica ayudará a distribuir la carga a través de estas juntas. La resistencia de la defensa se mejora si se minimiza el uso de juntas de expansión y contracción.

En el caso de un impacto cerca del extremo de un segmento de defensa, la resistencia nominal se puede calcular como la sumatoria de la resistencia del muro, calculada mediante la Ecuación A13.3.1-3, y la resistencia de la defensa metálica en un tramo, calculada mediante la Ecuación A13.3.2-3.

### **C A13.3.4. Defensas de madera (Este artículo no tiene comentarios)**

## **C A13.4. DISEÑO DEL VOLADIZO LATERAL DEL TABLERO**

### **C A13.4.1. Casos de diseño (Este artículo no tiene comentarios)**

#### **C A13.4.2. Tableros que soportan muros de hormigón**

Si la capacidad del voladizo lateral del tablero es menor que la especificada, es posible que no se desarrolle en el muro el mecanismo de falla por líneas de fluencia como se ilustra en la Figura C A13.3.1-1. En este caso las Ecuaciones A13.3.1-1 y A13.3.1-2 perderán su validez.

El programa de ensayos de choque se orienta hacia la supervivencia del sistema de defensas, no necesariamente a la identificación de su resistencia última. Esto significa que se podría lograr un sistema de defensa significativamente sobredimensionado, lo cual podría llevar que también el voladizo lateral del tablero resulte sobredimensionado.

#### **C A13.4.3. Tableros que soportan defensas formadas por postes y barandales**

##### **C A13.4.3.1. Diseño del voladizo lateral del tablero**

La colisión de vehículos sobre los sistemas de defensas formados por barandales y postes, como por ejemplo los sistemas metálicos con postes de ala ancha o tubulares, imponen al tablero importantes momentos y fuerzas concentradas en los puntos de unión de los postes al tablero.

En las ediciones anteriores de las Especificaciones Estándares las cargas de las defensas o postes se distribuían a la losa utilizando un análisis simplificado similar, por ejemplo, "Si no se utiliza ningún muro, la longitud efectiva de la losa que resiste las cargas de un poste deberá ser igual a  $E = 0,8 \cdot x + 1,14 \text{ m}$ , mientras que si se utiliza un muro, esta longitud deberá ser igual a  $E = 0,8 \cdot x + 1,52 \text{ m}$ , siendo  $x$  la distancia en  $\text{m}$  desde el centro del poste hasta el punto analizado".

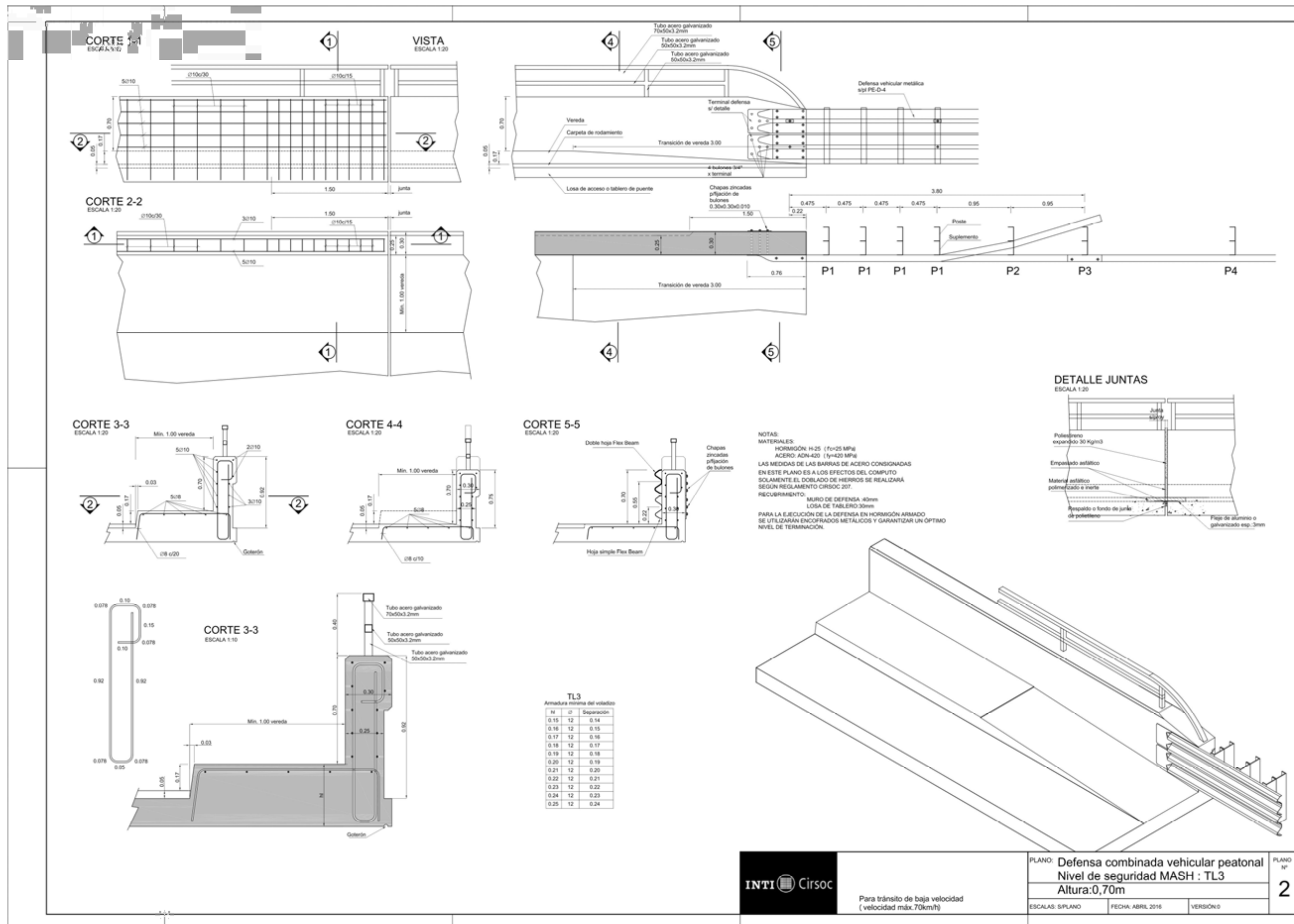
##### **C A13.4.3.2. Resistencia al corte por punzonamiento**

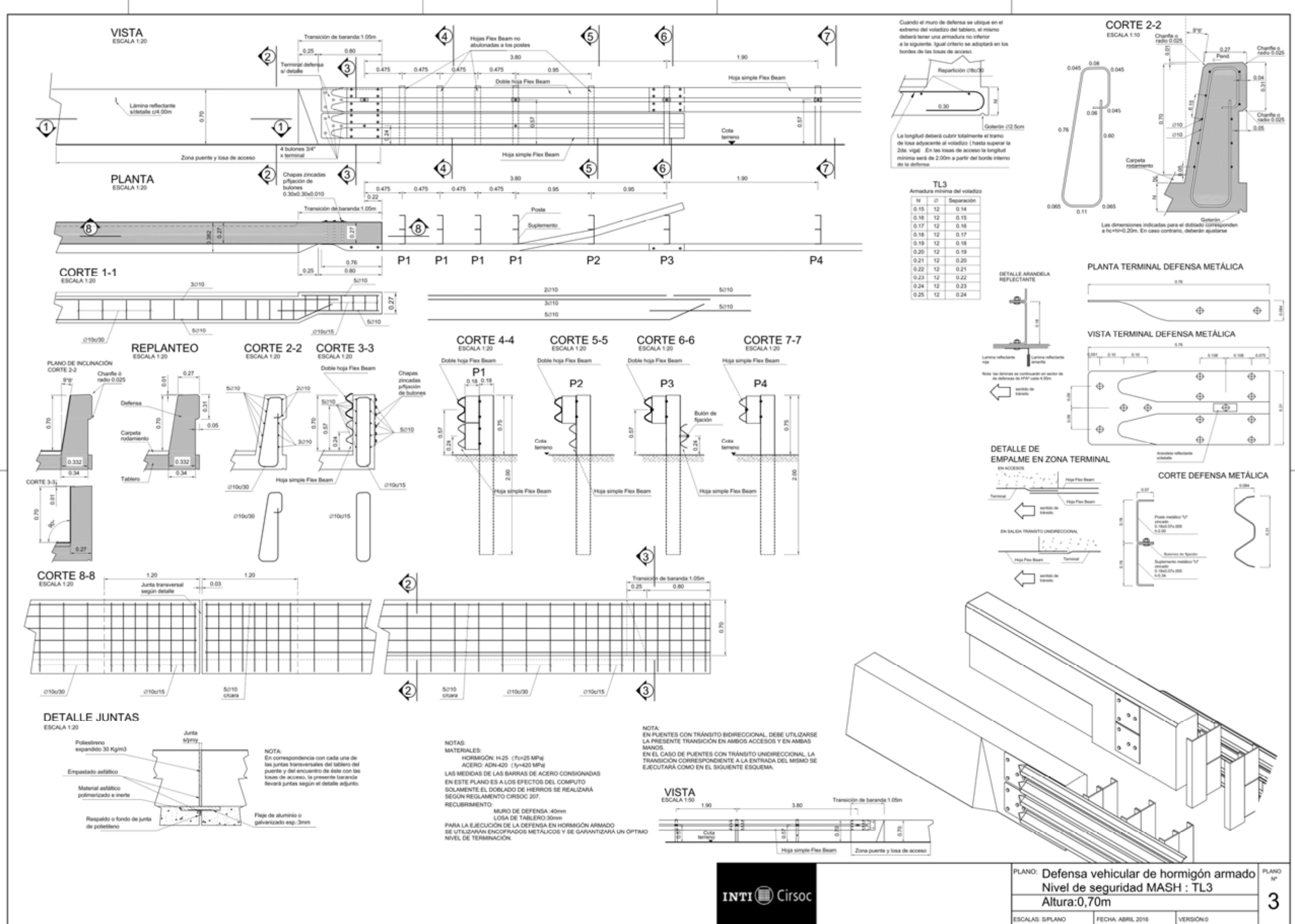
Muchas veces las losas o tableros de hormigón fallan por el corte por punzonamiento, generado por la fuerza que ejerce el ala comprimida del poste, **C**. Para resistir este tipo de falla se deben proveer adecuados valores en el espesor **h**, en la distancia al borde **E**, o en el tamaño de la placa base (**W<sub>b</sub>** o **B** o **espesor**).

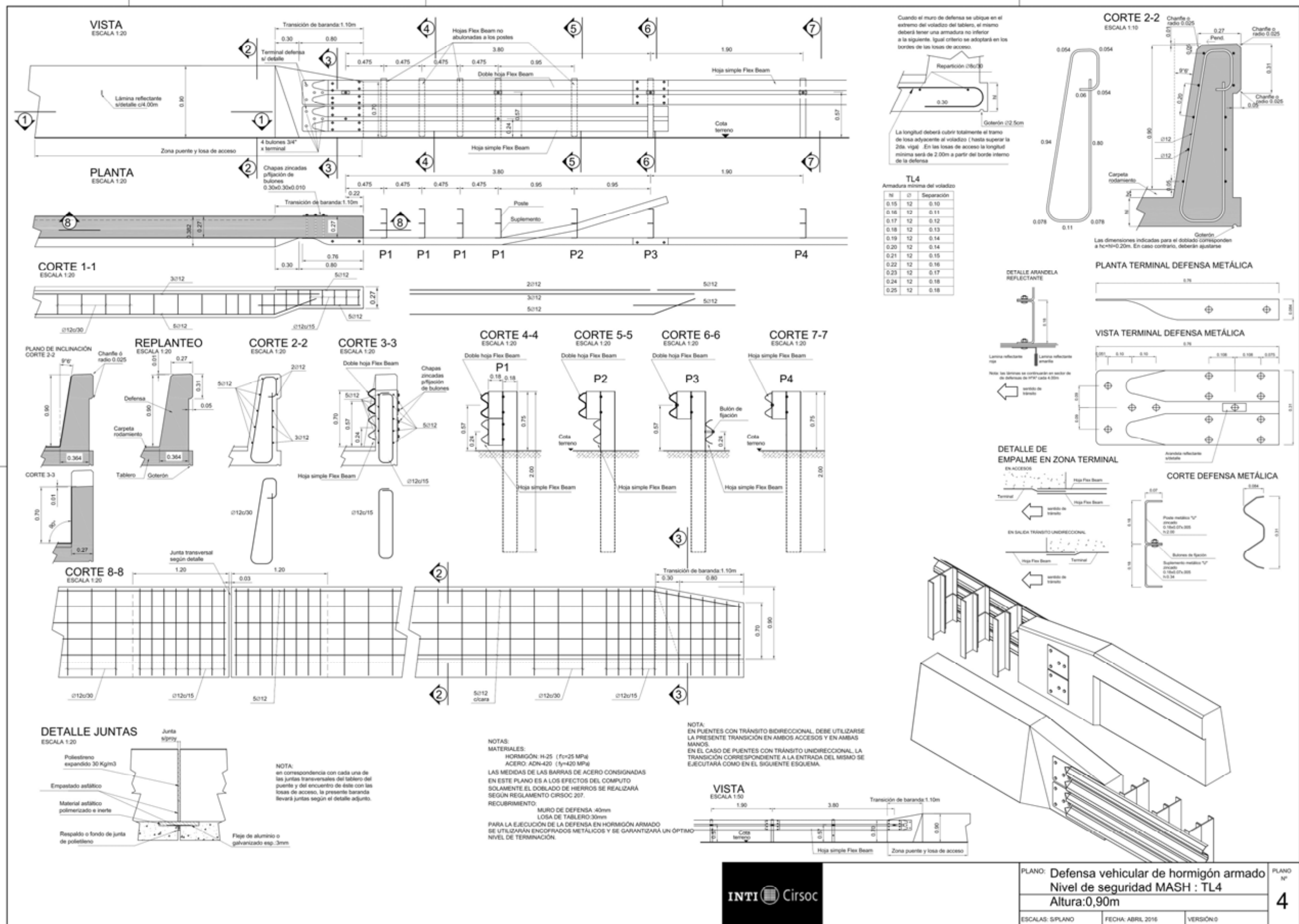
Tanto mediante resultados de ensayos como mediante experiencia práctica se ha demostrado que, cuando ocurre una falla del tablero de un puente, el modo de falla es de tipo corte por punzonamiento con pérdida de integridad estructural entre el hormigón y las barras o alambres de acero. El uso de diferentes tipos de armadura de corte puede incrementar la resistencia última de la conexión poste-tablero, pero esta armadura no será efectiva para reducir el corte, la tracción diagonal ni la fisuración en el tablero. La resistencia al corte se puede incrementar aumentando ya sea el espesor de la losa, el ancho y el espesor de la placa base, o la distancia al borde.

## **COMENTARIOS DEL APÉNDICE B13. PLANOS TIPO DE DEFENSAS VEHICULARES**









PLANO: Defensa vehicular de hormigón armado  
Nivel de seguridad MASH : TL4  
Altura: 0,90m

ESCALAS: S/PLANO    FECHA: ABRIL 2016    VERSIÓN: 0

4







## **BIBLIOGRAFÍA**

En esta versión 2019 del Reglamento CIRSOC 804, se ha incluido la bibliografía original del AASHTO LRFD 2012.

### **BIBLIOGRAFÍA, CAPITULO 13**

AASHTO. 2009. Manual for Assessing Safety Hardware, MASH-1. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

AASHTO. 2011. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Sixth Edition, GDHS-6. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

AASHTO. 2011. Roadside Design Guide, Fourth Edition, RSDG-4. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

Alberson, D. C., R. A. Zimmer, and W. L. Menges. 1997. NCHRP Report 350 Compliance Test 5-12 of the 1.07-m Vertical Wall Bridge Railing, FHWA/RD-96/199. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, DC.

Standardised Bridge Barrier Design, Austroads Research Report AP-R445-13.

Buth, C. E., W. L. Campise, L. I. Griffin, M. L. Love, and D. L. Sicking. 1986. Performance Limits of Longitudinal Barriers, FHWA/RD-86/153, Test 4798-13. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, DC.

Michie, J. D. 1981. NCHRP Report 230: Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Appurtenances. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.

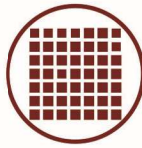
Ross, H. E., D. L. Sicking, R. A. Zimmer, and J. D. Michie. 1993. NCHRP Report 350: Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.





**INTI**

INSTITUTO NACIONAL DE  
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



**CIRSOC**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS  
REGLAMENTOS NACIONALES DE  
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES