

NORMA Oficial Mexicana NOM-037-SICT2-2026, Barreras de protección en carreteras y vías urbanas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-037-SICT2-2026 "BARRERAS DE PROTECCIÓN EN CARRETERAS Y VÍAS URBANAS"

Arq. Tania Carro Toledo, Subsecretaria de Comunicaciones y Transportes, en calidad de Titular de la Presidencia del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, con fundamento en los artículos 26 y 36 fracciones I y XII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 3 y 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 1, 3 fracción IX, 4 fracción XVI, 10 fracción XII, 24, 27, 35 fracción V, 37, 38 y 39 de la Ley de Infraestructura de la Calidad; 5 fracción VI y 32 de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal; y 6 fracción XIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; y

CONSIDERANDO

Que es necesario establecer los criterios generales que han de considerarse para el diseño y colocación de barreras de protección en las carreteras y vías urbanas de jurisdicción federal, estatal y municipal, así como establecer su designación, definición y utilización, con el propósito de minimizar la severidad de los siniestros de tránsito que pudieran presentarse.

Que con la presente Norma Oficial Mexicana se fortalece el marco regulatorio en materia de seguridad vial, en consonancia con la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, expedida el 17 de mayo de 2022.

Que el 27 de marzo de 2026 la Agencia de Transformación Digital y Telecomunicaciones emitió la Constancia de Exención del Análisis de Impacto Regulatorio con Folio: ATDT-2026-0331, correspondiente a la Norma Oficial Mexicana NOM-037-SICT2-2026, Barreras de protección en carreteras y vías urbanas.

Que habiéndose dado cumplimiento al procedimiento establecido en la Ley de Infraestructura de la Calidad, para la publicación de Normas Oficiales Mexicanas, la Subsecretaria de Comunicaciones y Transportes y Presidenta del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, con fecha 19 de diciembre de 2025, ordenó la publicación en el Diario Oficial de la Federación del aviso de consulta pública del Proyecto de Norma Oficial Mexicana, PROY-NOM-037-SICT2-2025, Barreras de protección en carreteras y vías urbanas.

Que durante el plazo de 60 días naturales, contados a partir de la fecha de publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana el día 19 de diciembre de 2025, dicho proyecto de NOM estuvo a disposición del público en general para su consulta, en el domicilio del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre y los interesados presentaron sus comentarios al Proyecto de Norma Oficial Mexicana de referencia, los cuales fueron analizados, resueltos en el seno del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, integrándose a la Norma Oficial Mexicana las observaciones procedentes.

Que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre tuvo a bien aprobar la NOM-037-SICT2-2026, Barreras de protección en carreteras y vías urbanas, en su Primera Sesión Ordinaria del 26 de marzo de 2026.

En tal virtud y previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, he tenido a bien expedir la Norma Oficial Mexicana NOM-037-SICT2-2026, Barreras de protección en carreteras y vías urbanas.

Ciudad de México, a 7 de abril de 2026.- La Subsecretaria de Comunicaciones y Transportes y Presidenta del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, **Tania Carro Toledo**.- Rúbrica.

PREFACIO

En la elaboración de esta Norma Oficial Mexicana participaron:

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
- DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
- DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS
- DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO
- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
- AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

- DIRECCIÓN TÉCNICA

SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

- DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA TERRITORIAL Y MOVILIDAD

SECRETARÍA DE TURISMO

- DIRECCIÓN GENERAL DE NORMALIZACIÓN Y VERIFICACIÓN

GUARDIA NACIONAL DE LA SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL

- DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD EN CARRETERAS E INSTALACIONES

SECRETARÍA DE MOVILIDAD DE LA CIUDAD DE MÉXICO

- DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD VIAL Y SISTEMAS DE MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE

INSTITUCIONES ACADÉMICAS

- INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
- ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, UNIDAD ZACATENCO, DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
- FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CÁMARAS Y SOCIEDADES TÉCNICAS

- CÁMARA NACIONAL DEL AUTOTRANSPORTE DE CARGA
- CÁMARA NACIONAL DEL AUTOTRANSPORTE DE PASAJE Y TURISMO
- CONFEDERACIÓN NACIONAL DE TRANSPORTISTAS MEXICANOS, A.C.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES, A.C.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE TRANSPORTE PRIVADO, A.C.
- COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MÉXICO, A.C.
- ALIANZA NACIONAL POR LA SEGURIDAD VIAL, A.C.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE AUTORIDADES DE MOVILIDAD

-
0. Introducción
 1. Objetivo
 2. Campo de aplicación
 3. Referencias
 4. Definiciones
 5. Barreras de orilla de corona y separadoras de sentidos de circulación (OD-4.1 y OD-4.2)
 - 5.1. Clasificación
 - 5.2. Utilización
 - 5.3. Selección
 - 5.4. Emplazamiento
 - 5.5. Instalación
 6. Parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5)
 - 6.1. Clasificación
 - 6.2. Utilización
 - 6.3. Selección
 - 6.4. Emplazamiento
 - 6.5. Instalación
 7. Secciones de transición (OD-4.3)
 - 7.1. Clasificación
 - 7.2. Utilización
 - 7.3. Selección
 - 7.4. Emplazamiento
 - 7.5. Instalación
 8. Secciones extremas (OD-4.4)
 - 8.1. Secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1)
 - 8.2. Secciones de anclaje (OD-4.4.2)
 - 8.3. Secciones insertas en taludes de corte (OD-4.4.3)
 - 8.4. Secciones aterrizadas (OD-4.4.4)
 9. Barreras en zonas de obra (OD-4.6)
 - 9.1. Clasificación
 - 9.2. Selección
 - 9.3. Emplazamiento
 - 9.4. Instalación
 10. Troquelado de las barreras de protección
 11. Conservación
 12. Proyecto
 13. Concordancia con normas internacionales
 14. Bibliografía
 15. Evaluación de la conformidad
 16. Vigilancia
 17. Observancia
 18. Vigencia
 - 0. Introducción**

En algunos tramos de carreteras y vías urbanas es posible que, por condiciones meteorológicas, fallas mecánicas, errores de los conductores o por características específicas del camino, algunos conductores pierdan el control sobre sus vehículos, ocasionando siniestros de tránsito que ponen en riesgo la vida de sus ocupantes y de otras personas, así como la integridad de las estructuras que pudieran existir en la orilla del camino. Para reducir la severidad de los posibles siniestros de tránsito, se pueden instalar barreras de protección, a fin de que los vehículos no se salgan del camino, mismas que deben proyectarse y colocarse de acuerdo con estrictos criterios técnicos para lograr su eficacia y evitar daños mayores en los ocupantes, en terceras personas y en estructuras adyacentes.

Salvo las secciones aterrizadas (OD-4.4.4) que se basan en las recomendaciones de la Orden Circular 35/2014 del Ministerio de Fomento del Gobierno de España, esta Norma Oficial Mexicana se sustenta en el *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016], que contiene guías uniformes para las pruebas de impacto a escala real de los dispositivos de seguridad y recomienda criterios de evaluación para valorar los resultados de dichas pruebas, así como en el memorándum: "Aclaraciones sobre la implementación del *Manual for Assessing Safety Hardware*, edición 2016" publicado el 15 de noviembre de 2021. Las pruebas de impacto a escala real a las que han sido sometidas las barreras de protección consideran las masas representativas del parque vehicular de los Estados Unidos de América.

1. Objetivo

La presente Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer los criterios generales que han de considerarse para el diseño y colocación de barreras de protección en las carreteras y vías urbanas de jurisdicción federal, estatal y municipal, así como establecer su designación, definición y utilización, con el propósito de minimizar la severidad de los siniestros de tránsito que pudieran presentarse.

2. Campo de aplicación

La presente Norma Oficial Mexicana es de aplicación obligatoria en las carreteras federales, estatales y municipales, así como en las vías urbanas con velocidades de operación o proyecto superiores a cincuenta (50) kilómetros por hora, incluyendo las carreteras y vías urbanas concesionadas.

3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, se deben consultar las Normas Oficiales Mexicanas NOM-034-SCT2/SEDATU-2022, *Señalización y dispositivos viales para calles y carreteras*, NOM-086-SCT2-2023, *Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales* y NOM-008-SCT2-2020, *Amortiguadores de impacto en carreteras y vías urbanas*, o las que las sustituyan.

4. Definiciones

Para los efectos de la presente Norma Oficial Mexicana, se consideran las siguientes definiciones:

4.1. Arroyo vial

Franja destinada a la circulación de los vehículos, excluyendo los acotamientos y las banquetas.

4.2. Barreras de protección (OD-4)

Dispositivos que se instalan en uno o en ambos lados del camino, con el objeto de impedir, por medio de la contención y redireccionamiento, que algún vehículo fuera de control salga del camino, por fallas en la conducción, condiciones meteorológicas, fallas mecánicas o por características específicas del camino. Según su operación y ubicación, las barreras de protección son las que se indican en la Tabla 1 y se describen a continuación:

4.2.1. Barreras de orilla de corona (OD-4.1)

Son dispositivos de seguridad flexibles, semirrígidos o rígidos que se colocan longitudinalmente en la orilla de las carreteras o vías urbanas, en tramos específicos donde exista un peligro potencial, como puede ser un terraplén escarpado o la cercanía de estructuras u obstáculos, con el propósito de mejorar las condiciones de seguridad vial de los usuarios, evitando que los vehículos salgan del camino si el conductor pierde el control, siempre y cuando dichos vehículos circulen en las condiciones normales de operación para las que se diseñen las barreras, en cuanto a velocidad, masa y dimensiones. Son concebidas para recibir impactos sólo por uno de sus lados. También pueden ser usadas para proteger a peatones y ciclistas del tránsito vehicular bajo condiciones especiales.

TABLA 1.- Barreras de protección (OD-4)

| Designación | Tipos de barrera |
|--------------------|---|
| OD-4.1 | Barreras de orilla de corona |
| OD-4.1.1 | Flexible |
| OD-4.1.2 | Semirrígida |
| OD-4.1.3 | Rígida |
| OD-4.2 | Barreras separadora de sentidos de circulación |
| OD-4.2.1 | Flexible |
| OD-4.2.2 | Semirrígida |
| OD-4.2.3 | Rígida |
| OD-4.3 | Secciones de transición |
| OD-4.4 | Secciones extremas |
| OD-4.4.1 | Sección de amortiguamiento |
| OD-4.4.2 | Sección de anclaje |
| OD-4.4.3 | Sección inserta en talud de corte |
| OD-4.4.4 | Sección aterrizada |
| OD-4.5 | Parapetos para vehículos motorizados |
| OD-4.5.1 | Rígidos |
| OD-4.6 | Barreras en zonas de obra |
| OD-4.6.1 | Flexible |
| OD-4.6.2 | Semirrígida |
| OD-4.6.3 | Rígida |

4.2.2. Barreras separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2)

Son dispositivos de seguridad flexibles, semirrígidos o rígidos que se colocan longitudinalmente en carreteras o vías urbanas para separar un arroyo vial de otro con flujo vehicular en sentido opuesto, con el propósito de impedir que algún vehículo abandone su arroyo vial e invada el otro. Quedan comprendidas dentro de esta definición, las barreras que se utilicen para separar carriles en el mismo sentido de circulación y las que sean móviles mediante un dispositivo especial, para abrir y cerrar carriles reversibles o habilitar carriles de emergencia por siniestros de tránsito. Ocasionalmente pueden ser usadas para evitar el acceso de vehículos por sitios indebidos a carriles restringidos. Son concebidas para recibir impactos por ambos lados.

4.2.3. Secciones de transición (OD-4.3)

Son dispositivos de seguridad que conectan barreras de orilla de corona (OD-4.1) o separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) con niveles de contención, deflexión dinámica o geometría diferentes, o para conectar estas con parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5), barreras en zona de obra (OD-4.6) o cualquier elemento lateral rígido.

4.2.4. Secciones extremas (OD-4.4)

Son dispositivos o anclajes especiales que deben ser instalados en los extremos de una barrera de orilla de corona (OD-4.1), separadora de sentidos de circulación (OD-4.2), parapeto para vehículo motorizado (OD-4.5) o barrera en zona de obra (OD-4.6), con el fin de anclar el sistema dando continuidad a su funcionamiento y, en su caso, para disminuir la severidad de un posible impacto directo con dichos extremos. Deben ser secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) cuando se instalan en sitios donde es posible que un vehículo fuera de control impacte contra esta, pudiéndose colocar amortiguadores de impacto que cumplan con lo establecido en la NOM-008-SCT2-2020, *Amortiguadores de impacto en carreteras y vías urbanas* o la que la sustituya; o son secciones de anclaje (OD-4.4.2) cuando se colocan solamente para anclar el sistema de barrera, en sitios donde no hay probabilidad de que un vehículo fuera de control impacte frontalmente contra ella.

4.2.5. Parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5)

Son dispositivos de seguridad rígidos que se colocan longitudinalmente en los extremos laterales de los puentes y estructuras similares, los cuales son parte integral de dichas estructuras, es decir, están conectados físicamente.

4.2.6. Barreras en zonas de obra (OD-4.6)

Son dispositivos de seguridad flexibles, semirrígidos o rígidos que se colocan temporalmente en la zona de trabajo de las obras en las carreteras o vías urbanas, con el propósito de mejorar las condiciones de seguridad vial de los usuarios y del personal que labore en la zona de trabajo, así como resguardar la maquinaria y material ubicados en esa zona, siempre y cuando los vehículos circulen en las condiciones de operación establecidas en las zonas de trabajo.

4.3. Carretera

Camino público, pavimentado con el ancho y espacio suficiente para el tránsito de vehículos, con o sin accesos controlados, que puede prestar un servicio de comunicación a nivel nacional, interestatal, estatal o municipal.

4.4. Corona

Superficie comprendida entre las aristas superiores de los taludes de un terraplén o entre las aristas inferiores de un corte al nivel del eje de dicha superficie, sin contar las cunetas.

4.5. Ancho de trabajo (W)

Máxima distancia lateral entre la cara al tránsito o línea de acción de la barrera de protección antes del impacto y la máxima posición lateral alcanzada por cualquier parte del sistema o por el vehículo durante la prueba de impacto, como se muestra en la Figura 1.

4.6. Deflexión dinámica (D)

Máximo desplazamiento lateral de la barrera en el lado del tránsito donde ocurre el impacto, como se muestra en la Figura 1.

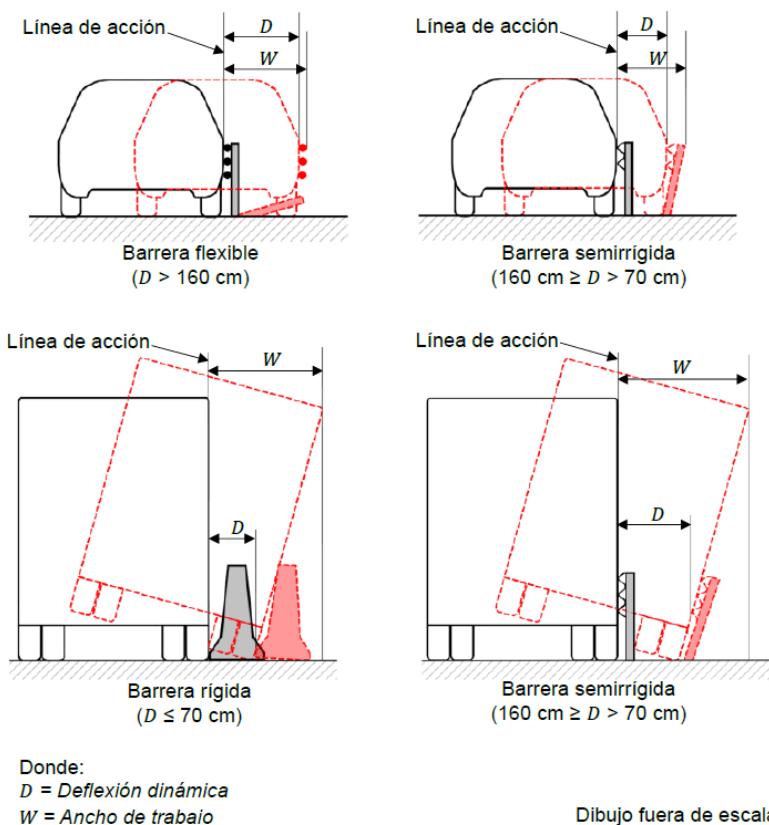


FIGURA 1.- Deflexión dinámica y ancho de trabajo de diferentes tipos de barreras de protección (OD-4)

4.7. Faja separadora central

Zona ubicada entre los arroyos viales de dos sentidos de circulación para prevenir que los vehículos que transitan en un sentido invadan los carriles de circulación contraria o entre los arroyos viales de un mismo sentido de circulación para canalizar los flujos de tránsito (puede incluir un camellón). Para efectos de esta Norma, los acotamientos se considerarán parte de la faja separadora central.

4.8. Nivel de contención (NC)

Capacidad de la barrera de protección de absorber parcialmente la energía cinética del impacto de un vehículo, manteniendo una adecuada deformación, desaceleración y redireccionamiento del vehículo. Cada nivel de contención está definido por el nivel de prueba que la barrera resiste.

4.9. Nivel de prueba

Está definido por las condiciones de impacto (velocidad y ángulo) y el tipo de vehículo de prueba (que varía en tamaño y masa) que cuantifica la severidad del impacto de una matriz de pruebas para un nivel de contención específico.

4.10. Superficie traspasable

Terreno generalmente no pavimentado, con taludes de tres a uno (3:1) o más tendidos, libre de obstáculos laterales, en el cual un vehículo motorizado fuera de control puede circular sin volcar, sin caer en una obra de drenaje no protegida o sin colisionar contra un objeto fijo, manteniendo la integridad física de sus ocupantes.

4.11. Velocidad de operación

Velocidad adoptada por los conductores bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y de la carretera. Se caracteriza por una variable aleatoria. Los parámetros de la distribución de probabilidad asociada a la citada variable aleatoria, se estiman a partir de la medición de las velocidades de los vehículos que pasan por un tramo representativo de la carretera bajo las condiciones prevalecientes (velocidades de punto). Para fines deterministas, suele designarse la velocidad de operación por el percentil ochenta y cinco (85) de las velocidades de punto. En vías urbanas en operación se refiere a la velocidad establecida por las autoridades correspondientes en los reglamentos de tránsito.

4.12. Velocidad de proyecto

Velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre la carretera o vía urbana y se utiliza para dimensionar los elementos geométricos de la misma. Su selección depende del tipo de carretera o vía urbana a proyectar.

4.13. Velocidad restringida

Velocidad máxima que se permite para los vehículos que circulen por las zonas de transición y de trabajo o por la desviación, de acuerdo con lo señalado en la NOM-086-SCT2-2023, *Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales*, o la que la sustituya. Se determina en función de la geometría de la carretera o vía urbana, de la ubicación del área de labores y de la configuración de la zona de trabajo.

4.14. Vía urbana

Vía de uso común que conforma la traza urbana destinada al tránsito de peatones y vehículos, a la prestación de servicios públicos y colocación de mobiliario urbano (también se le conoce como calle).

4.15. Zona de seguridad

Superficie traspasable adyacente al arroyo vial que se brinda para la recuperación de vehículos fuera de control. Su ancho es variable y depende de la velocidad (de operación, proyecto o restringida), del TDPA (tránsito diario promedio anual) y de la geometría de las secciones transversales de cada caso en particular. Los acotamientos forman parte de la zona de seguridad.

5. Barreras de orilla de corona y separadoras de sentidos de circulación (OD-4.1 y OD-4.2)

5.1. Clasificación

Las barreras de orilla de corona (OD-4.1) y separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) se clasifican como se indica a continuación:

5.1.1. Clasificación según el nivel de contención (NC)

De acuerdo con el tipo, masa, velocidad y ángulo de impacto de los vehículos que son capaces de contener y redireccionar, las barreras de orilla de corona (OD-4.1) y separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) se clasifican en los seis niveles de contención que se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2.- Matriz de pruebas para barreras de orilla de corona (OD-4.1), separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2), en zonas de obra (OD-4.6) y parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5)

| Nivel de Contención | Vehículo de prueba | | Nivel y n.º de prueba ^[1] | Impacto ^[2] | | | Condiciones ^[3] | |
|---------------------|---|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|
| | Tipo | Masa (<i>m</i>) kg | | Velocidad, <i>v</i> km/h | Ángulo, θ Grados | Energía, <i>e</i> kJ | | |
| NC-1 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 1-10 | 50 | 25 | ≥ 17.4 | i, ii, iii, v, vi | |
| | <i>Pick-up</i> | 2 270 ± 50 | 1-11 | 50 | 25 | ≥ 36.0 | | |
| NC-2 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 2-10 | 70 | 25 | ≥ 34.2 | | |
| | <i>Pick-up</i> | 2 270 ± 50 | 2-11 | 70 | 25 | ≥ 70.5 | | |
| NC-3 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 3-10 | 100 | 25 | ≥ 69.7 | | |
| | <i>Pick-up</i> | 2 270 ± 50 | 3-11 | 100 | 25 | ≥ 144 | | |
| NC-4 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 4-10 | 100 | 25 | ≥ 69.7 | | |
| | <i>Pick-up</i> | 2 270 ± 50 | 4-11 | 100 | 25 | ≥ 144 | | |
| | Camión unitario (C2) con caja seca ^[4] | 10 000 ± 300 | 4-12 | 90 | 15 | ≥ 193 | | i, ii, iv |
| NC-5 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 5-10 | 100 | 25 | ≥ 69.7 | | i, ii, iii, v, vi |
| | <i>Pick-up</i> | 2 270 ± 50 | 5-11 | 100 | 25 | ≥ 144 | | |
| | Tractocamión articulado (T3S2) con caja seca ^[4] | 36 000 ± 500 | 5-12 | 80 | 15 | ≥ 548 | | i, ii, iv |
| NC-6 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 6-10 | 100 | 25 | ≥ 69.7 | i, ii, iii, v, vi | |
| | <i>Pick-up</i> | 2 270 ± 50 | 6-11 | 100 | 25 | ≥ 144 | | |
| | Tractocamión articulado (T3S2) tipo tanque ^[4] | 36 000 ± 500 | 6-12 | 80 | 15 | ≥ 548 | i, ii, iv | |

[1] Según el *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016].

[2] La velocidad de impacto (*v*) y el ángulo de impacto (θ) pueden tener una variación de ± 4 km/h y ± 1.5°, respectivamente, siempre y cuando la componente de la energía de impacto (*e*) en el eje transversal sea igual o mayor a los valores indicados en kJ en esta tabla, calculada con la expresión $e = 0,92 \times m \times (v \times \sin \theta)^2 / 2$.

[3] Las condiciones que han de satisfacerse según el nivel de contención son:

- i) La barrera debe contener y redireccionar al vehículo de forma controlada. El vehículo no debe atravesar la barrera ni pasar por debajo o por encima de esta.
- ii) Los elementos desprendidos, fragmentos u otros restos de la barrera no deben penetrar o mostrar potencial para penetrar en el habitáculo del vehículo, ni representar un peligro para otros vehículos, peatones o trabajadores en zonas de obra. Las deformaciones del habitáculo del vehículo no deben exceder los límites establecidos en el *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016].
- iii) El vehículo no debe volcar durante o después del impacto; los giros respecto a su eje longitudinal y transversal no deben superar los 75°.
- iv) Es preferible, aunque no esencial, que el vehículo no vuelque durante o después del impacto.
- v) Las componentes longitudinal y transversal de la velocidad de impacto de los ocupantes de los vehículos deben limitarse preferentemente a 9.1 m/s y como máximo a 12.2 m/s.
- vi) La desaceleración longitudinal y transversal de los ocupantes de los vehículos debe limitarse preferentemente a 147.15 m/s² (15 *g*) y como máximo a 201 m/s² (20.49 *g*).

[4] Es preferible, aunque no esencial, utilizar una configuración tipo *cab-behind-engine* (cabina atrás del motor).

5.1.2. Clasificación según la deflexión dinámica

De acuerdo con la deflexión dinámica que pueden desarrollar las barreras de orilla de corona (OD-4.1) o separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) al ser impactadas por los vehículos de prueba, con la velocidad y el ángulo de impacto considerados en su diseño, se clasifican en:

5.1.2.1. Flexibles (OD-4.1.1 u OD-4.2.1), cuando su deflexión dinámica es mayor de ciento sesenta (160) centímetros. Algunos ejemplos de este tipo de barreras son las de cables de acero y las de vigas de acero de dos crestas, entre otros.

5.1.2.2. Semirrígidas (OD-4.1.2 u OD-4.2.2), cuando su deflexión dinámica es mayor de setenta (70) y hasta ciento sesenta (160) centímetros. Algunos ejemplos de este tipo de barreras son las de vigas de acero (de dos y tres crestas) y las modulares de concreto, entre otros.

5.1.2.3. Rígidas (OD-4.1.3 u OD-4.2.3), cuando su deflexión dinámica es hasta setenta (70) centímetros. Algunos ejemplos de este tipo de barreras son las modulares de concreto ancladas a la superficie y las monolíticas de concreto, entre otros.

5.2. Utilización

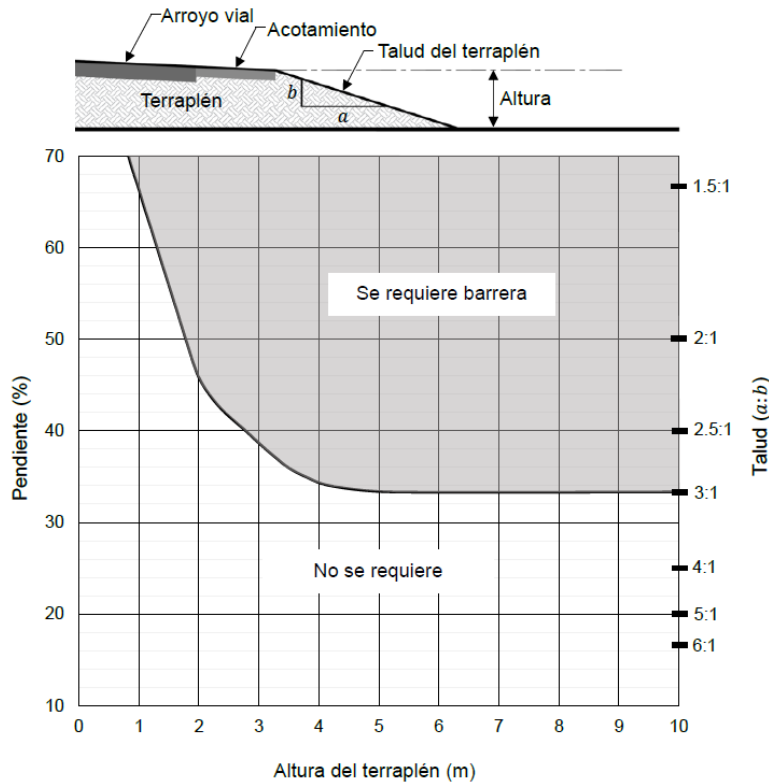
Las barreras de orilla de corona (OD-4.1) y separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) se deben utilizar para disminuir la severidad de un posible siniestro de tránsito en los casos que se describen en los siguientes incisos. Para carreteras con velocidades de operación o de proyecto de cincuenta (50) kilómetros por hora o menores y un TDPA de un mil (1 000) vehículos o menos, la barrera es opcional.

5.2.1. Barreras de orilla de corona (OD-4.1)

Las barreras de orilla de corona se deben instalar en aquellos tramos de las carreteras o vías urbanas, donde exista el riesgo de que ocurra un siniestro de tránsito que pueda ocasionar muertos o lesionados graves cuando algún vehículo fuera de control salga del arroyo vial, ya sea por la altura e inclinación de los taludes de terraplenes, la cercanía a obstáculos laterales o para proteger a peatones o ciclistas que convivan con el tránsito vehicular bajo condiciones especiales, siempre y cuando no sea viable técnica o económicamente la eliminación, reubicación o modificación del peligro adyacente al arroyo vial, considerando que:

5.2.1.1. En terraplén

Los factores que determinan la necesidad de una barrera de orilla de corona en un terraplén, ya sea en tangente o en curva, son la altura y la pendiente de sus taludes, como se muestra en la Figura 2, en la que el punto definido por la altura y la pendiente determina si se debe o no colocar la barrera, según el área donde se ubique dicho punto. Para evitar la utilización de la barrera en terraplenes, es recomendable analizar la posibilidad de tender el talud para ubicar la sección transversal dentro de la zona de la Figura 2 en que no se requiere una barrera de protección, especialmente en terraplenes con alturas menores a cuatro (4) metros. Asimismo, deberán considerarse las condiciones del talud, para determinar si existe algún peligro de acuerdo con lo indicado en el inciso 5.2.1.2.



Fuente: Adaptada del *Roadside Design Guide* [AASHTO, 2011]

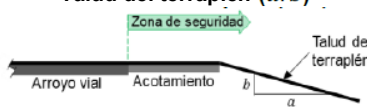
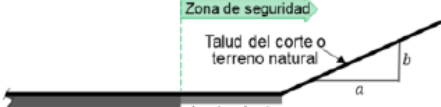
FIGURA 2.- Necesidad de barreras de orilla de corona (OD-4.1) en terraplén

5.2.1.2. Por obstáculos laterales

Se deben colocar barreras de orilla de corona cuando existan obstáculos laterales invadiendo la zona de seguridad. La Tabla 3 muestra los anchos sugeridos para la zona de seguridad, sin embargo, dicha distancia deberá analizarse en relación con la densidad de obstáculos de cada caso en particular. Asimismo, la zona de seguridad se deberá incrementar en tramos en curva, multiplicando los anchos sugeridos mostrados en la Tabla 3 por los factores de corrección indicados en la Tabla 4. En general, la instalación de barreras se justifica sólo si la colisión contra esta produjera menor daño que el impacto directo contra el obstáculo lateral, cuando no sea técnica o económicamente factible removerlo, reubicarlo o modificarlo para eliminar el riesgo.

TABLA 3.- Anchos sugeridos de la zona de seguridad ^[1]

Unidades en metros

| Velocidad de operación o proyecto km/h | TDPA ^[2] | Talud del terraplén (a: b) | | | Talud del corte o terreno natural (a: b) | | |
|--|----------------------|---|----------------------------|-----|--|-----------|-------------------|
| | |  | | |  | | |
| | | 6:1 o más tendido | 5:1 a 4:1 | 3:1 | 3:1 | 5:1 a 4:1 | 6:1 o más tendido |
| ≤ 60 | < 750 ^[3] | 2.0 - 3.0 | 2.0 - 3.0 | [4] | 2.0 - 3.0 | 2.0 - 3.0 | 2.0 - 3.0 |
| | 750 - 1 500 | 3.0 - 3.5 | 3.5 - 4.5 | [4] | 3.0 - 3.5 | 3.0 - 3.5 | 3.0 - 3.5 |
| | 1 500 - 6 000 | 3.5 - 4.5 | 4.5 - 5.0 | [4] | 3.5 - 4.5 | 3.5 - 4.5 | 3.5 - 4.5 |
| | > 6 000 | 4.5 - 5.0 | 5.0 - 5.5 | [4] | 4.5 - 5.0 | 4.5 - 5.0 | 4.5 - 5.0 |
| 70 - 80 | < 750 ^[3] | 3.0 - 3.5 | 3.5 - 4.5 | [4] | 2.5 - 3.0 | 2.5 - 3.0 | 3.0 - 3.5 |
| | 750 - 1 500 | 4.5 - 5.0 | 5.0 - 6.0 | [4] | 3.0 - 3.5 | 3.5 - 4.5 | 4.5 - 5.0 |
| | 1 500 - 6 000 | 5.0 - 5.5 | 6.0 - 8.0 | [4] | 3.5 - 4.5 | 4.5 - 5.0 | 5.0 - 5.5 |
| | > 6000 | 6.0 - 6.5 | 7.5 - 8.5 | [4] | 4.5 - 5.0 | 5.5 - 6.0 | 6.0 - 6.5 |
| 90 | < 750 ^[3] | 3.5 - 4.5 | 4.5 - 5.5 | [4] | 2.5 - 3.0 | 3.0 - 3.5 | 3.0 - 3.5 |
| | 750 - 1 500 | 5.0 - 5.5 | 6.0 - 7.5 | [4] | 3.0 - 3.5 | 4.5 - 5.0 | 5.0 - 5.5 |
| | 1 500 - 6 000 | 6.0 - 6.5 | 7.5 - 9.0 | [4] | 4.5 - 5.0 | 5.0 - 5.5 | 6.0 - 6.5 |
| | > 6 000 | 6.5 - 7.5 | 8.0 - 10.0 ^[5] | [4] | 5.0 - 5.5 | 6.0 - 6.5 | 6.5 - 7.5 |
| 100 | < 750 ^[3] | 5.0 - 5.5 | 6.0 - 7.5 | [4] | 3.0 - 3.5 | 3.5 - 4.5 | 4.5 - 5.0 |
| | 750 - 1 500 | 6.0 - 7.5 | 8.0 - 10.0 ^[5] | [4] | 3.5 - 4.5 | 5.0 - 5.5 | 6.0 - 6.5 |
| | 1 500 - 6 000 | 8.0 - 9.0 | 10.0 - 12.0 ^[5] | [4] | 4.5 - 5.5 | 5.5 - 6.5 | 7.5 - 8.0 |
| | > 6 000 | 9.0 - 10.0 ^[5] | 11.0 - 13.5 ^[5] | [4] | 6.0 - 6.5 | 7.5 - 8.0 | 8.0 - 8.5 |
| 110 | < 750 ^[3] | 5.5 - 6.0 | 6.0 - 8.0 | [4] | 3.0 - 3.5 | 4.5 - 5.0 | 4.5 - 5.0 |
| | 750 - 1 500 | 7.5 - 8.0 | 8.5 - 11.0 ^[5] | [4] | 3.5 - 5.0 | 5.5 - 6.0 | 6.0 - 6.5 |
| | 1 500 - 6 000 | 8.5 - 10.0 ^[5] | 10.5 - 13.0 ^[5] | [4] | 5.0 - 6.0 | 6.5 - 7.5 | 8.0 - 8.5 |
| | > 6 000 | 9.0 - 10.5 ^[5] | 11.5 - 14.0 ^[5] | [4] | 6.5 - 7.5 | 8.0 - 9.0 | 8.5 - 9.0 |

Fuente: Adaptado del *Roadside Design Guide* [AASHTO, 2011]

- [1] Cuando un estudio de ingeniería de tránsito con énfasis en seguridad vial determine una alta probabilidad de impactos o estadísticamente estos hayan ocurrido, el ingeniero proyectista puede proporcionar anchos de zona de seguridad mayores a los mostrados en esta tabla.
- [2] Tránsito diario promedio anual (TDPA) esperado en los próximos 5 años. En caminos de un carril por sentido de circulación, se tomará el TDPA de ambos sentidos, mientras que, en caminos de dos o más carriles por sentido de circulación, se considerará el TDPA del sentido de circulación bajo análisis.
- [3] En carreteras con bajos volúmenes de tránsito, puede no ser factible emplear los valores mínimos sugeridos indicados en esta tabla, por lo que el ingeniero proyectista podrá sugerir un ancho menor, siempre y cuando sustente técnicamente su propuesta.
- [4] De acuerdo con el gráfico mostrado en la Figura 2 de esta Norma, cuando un terraplén con talud 3:1 no requiera barrera o se encuentre en la frontera de decisión y se determine no instalar barrera, el pie del talud y sus proximidades deberán estar libres de objetos fijos. En particular, para velocidades de 80 km/h o mayores se debe proporcionar una zona libre de obstáculos de 3 m o mayor a partir del pie del talud. La determinación del ancho de la zona libre de obstáculos al pie del talud considerará la disponibilidad del derecho de vía, riesgos medioambientales, factores económicos, necesidades de seguridad, así como antecedentes de siniestralidad vial.
- [5] Los anchos de las zonas de seguridad pueden limitarse a 9 m por razones prácticas si la experiencia previa con proyectos similares indica un funcionamiento satisfactorio o por limitaciones en la disponibilidad del derecho de vía.

TABLA 4.- Factores de corrección de la zona de seguridad en curvas horizontales

| Radio ^[1] m | Velocidad de operación o proyecto km/h | | | | | |
|------------------------|--|--------------------|--------------------|-----|-----|-----|
| | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| 900 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| 700 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 |
| 600 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| 500 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 |
| 450 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
| 400 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | - |
| 350 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | - |
| 300 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | - | - |
| 250 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | - | - | - |
| 200 | 1.3 | 1.4 | 1.5 ^[2] | - | - | - |
| 150 | 1.4 | 1.5 ^[2] | - | - | - | - |
| 100 | 1.5 ^[2] | - | - | - | - | - |

Fuente: Adaptada del *Roadside Design Guide* [AASHTO, 2011]

- [1] Las correcciones se realizan sólo en curvas con radio de 900 m o menores. El factor de corrección se aplica únicamente al exterior de las curvas.
- [2] Los radios mínimos de curvatura para las velocidades de proyecto de 60, 70 y 80 km/h son de 104.17, 152.79 y 208.35 m, respectivamente, de acuerdo con el *Manual de proyecto geométrico de carreteras* [DGST, 2018], por lo que se utilizará el factor de 1.5 respetando dichos límites.

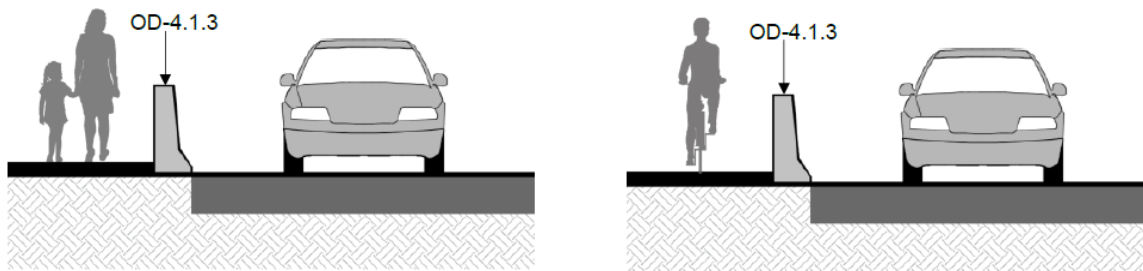
La Tabla 5 presenta recomendaciones que orientan respecto a la necesidad de una barrera de orilla de corona ante la presencia de ciertos obstáculos laterales ubicados dentro de la zona de seguridad determinado.

TABLA 5.- Recomendaciones para colocar barreras de orilla de corona (OD-4.1) por obstáculos laterales ubicados dentro de la zona de seguridad

| Obstáculo lateral | Recomendación |
|---|--|
| Pilas, columnas, estribos u otros elementos estructurales | Analizar la conveniencia de colocar barreras de orilla de corona o amortiguadores de impacto |
| Obras de drenaje transversal y muros cabezales | Considerar el tamaño, la forma y la ubicación de la obra de drenaje |
| Obras de drenaje longitudinal (cunetas) | Considerar la geometría de la cuneta, del colector o del canal |
| Taludes de terraplenes o de cortes sin irregularidades | Considerar la altura y pendiente del talud, así como las características del sitio |
| Taludes de terraplenes o de cortes con irregularidades | Cuando las irregularidades en la superficie del terraplén o corte lo hacen no traspasable |
| Muros de contención con superficie irregular | Cuando la cara del muro al tránsito presente protuberancias que en caso de impactarse un vehículo produzcan daño mayor que el derivado con una barrera de protección |
| Estructuras de señalamiento elevado y de iluminación | Considerar su ubicación, que no sean abatibles o colapsables, y las características del tránsito vehicular |
| Postes de servicios públicos y de semáforos | Considerar su ubicación, que no sean abatibles o colapsables, y las características del tránsito vehicular |
| Árboles | Cuando el diámetro de los troncos sea mayor de diez (10) centímetros |
| Rocas | Cuando no sea técnica o económicamente factible removerla |
| Cuerpos de agua permanentes | Considerar su ubicación, geometría y la profundidad del agua |

5.2.1.3. Para proteger peatones y ciclistas del tránsito vehicular

La necesidad de barrera de orilla de corona (OD-4.1) en zonas donde peatones o ciclistas convivan con el tránsito vehicular de un tramo de carretera o vía urbana, depende de la intensidad de tránsito vehicular y peatonal en cada caso particular, previa justificación con base en estudios de ingeniería de tránsito. Cuando un tramo de carretera atraviese por una zona urbana o suburbana, en donde el andador peatonal o la vía ciclista se ubique dentro de la zona de seguridad, deberán colocarse barreras de orilla de corona rígidas (OD-4.1.3), como se muestra en la Figura 3, con el fin de proteger la integridad física de los peatones y ciclistas.



Nota: Figuras esquemáticas presentadas de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 3.- Utilización de barreras de orilla de corona (OD-4.1) para proteger peatones y ciclistas

5.2.1.4. En curvas horizontales

Los tramos de carreteras y vías urbanas con alineamiento horizontal en curva deben analizarse con mayor atención y cuidado, especialmente aquellas curvas cuya velocidad de proyecto sea inferior al tramo previo en tangente. La trayectoria de un vehículo fuera de control en estos sitios generalmente será tangencial al exterior de la curva, por lo que, si en una distancia igual al ancho de la zona de seguridad, calculada de acuerdo con las Tablas 3 y 4, la superficie paralela al arroyo vial no es traspasable o existe presencia habitual de peatones o ciclistas, se deberá instalar barrera de orilla de corona (OD-4.1). Asimismo, si en una distancia calculada de acuerdo con la Tabla 3, la superficie paralela al arroyo vial al interior de la curva no es traspasable o existe presencia habitual de peatones o ciclistas, también se deberá colocar barrera de orilla de corona.

5.2.2. Barreras separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2)

Las barreras separadoras de sentidos de circulación se instalan en las fajas separadoras centrales de las carreteras o vías urbanas, de dos o más carriles por sentido de circulación, para impedir que los vehículos invadan los carriles del sentido opuesto y evitar que se produzcan colisiones frontales. En situaciones de conducción normal, cuando la faja separadora central tenga un ancho mayor de diez (10) metros y su superficie sea traspasable, no se requiere barrera separadora de sentidos de circulación, ya que en la mayoría de los casos los vehículos errantes se pueden detener en esa distancia, antes de invadir los carriles del sentido opuesto. Sin embargo, es recomendable analizar si se justifica su instalación por un motivo operacional, por la existencia de una curva horizontal o por que se trate de un lugar donde frecuentemente ocurran siniestros de tránsito con víctimas. En casos especiales, estas barreras también se pueden instalar entre carriles del mismo sentido para controlar el flujo del tránsito, cuando las condiciones geométricas u operacionales así lo requieran, con el propósito de definir y limitar adecuadamente una trayectoria.

Para su utilización, se debe considerar lo siguiente:

5.2.2.1. Se deben instalar en las fajas separadoras centrales que tengan un ancho de diez (10) metros o menor. Si la faja separadora central tiene una superficie no traspasable, en lugar de la barrera separadora de sentidos de circulación (OD-4.2) se deben instalar barreras de orilla de corona (OD-4.1), como se establece en el inciso 5.2.1.

5.2.2.2. Cuando las fajas separadoras centrales tengan un ancho mayor de diez (10) metros, pero sus superficies no sean traspasables, se deben ubicar en cada uno de sus lados barreras de orilla de corona (OD-4.1), tomando en cuenta las consideraciones del inciso 5.2.1 de esta Norma.

5.3. Selección

Una vez establecidos los sitios donde se justifica la utilización de barreras de orilla de corona (OD-4.1) o separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2), se determina el nivel de contención mínimo requerido y se identifican las condiciones físicas del sitio donde se instalarán, mismas que limitan el tipo de barrera a elegir. Se debe considerar también la compatibilidad entre sistemas de barreras, la simplicidad del diseño y los costos de las barreras elegibles, seleccionando finalmente de entre las que cumplen con lo establecido en el inciso 5.3.4. En los siguientes incisos se describen los pasos a seguir, mismos que se presentan a modo de resumen en el esquema de la Figura 4.

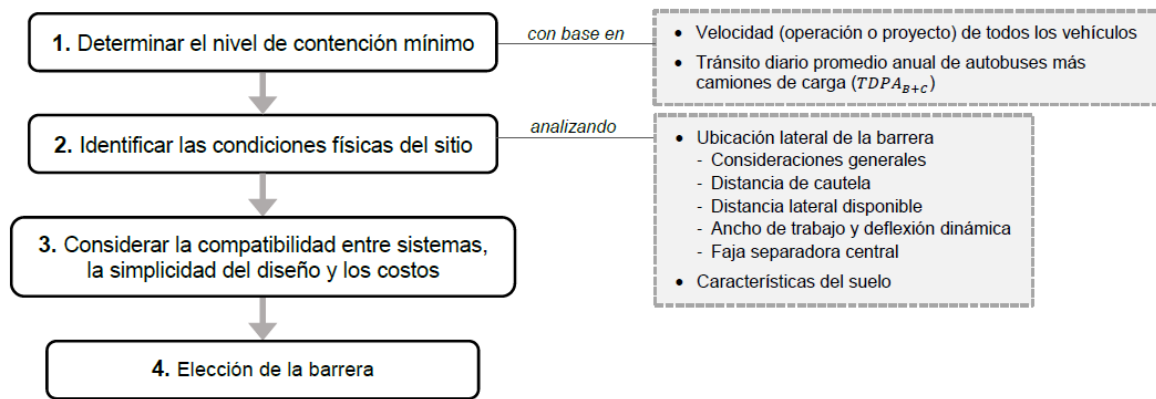


FIGURA 4. Proceso para seleccionar una barrera de orilla de corona (OD-4.1) o separadora de sentidos de circulación (OD-4.2)

5.3.1. Determinar el nivel de contención mínimo

De acuerdo con la velocidad (de operación o proyecto) y el tránsito diario promedio anual de autobuses más camiones de carga (TDP_{B+C}) en el tramo de la carretera o vía urbana donde se instalarán las barreras, con base en la Tabla 6 se determinan los niveles de contención mínimos que deben cumplir. El TDP_{B+C} se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$TDP_{B+C} = \frac{TDP \times (B + C)}{100}$$

Donde:

TDP_{B+C} = Tránsito diario promedio anual de autobuses más camiones de carga.

TDP = Tránsito diario promedio anual total del tramo bajo análisis.

B = Participación de los autobuses en la composición vehicular, como porcentaje del TDP total (%).

C = Participación de todos los tipos de camiones de carga (camiones unitarios, tractocamiones articulados y doblemente articulados) en la composición vehicular, como porcentaje del TDP total (%).

TABLA 6.- Niveles de contención mínimos [1]

| Velocidad de operación o proyecto [2] km/h | TDP_{B+C} (autobuses más camiones de carga) [3] | | |
|---|---|-------------------|---------|
| | < 2 000 [4] | 2 000 - 6 999 [5] | = 7 000 |
| ≤ 50 | NC-1 [6] | NC-4 | NC-5 |
| 51 - 70 | NC-2 [6] | | |
| > 70 | NC-3 | | |

[1] Para casos especiales en los que se considere que la salida del camino de los autobuses o camiones de carga implica riesgos mayores debido a peligros medioambientales, pendientes descendentes sostenidas, presencia de curvas horizontales cerradas u otros, el proyectista podrá establecer niveles de contención mayores a los indicados en esta tabla.

[2] Velocidad de operación cuando se trate de una carretera existente o de proyecto cuando se trate de una carretera nueva. Esta velocidad es para todos los vehículos que transitan o se prevé que transiten en el tramo bajo análisis.

[3] Tránsito diario promedio anual de autobuses más camiones de carga (TDP_{B+C}) esperado en los próximos 5 años. En el caso de parapetos (OD-4.5), el TDP_{B+C} será el esperado en los próximos 15 años.

- Para barreras de orilla de corona (OD-4.1) y parapetos (OD-4.5), cuando sólo se tiene un carril por sentido de circulación, se considera el TDP_{B+C} de ambos sentidos; mientras que cuando se tienen dos o más carriles por sentido de circulación, se considera el TDP_{B+C} del sentido de circulación bajo análisis.

- Para barreras separadoras de sentido de circulación (OD-4.2), se considera el TDP_{B+C} de ambos sentidos.

[4] Para tramos con TDP_{B+C} (autobuses más camiones de carga) menor a 2 000, se considera que la frecuencia de siniestros de tránsito con autobuses o camiones de carga involucrados es alta cuando se presente anualmente al menos un siniestro con cualquiera de estos vehículos cada 6 km, por lo que en estos casos se utilizará un NC-4, independientemente de la velocidad de operación.

[5] Para tramos con TDP_{B+C} (autobuses más camiones de carga) entre 2 000 y 6 999, se considera que la frecuencia de siniestros de tránsito con autobuses o camiones de carga involucrados es alta cuando se presente anualmente al menos un siniestro con cualquiera de estos vehículos cada 3 km, por lo que en estos casos se utilizará un NC-5.

[6] En el caso de parapetos (OD-4.5), el nivel de contención mínimo es NC-2 en vías urbanas y NC-3 en carreteras, sin considerar la velocidad.

5.3.2. Identificar las condiciones físicas del sitio

Para la correcta elección de una barrera de orilla de corona (OD-4.1) o separadora de sentidos de circulación (OD-4.2), se deben identificar las condiciones físicas del sitio donde se instalarán, ya que estas limitarán el tipo de barreras que pueden emplearse, por lo que se deberá analizar lo siguiente:

5.3.2.1. Ubicación lateral de la barrera

5.3.2.1.1. Consideraciones generales

Las barreras deben colocarse lo más lejos posible del arroyo vial. Alejar la barrera del arroyo vial le ofrece al conductor que ha perdido el control de su vehículo una posibilidad para recuperar su dirección sin colisionar con la barrera, lo que reduce el número de impactos durante su vida útil. Además, proporciona una mayor distancia de visibilidad, particularmente en intersecciones y curvas horizontales. Siempre que sea posible, la separación entre el arroyo vial y la barrera debe ser uniforme a lo largo de la carretera o vía urbana, con el fin de brindar a los conductores un mismo nivel de expectativas, uniformizando sus reacciones durante la conducción. Ninguna barrera, ni de orilla de corona (OD-4.1) ni separadora de sentidos de circulación (OD-4.2), debe invadir los acotamientos, externo o interno.

5.3.2.1.2. Distancia de cautela

La distancia desde el borde del arroyo vial más allá de la cual una barrera de orilla de corona (OD-4.1) no es percibida como un obstáculo y por lo tanto no ocasiona que los conductores reduzcan la velocidad de sus vehículos o cambien de carril, se denomina distancia de cautela. En la Tabla 7 se indican los valores recomendados de las distancias de cautela a la derecha del arroyo vial en función de la velocidad, sin embargo, si la barrera se encuentra más allá del acotamiento exterior recomendado en el *Manual de proyecto geométrico de carreteras* [DGST, 2018], para carreteras tipo ET, A, B y C, generalmente estas no tendrán un efecto en el comportamiento del conductor. En carreteras sin acotamientos externos, las barreras de orilla de corona (OD-4.1) instaladas a uno punto ocho (1.8) metros o más del borde del arroyo vial generalmente no provocarán reacciones en el conductor.

TABLA 7.- Distancias de cautela recomendadas a la derecha del arroyo vial en carreteras

| Velocidad de operación o proyecto km/h | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Distancia de cautela m | 1.1 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.8 |

Fuente: Adaptada del *Roadside Design Guide* [AASHTO, 2011]

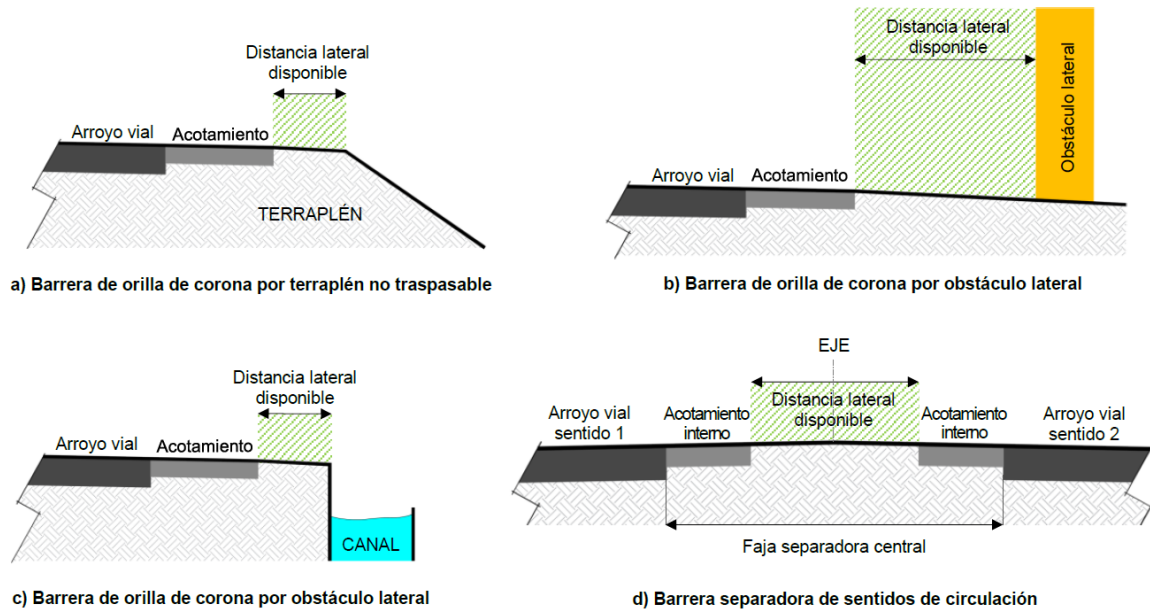
Para instalaciones en longitudes cortas y aisladas de barreras de orilla de corona (OD-4.1) a la derecha del arroyo vial, se recomienda colocarlas más allá de la distancia de cautela. En el caso de tramos largos y continuos de barreras, la distancia de cautela no es crítica, especialmente si la barrera se instala inicialmente más allá de la distancia de cautela y se hace una transición gradual hacia la corona mediante un esviaje, de acuerdo con lo señalado en el inciso 5.4.3 de esta Norma.

Las barreras de orilla de corona (OD-4.1) que se instalen a la izquierda del arroyo vial y las barreras separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2), se pueden colocar más cerca del borde del arroyo vial que las barreras de orilla de corona instaladas a la derecha, sin afectar la percepción del conductor. Cuando la barrera está a la izquierda, el conductor puede ver claramente qué tan cerca está, sin embargo, para una instalación en el lado derecho, la percepción de profundidad provoca que los conductores circulen con sus vehículos más lejos de la barrera de lo necesario. Al respecto, se recomienda respetar los acotamientos internos indicados en el *Manual de proyecto geométrico de carreteras* [DGST, 2018].

En carreteras y vías urbanas nuevas, las barreras de orilla de corona (OD-4.1) y separadoras de sentido de circulación (OD-4.2) no deberán instalarse a menos de cincuenta (50) centímetros del arroyo vial, por lo que el diseño de las secciones transversales deberá contemplar el ancho necesario de la barrera de protección que se instalará, respetando asimismo el ancho de diseño de los acotamientos.

5.3.2.1.3. Distancia lateral disponible para la colocación de la barrera

Tomando en cuenta las recomendaciones de los dos incisos anteriores, se determina la distancia lateral disponible que se tiene en el sitio para la instalación de la barrera. La Figura 5 presenta algunos escenarios bajo los cuales se requiere de una barrera, ilustrando la distancia lateral disponible en cada caso. En el escenario a) de la Figura 5, es posible que no se disponga de espacio suficiente para la instalación de la barrera sobre la corona, por lo que excepcionalmente la barrera podrá colocarse sobre el talud del terraplén, siempre y cuando esta configuración se indique en las especificaciones del sistema de barrera aprobado, contenido en el certificado de cumplimiento u oficio de aprobación.

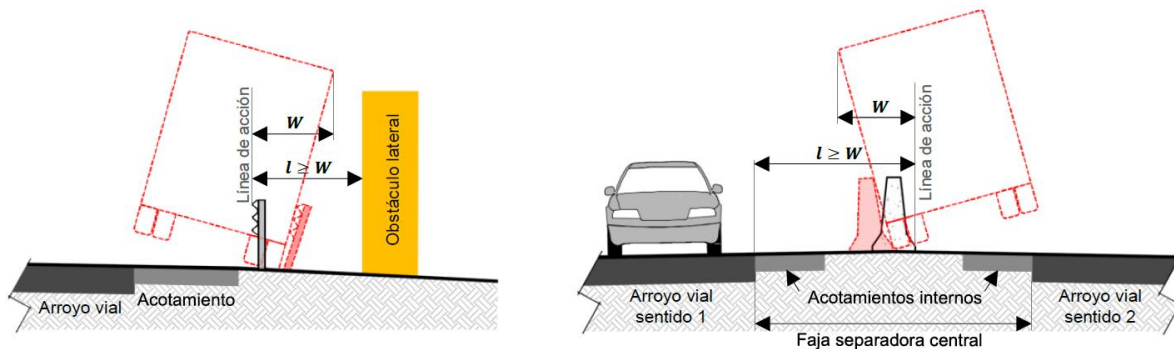


Nota: Figuras esquemáticas presentadas de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 5. Distancia lateral disponible para la instalación de una barrera en distintos escenarios

5.3.2.1.4. Consideraciones sobre el ancho de trabajo y la deflexión dinámica

Cuando no existen restricciones laterales para el desarrollo del ancho de trabajo, como en los escenarios a) y c) de la Figura 5, no hay limitantes para la selección de la barrera en cuanto a su ancho de trabajo o deflexión dinámica. Por otro lado, cuando se requieran barreras de orilla de corona (OD-4.1) por la existencia de obstáculos laterales que establezcan restricciones hacia el desarrollo del ancho de trabajo, como en el escenario b) de la Figura 5, entre estos y la línea de acción de la barrera debe haber como mínimo un espacio libre " l " igual al ancho de trabajo " w " de la barrera que se seleccione, como se muestra en el esquema a) de la Figura 6. Para las barreras separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2), el ancho de trabajo está limitado por el espacio libre " l " entre la línea de acción de la barrera y el arroyo vial que se desea proteger, como se muestra en el esquema b) de la Figura 6.



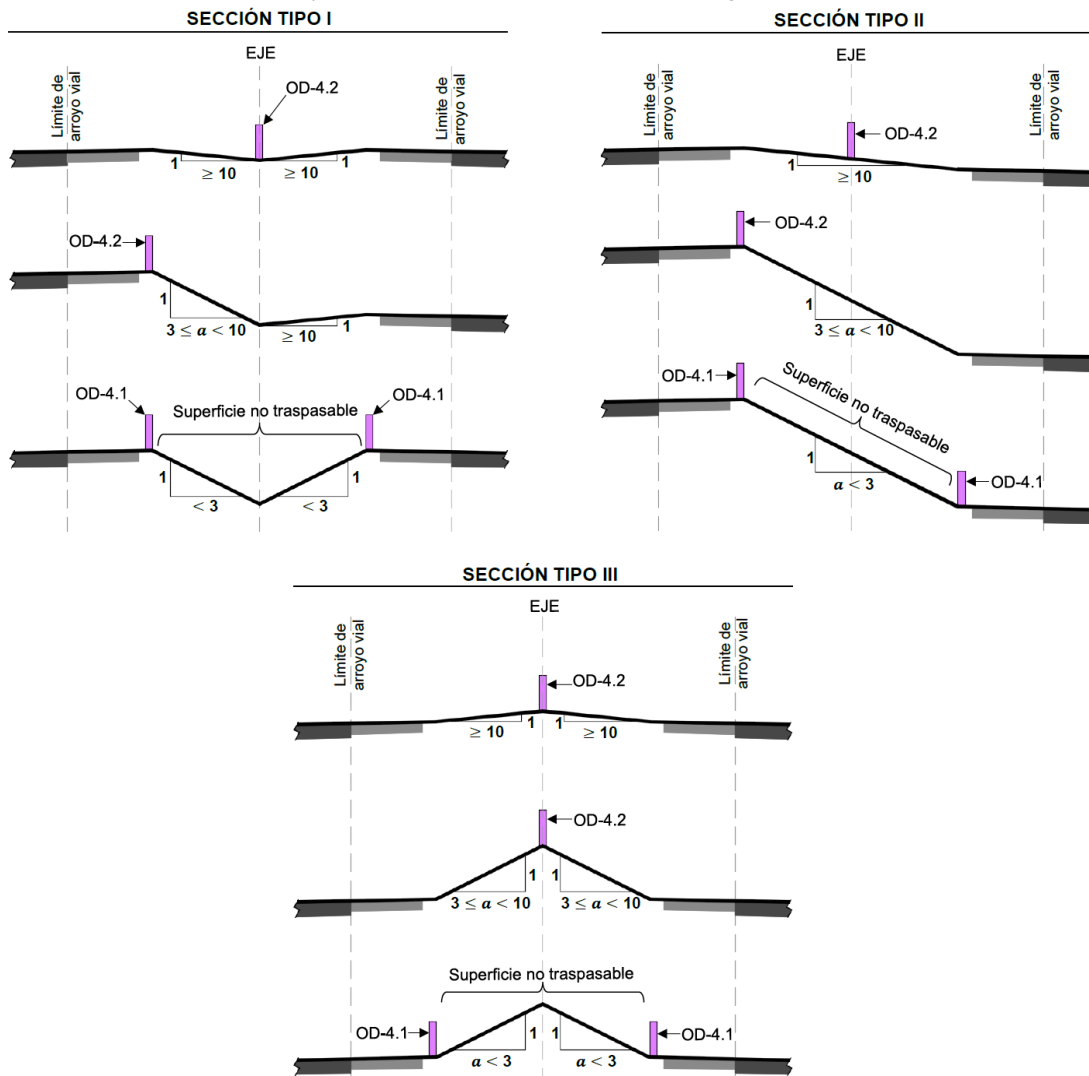
Nota: Figuras esquemáticas presentadas de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 6. Consideraciones sobre el ancho de trabajo

Si por las condiciones físicas del sitio se requiere reducir localmente el ancho de trabajo de la barrera, como por ejemplo proteger objetos fijos aislados ubicados más próximos a la barrera, se deberá revisar si el sistema de barrera propuesto contiene recomendaciones al respecto. Estas recomendaciones pueden incluir la reducción del espaciamiento entre postes o refuerzos de otro tipo, siempre y cuando dichas configuraciones se indiquen en las especificaciones del sistema de barrera aprobado, contenido en el certificado de cumplimiento u oficio de aprobación.

5.3.2.1.5. Consideraciones en la faja separadora central

La ubicación lateral de las barreras separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) requiere considerar, además del ancho de trabajo indicado en el inciso anterior, la configuración transversal de la faja separadora central, la cual puede presentar tres diferentes tipos de sección de manera general, como se muestra en la Figura 7. La sección tipo I corresponde a una configuración deprimida o tipo zanja, la sección tipo II corresponde a fajas separadoras centrales que separan arroyos viales con distintos niveles de rasante mediante una misma pendiente y la sección tipo III corresponde a configuraciones elevadas.



Nota: Figuras esquemáticas presentadas de manera ilustrativa mas no limitativa.

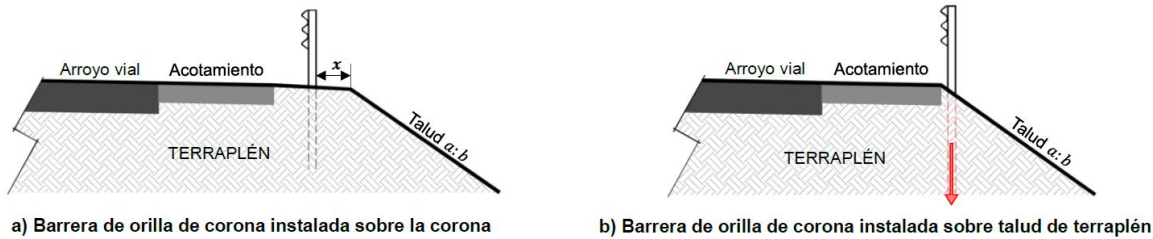
FIGURA 7. Consideraciones para diferentes tipos de secciones en la faja separadora central

Si la faja separadora central tiene una superficie traspasable y con taludes de diez a uno (10:1) o más tendidos, la barrera se debe instalar al centro de la faja separadora. Si la faja separadora central tiene una superficie traspasable con taludes entre tres a uno (3:1) y diez a uno (10:1), la barrera se debe emplazar en el lado más alto de la faja. Si la faja separadora central no tiene una superficie traspasable, en lugar de la barrera separadora de sentidos de circulación (OD-4.2) se deben instalar barreras de orilla de corona (OD-4.1). En la Figura 7 se presentan ejemplos con la ubicación que debe tener la barrera bajo distintos escenarios en los tres tipos de sección descritos.

5.3.2.2. Características del suelo

Las características del suelo donde se instalará una barrera deben analizarse, especialmente si se elige una con postes que sean parte del sistema para desarrollar el nivel de contención, ya que se debe respetar la interacción entre los postes y el suelo para lograr un buen desempeño de la barrera. En caso de proponer barreras con postes hincados en el suelo, se deberán realizar pruebas que aseguren que el tipo de suelo en el sitio donde se requiere presenta propiedades similares al suelo en el que el sistema fue probado, para comprobar la factibilidad de su instalación.

Cuando se elijan barreras con postes hincados en el suelo en la protección de un terraplén, se debe procurar que su desplante se haga sobre la corona, de forma que la distancia entre el borde exterior de los postes y el hombro sea suficiente para brindar un soporte adecuado, como se muestra en el esquema a) de la Figura 8. Una distancia mínima “x” de cincuenta (50) centímetros es deseable para un soporte adecuado de los postes, sin embargo, esta distancia puede variar según la pendiente del talud, el tipo de suelo y las condiciones de impacto esperadas. Cuando la distancia lateral disponible para la colocación de la barrera es reducida y su instalación no es posible de acuerdo con lo anterior, deberán buscarse barreras que puedan colocarse sobre el talud, siempre y cuando esta configuración se indique en las especificaciones del sistema de barrera aprobado, contenido en el certificado de cumplimiento u oficio de aprobación. Estas barreras podrán requerir postes más largos con un hincado más profundo, como se indica en el esquema b) de la Figura 8, u otras medidas de refuerzo.



Nota: Figuras esquemáticas presentadas de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 8. Instalación de barrera de orilla de corona (OD-4.1) en terraplén

5.3.3. Compatibilidad entre sistemas, simplicidad del diseño y costos

En la elección de una barrera de orilla de corona (OD-4.1) o separadora de sentidos de circulación (OD-4.2) se debe considerar, en su caso, la compatibilidad con los sistemas de barrera ya instalados en el sitio. Además, se recomienda minimizar el número de sistemas de barreras distintos en un mismo tramo de carretera o vía urbana, priorizando aquellas con partes estandarizadas, lo cual brinda ventajas como las siguientes:

- Los detalles de diseño y el desempeño específico en el sitio después de un impacto se comprenden mejor.
- El personal de construcción y mantenimiento se familiariza con los sistemas de barreras, mejorando las labores tanto de mantenimiento como de reparación.
- Los requisitos de piezas e inventario se simplifican (número de piezas y espacio para su almacenamiento).
- Los tratamientos de las secciones extremas y de transición se pueden estandarizar.

Cuanto más simple sea el diseño de la barrera, más fácil será su instalación, mantenimiento y reparación. Asimismo, deberá tenerse en cuenta la compatibilidad del funcionamiento de la barrera con postes de luminarias y de señales, además del ancho de trabajo descrito en el inciso 5.3.2.1.4 de esta Norma.

El costo inicial de una barrera normalmente aumenta a medida que aumenta su resistencia al impacto, sin embargo, los costos asociados a su mantenimiento disminuyen. La mayoría de los costos de mantenimiento se deben a reparaciones en caso de impacto, por lo que dichos costos desempeñan un importante papel en la selección de un sistema de barrera, especialmente en tramos donde los volúmenes de tránsito son elevados y se esperan impactos frecuentes contra la barrera. Para la elección de una barrera separadora de sentidos de circulación (OD-4.2) cercana al arroyo vial, el costo de mantenimiento es decisivo, ya que para su reparación o reemplazo será necesario cerrar uno o más carriles de alta velocidad, lo que representa un peligro tanto para los usuarios como para el personal de mantenimiento.

La cantidad de impactos que se producirán a lo largo de un tramo de barrera en particular depende de la velocidad de operación, el TDPA, el alineamiento horizontal y la distancia entre el borde del arroyo vial y la barrera misma. Cuando se espera que los impactos contra la barrera sean frecuentes, se recomiendan sistemas de barreras que se mantengan funcionales antes de su reparación.

De manera general, las barreras flexibles (OD-4.1.1 y OD-4.2.1) tienen la ventaja de que su funcionamiento impone una severidad de impacto menor hacia el vehículo y por consiguiente a sus ocupantes, sin embargo, su reparación después de un impacto debe ser inmediata, por lo que no se recomienda su uso en zonas donde es probable que reciba golpes con frecuencia o donde su reparación pueda demorar. Por su lado, las barreras rígidas (OD-4.1.3 y OD-4.2.3) imponen una mayor severidad de impacto, sin embargo, suelen ser la mejor opción en sitios donde se esperen impactos con frecuencia o en tramos con elevado TDPA, donde los trabajos de mantenimiento pueden complicarse por su influencia en la alteración del tránsito.

5.3.4. Elección de la barrera

Las barreras de orilla de corona (OD-4.1) y separadoras de sentido de circulación (OD-4.2) se deben seleccionar de entre las que cuenten con un certificado de cumplimiento, emitido por un organismo de certificación debidamente acreditado conforme a la Ley de Infraestructura de la Calidad, o de entre las que cuenten con un oficio de aprobación expedido por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, que señale que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016]. El certificado de cumplimiento u oficio de aprobación correspondiente debe indicar, de manera fehaciente, el detalle y las especificaciones del sistema de barrera aprobado, bien sea de manera genérica o de manera especial hacia una persona física o moral. Las barreras de orilla de corona (OD-4.1) y separadoras de sentido de circulación (OD-4.2) aprobadas para su uso en carreteras y vías urbanas son las contenidas en el sitio web de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; otras barreras que pueden instalarse en carreteras y vías urbanas son las publicadas en el sitio web de la Federal Highway Administration, que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016], lo anterior previa aprobación de la Dirección General de Servicios Técnicos.

5.4. Emplazamiento

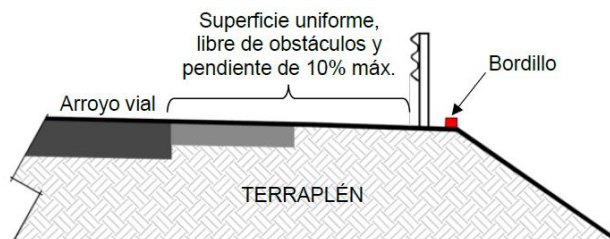
5.4.1. Altura de la barrera

La altura de las barreras de orilla de corona (OD-4.1) y separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) debe ser la indicada en las especificaciones particulares del sistema de barrera aprobado y deberá respetarse a lo largo de su vida útil, por lo que requiere considerarse durante los trabajos de reconstrucción y mantenimiento del pavimento.

5.4.2. Superficie entre el arroyo vial y la barrera

A fin de asegurar el correcto desempeño de la barrera durante un impacto, la superficie entre el límite del arroyo vial y la línea de acción de la barrera debe ser uniforme, con una pendiente transversal no mayor de diez (10) por ciento, sin escalones y libre de obstáculos laterales como cunetas o bordillos, entre otros, como se indica en la Figura 9. Sólo si las especificaciones contenidas en el certificado de cumplimiento u oficio de aprobación del sistema de barrera aprobado lo indican, se podrán tener superficies más inclinadas.

En terraplenes de reciente construcción en los que sea estrictamente necesaria la construcción de un bordillo para proteger sus taludes contra la erosión, este se colocará en el hombro del terraplén, atrás de la barrera, como se muestra en la Figura 9. Una vez que el terraplén esté consolidado con vegetación en su talud, el bordillo no será necesario, por lo que se recomienda retirarlo.



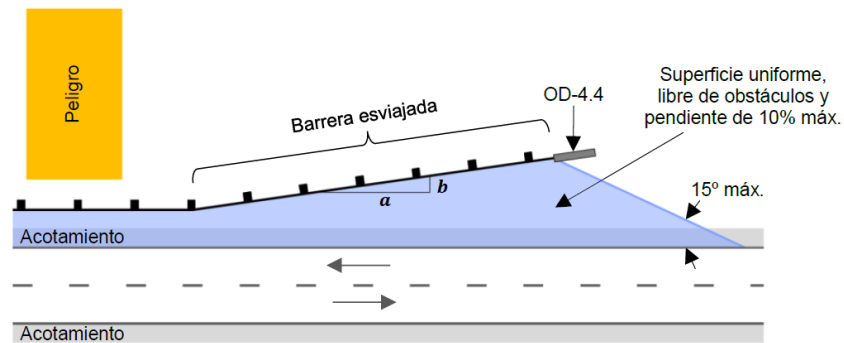
Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 9. Requisitos para la superficie entre arroyo vial y barrera

Sólo se instalarán barreras sobre guarniciones o próximas a guarniciones si dicha configuración se indica en las especificaciones del sistema de barrera aprobado, contenido en el certificado de cumplimiento u oficio de aprobación, respetando la altura de la guarnición y la separación entre esta y la barrera que ahí se indiquen.

5.4.3. Esviaje en barreras de orilla de corona (OD-4.1)

Una barrera de orilla de corona (OD-4.1) se considera esviada cuando no es paralela al borde del arroyo vial, como se muestra en la Figura 10. El esviaje en la instalación de una barrera tiene ventajas como: disminuir la longitud adicional necesaria, contrarrestar la percepción de angostamiento del arroyo vial, proporcionar más espacio al costado del arroyo vial para que un conductor pueda recuperar el control de su vehículo y alejar las secciones extremas (OD-4.4) del arroyo vial, lo cual reduce el número de impactos en dichas secciones. Por otro lado, tiene las desventajas de incrementar la superficie a nivelar entre el arroyo vial y la barrera para su correcto funcionamiento y de aumentar el posible ángulo de impacto, lo que puede incrementar la severidad del mismo, por lo que deben respetarse las recomendaciones particulares del sistema de barrera aprobado.



Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 10. Instalación de barrera de orilla de corona (OD-4.1) esviada

Los valores de esviaje recomendados para la instalación de barreras de orilla de corona semirrígidas (OD-4.1.2) y rígidas (OD-4.1.3) se muestran en la Tabla 8, en función de la velocidad. Para barreras de orilla de corona flexibles (OD-4.1.1) no se recomienda el esviaje, salvo que se indique en las especificaciones del sistema de barrera aprobado, contenido en el certificado de cumplimiento u oficio de aprobación.

TABLA 8.- Esviaje recomendado para la instalación de barreras de orilla de corona (OD-4.1.2 y OD-4.1.3)

| Velocidad de operación o proyecto km/h | Esviaje recomendado $a : b$ ^[1] | | |
|---|--|--|--------------------|
| | Barreras dentro de la distancia de cautela | Barreras más allá de la distancia de cautela | |
| | | Semirrígidas (OD-4.1.2) | Rígidas (OD-4.1.3) |
| 50 | 13 : 1 | 7 : 1 | 8 : 1 |
| 60 | 16 : 1 | 8 : 1 | 10 : 1 |
| 70 | 18 : 1 | 10 : 1 | 12 : 1 |
| 80 | 21 : 1 | 11 : 1 | 14 : 1 |
| 90 | 24 : 1 | 12 : 1 | 16 : 1 |
| 100 | 26 : 1 | 14 : 1 | 18 : 1 |
| 110 | 30 : 1 | 15 : 1 | 20 : 1 |

Fuente: Adaptada del *Roadside Design Guide* [AASHTO, 2011]

[1] “a” es la distancia en el sentido longitudinal del borde del arroyo vial y “b” es la distancia en el sentido transversal, como se indica en la Figura 10.

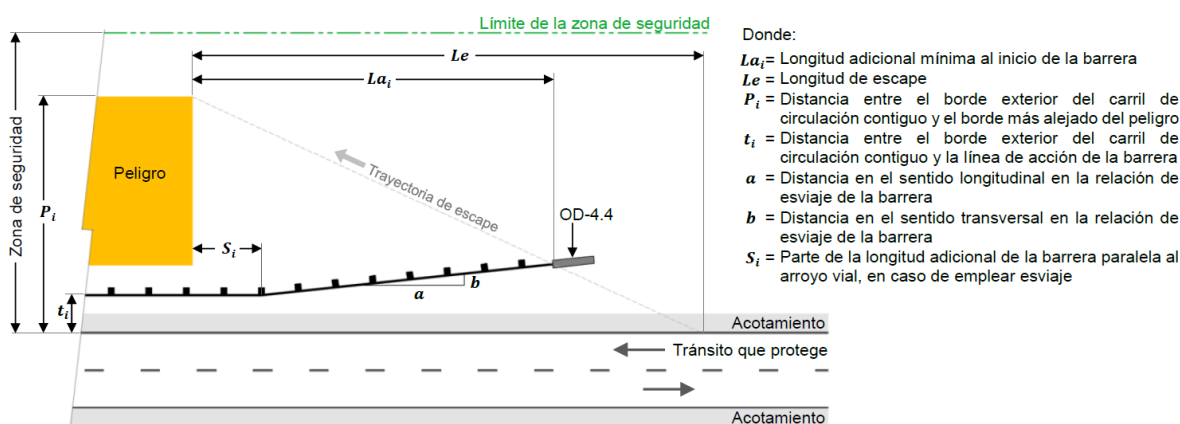
5.4.4. Emplazamiento longitudinal de las barreras de orilla de corona (OD-4.1)

La longitud necesaria de una barrera de orilla de corona (OD-4.1) comprende los tramos donde son requeridas de acuerdo con lo indicado en el inciso 5.2.1, más una longitud adicional que debe agregarse al inicio y en algunos casos al final, para evitar que un vehículo fuera de control salga a una superficie no traspasable, donde pueda volcar, caer a una obra de drenaje o impactar contra un obstáculo lateral. La longitud necesaria de la barrera debe considerar la longitud mínima de instalación indicada en su certificado de cumplimiento u oficio de aprobación y ajustarse para tener en cuenta las dimensiones estándar de fábrica de las partes que las componen, la distancia máxima para conexión entre barreras indicada en el inciso 5.4.5 y su cercanía con secciones en corte, en donde se podrá anclar a este de acuerdo con lo indicado en el inciso 8.3 de esta Norma. La longitud necesaria de la barrera no debe tomar en cuenta la longitud que proveen las secciones extremas (OD-4.4).

El cálculo de las longitudes adicionales de la barrera se realiza de acuerdo con lo siguiente:

5.4.4.1. Longitudes adicionales de barrera en tangentes

Las variables involucradas en el cálculo de la longitud adicional necesaria al inicio de una barrera de orilla de corona (OD-4.1) emplazada en una tangente del alineamiento horizontal se muestran en la Figura 11.



Nota: El ancho de la zona de seguridad se determina con base en lo indicado en la Tabla 3 de esta Norma. Esta figura es esquemática y se presenta de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 11.- Variables en el cálculo de la longitud adicional al inicio de una barrera de orilla de corona (OD-4.1)

P_i es la distancia transversal desde el borde exterior del carril de circulación contiguo hasta el pie del talud del terraplén con superficie no traspasable o hasta el extremo más alejado del obstáculo lateral. Si esta distancia es mayor que el ancho de la zona de seguridad determinada de acuerdo con lo indicado en la Tabla 3 de esta Norma, su valor se limitará al ancho de dicha zona de seguridad.

La longitud de escape (L_e) es la distancia teórica que recorrería un vehículo fuera de control al abandonar el arroyo vial antes de detenerse. Esta longitud se mide paralela al arroyo vial desde la sección donde inicia el peligro que origina la necesidad de la barrera, como se muestra en la Figura 11. En la Tabla 9 se indican los valores para L_e en función del TDPA y la velocidad.

TABLA 9.- Longitud de escape (L_e), en metros

| Velocidad de operación o proyecto km/h | TDPA [1] | | | |
|---|----------|---------------|----------------|----------|
| | < 1 000 | 1 000 a 4 999 | 5 000 a 10 000 | > 10 000 |
| 50 | 21 | 24 | 27 | 34 |
| 60 | 30 | 34 | 40 | 49 |
| 80 | 46 | 49 | 58 | 70 |
| 100 | 61 | 64 | 76 | 91 |
| 110 | 76 | 88 | 101 | 110 |

Fuente: Adaptada del *Roadside Design Guide* [AASHTO, 2011]

[1] Tránsito diario promedio anual esperado en los próximos 5 años. En caminos de un carril por sentido de circulación, se tomará el TDPA de ambos sentidos, mientras que, en caminos de dos o más carriles por sentido de circulación, se considerará el TDPA del sentido de circulación bajo análisis.

Determinados los valores de P_i y L_e , la longitud adicional mínima al inicio de la barrera (L_{a_i}) dependerá de la distancia entre el borde exterior del carril de circulación contiguo y la línea de acción de la barrera (t_i), su relación de esviaje ($a:b$) y su longitud paralela al arroyo vial (S_i), como se muestra en la Figura 11.

S_i es una longitud variable seleccionada por el proyectista, siempre menor que L_e , que se emplea cuando la longitud adicional de la barrera se instala con esviaje de acuerdo con lo indicado en el inciso 5.4.3, sólo en los siguientes dos casos:

- Cuando en la longitud adicional de una barrera de orilla de corona rígida (OD-4.1.3) o de un parapeto para vehículo motorizado (OD-4.5) se utiliza una barrera de mayor deflexión dinámica. S_i debe ser igual a la longitud de la sección de transición (OD-4.3) que une ambos sistemas.
- Cuando se instala una barrera semirrígida para proteger de un obstáculo lateral que sobresale del terreno como una pila, columna, árbol o poste. S_i debe ser igual a ocho (8) metros o mayor.

Finalmente, la longitud adicional mínima al inicio de la barrera (La_i), previa a la sección donde se requiera de acuerdo con lo indicado en el inciso 5.2.1, en tramos con alineamiento horizontal en tangente, se calcula con la siguiente ecuación:

$$La_i = \frac{P_i - t_i + \left(S_i \times \frac{b}{a}\right)}{\frac{P_i}{Le} + \frac{b}{a}}$$

Donde:

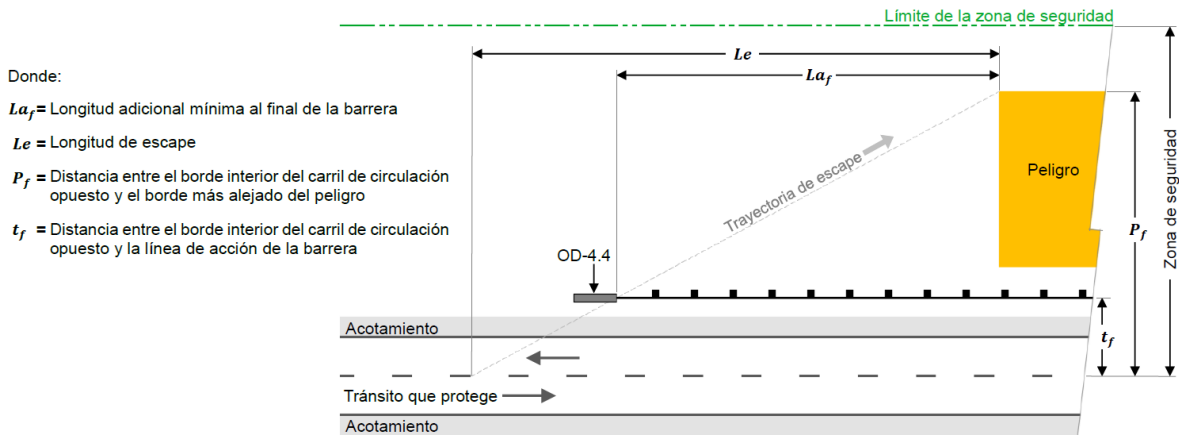
- La_i = Longitud adicional mínima al inicio de la barrera, (m)
 P_i = Distancia entre el borde exterior del carril de circulación contiguo y el borde más alejado del peligro, con un valor máximo igual a la zona de seguridad, (m)
 Le = Longitud de escape, (m)
 t_i = Distancia entre el borde exterior del carril de circulación contiguo y la línea de acción de la barrera, (m)
 S_i = Parte de la longitud adicional de la barrera paralela al arroyo vial, (m)
 b/a = Relación de esviaje de la barrera, (adimensional)

Si se decide instalar la totalidad de la longitud adicional de la barrera sin esviaje, la ecuación anterior se simplifica de la siguiente forma:

$$La_i = Le - \frac{Le \times t_i}{P_i}$$

Donde, La_i , P_i , Le y t_i tienen el mismo significado que en la ecuación anterior.

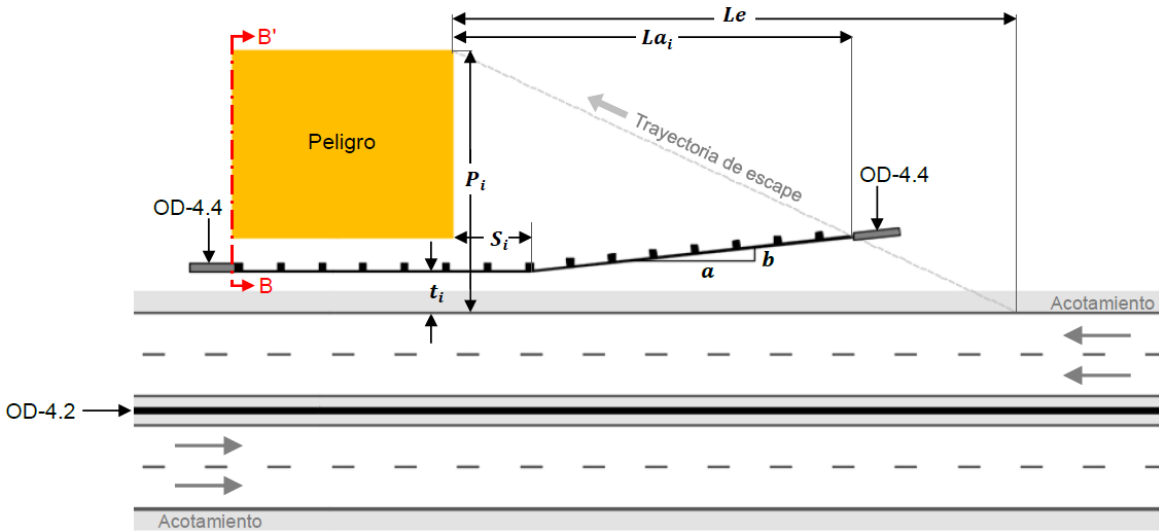
En carreteras cuyos sentidos de circulación no se encuentran segregados, también se debe instalar una longitud adicional de barrera al final, posterior a su requerimiento de acuerdo con el inciso 5.2.1, debido al riesgo que representa para los ocupantes de un vehículo en el sentido de circulación opuesto una salida del arroyo vial. El cálculo de la longitud adicional al final se realiza de manera similar que la longitud adicional al inicio, con la diferencia que las distancias transversales (P_f , t_f y la zona de seguridad) se miden desde el borde del carril del sentido de circulación que se protege, es decir, el sentido de circulación opuesto y no se recomienda el esviaje. Para el cálculo de la longitud adicional mínima al final de la barrera se emplea la ecuación simplificada anterior, sustituyendo los subíndices "i" (inicio) por "f" (final). En la Figura 12 se muestran las variables involucradas en el cálculo de la longitud adicional necesaria al final de la barrera, indicando desde donde debe medirse cada una de ellas.



Nota: El ancho de la zona de seguridad se determina de acuerdo con lo indicado en la Tabla 3 de esta Norma. Esta figura es esquemática y se presenta de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 12.- Variables en el cálculo de la longitud adicional al final de una barrera de orilla de corona (OD-4.1)

En carreteras o vías urbanas con sentidos de circulación segregados, ya sea por una faja separadora central mayor a diez (10) metros o por la instalación de una barrera separadora de sentidos de circulación (OD-4.2), sólo se requiere la instalación de una longitud adicional al inicio, finalizando la necesidad de barrera en la sección transversal del arroyo vial donde concluye su requerimiento de acuerdo con el inciso 5.2.1, como se muestra en la Figura 13, donde la necesidad de la barrera concluye en la sección B-B'.

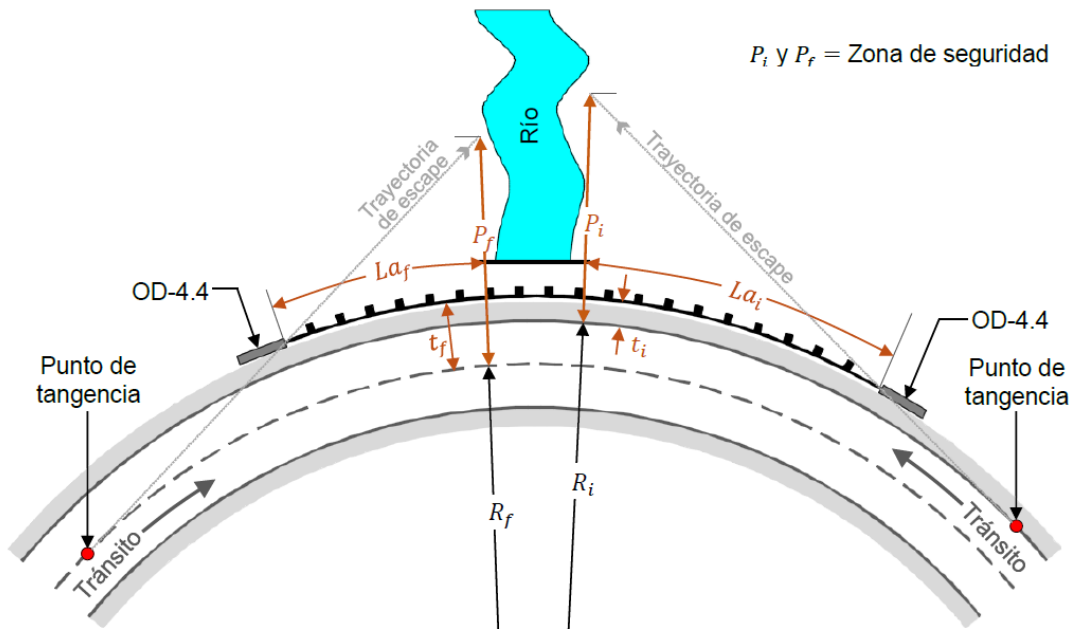


Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 13.- Instalación de barrera de orilla de corona (OD-4.1) en carretera con sentidos de circulación separados

5.4.4.2. Longitudes adicionales de barrera en curvas

Las ecuaciones presentadas en el inciso 5.4.4.1 son aplicables a barreras instaladas en tramos con alineamiento horizontal en tangente o en curvas con radios mayores a novecientos (900) metros. En el caso de barreras instaladas en curvas horizontales con radios iguales a novecientos (900) metros o menores, se debe tomar en cuenta que un vehículo fuera de control que abandone el arroyo vial por el lado exterior de la curva generalmente seguirá una trayectoria de salida tangencial, si la superficie fuera de la carretera o vía urbana es traspasable. En dicho caso, en lugar de utilizar la longitud de escape L_e teórica, se debe trazar una línea desde el borde exterior del peligro o desde una distancia igual a la zona de seguridad si se está protegiendo un peligro continuo (p. ej. un río, como se muestra en la Figura 14), hasta el punto de tangencia a la curva, para determinar las longitudes adicionales (La_i y La_f) necesarias de la barrera. Si las longitudes La_i o La_f resultan mayores que L_e , determinada de acuerdo con la Tabla 9, como puede ser en una curva con un radio grande, se debe utilizar el valor de L_e para fijar la longitud adicional (La_i o La_f) necesaria de la barrera.



Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 14.- Instalación de barrera de orilla de corona (OD-4.1) en curva horizontal circular

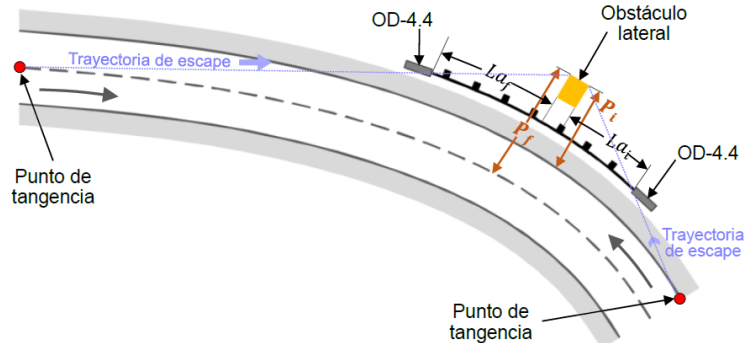
En barreras instaladas en curvas horizontales generalmente no se utilizan esvajes, por lo que la longitud adicional de la barrera será función sólo de la distancia a la que se encuentra desde el borde del carril del sentido de circulación que se protege (t) y se puede obtener más fácilmente de forma gráfica, sin embargo, para barreras instaladas en curvas horizontales circulares, se puede utilizar la siguiente expresión para el cálculo de las longitudes adicionales mínimas necesarias, donde las variables R , P y t se medirán de acuerdo con la longitud adicional que se esté calculando (al inicio "i" o al final "f" de la barrera), de acuerdo con lo indicado en la Figura 14:

$$La = \frac{R \times \left(\sqrt{(R+P)^2 - R^2} - \sqrt{(R+t)^2 - R^2} \right)}{R+P}$$

Donde:

- La = Longitud adicional mínima de la barrera, con valor máximo igual a Le determinado de acuerdo con la Tabla 9, (m)
- P = Distancia entre el carril del sentido de circulación que se protege y el borde más alejado del peligro, con valor máximo igual a la zona de seguridad determinada de acuerdo con las Tablas 3 y 4, (m)
- t = Distancia entre el carril del sentido de circulación que se protege y la línea de acción de la barrera, (m)
- R = Radio del borde exterior o interior del carril, de acuerdo con el sentido de circulación que se protege, (m)

Las longitudes adicionales necesarias de una barrera de orilla de corona (OD-4.1) instalada en una curva espiral se deben determinar gráficamente, como se ilustra en la Figura 15 para una barrera por obstáculo lateral, considerando que las distancias entre el sentido de circulación que se protege y el borde más alejado del peligro "P" deben limitarse al valor del ancho de la zona de seguridad determinado de acuerdo con lo indicado en las Tablas 3 y 4. Las longitudes adicionales calculadas de esta manera se limitarán al valor de Le determinado de acuerdo con la Tabla 9.



Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 15.- Instalación de barrera de orilla de corona (OD-4.1) en curva horizontal en espiral

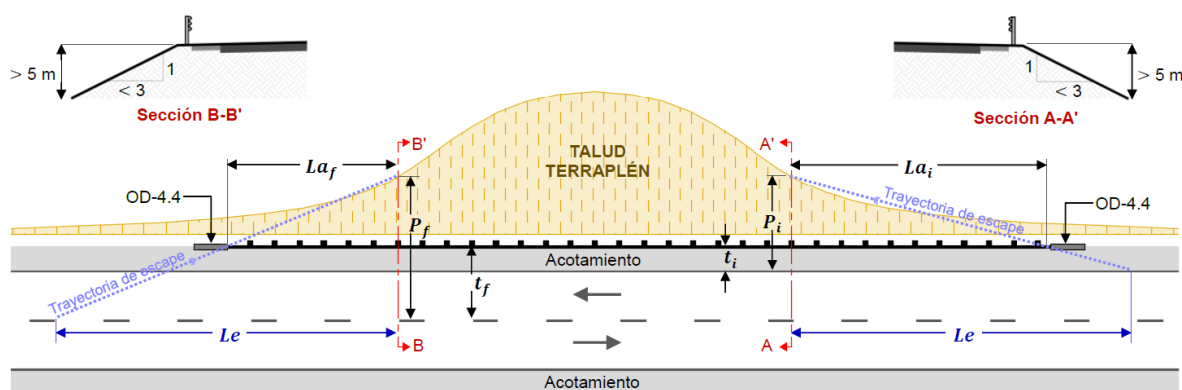
5.4.4.3. Ejemplo de longitud necesaria de barrera de orilla de corona por terraplén en tangente

La longitud de barrera de orilla de corona (OD-4.1) necesaria para que un vehículo fuera de control no salga hacia el talud de un terraplén que por su altura y pendiente representa un peligro, corresponde a la longitud del terraplén que la requiera según lo indicado en la Figura 2, más las longitudes adicionales necesarias para cubrir completamente la situación de riesgo.

Como se muestra en la Figura 16, las longitudes adicionales al inicio (La_i) y al final (La_f) son las longitudes mínimas que se debe prolongar la barrera en el extremo al cual se aproximan los vehículos y se obtienen como se indica a continuación:

- Se determinan las secciones transversales A-A' y B-B' del arroyo vial donde, por la altura y pendiente del talud del terraplén, inicia y termina el requerimiento de la barrera, como se ejemplifica en la Figura 16 para una carretera de un carril por sentido de circulación.
- Sobre cada una de dichas secciones se miden las distancias " P_i o P_f " entre el borde exterior o interior del carril, dependiendo del sentido de circulación que se protege, y el pie del talud del terraplén. Si esta distancia resulta mayor al ancho de la zona de seguridad determinada de acuerdo con la Tabla 3, se considera igual a dicho límite.
- Se determina la longitud de escape (Le), con base en los valores indicados en la Tabla 9.

- d) Se calculan las longitudes adicionales mínimas necesarias al inicio y al final (La_i y La_f) con la ecuación correspondiente indicada en el inciso 5.4.4.1, dependiendo de si se instalará con esviaje o no. En barreras requeridas debido a taludes de terraplenes no traspasables, lo más común es instalarlas sin esviaje, debido al incremento de la superficie a nivelar para cumplir con lo indicado en el inciso 5.4.2, por lo que en dicho caso se utilizará la ecuación simplificada que no contempla la relación de esviaje.
- e) Cuando los sentidos de circulación de la carretera o vía urbana estén segregados, ya sea mediante una faja separadora central mayor a diez (10) metros o una barrera separadora de sentidos de circulación (OD-4.2), sólo se instalará una longitud adicional al inicio de la barrera, terminando su necesidad en la sección transversal del arroyo vial donde, por la altura y pendiente del talud del terraplén, concluya el requerimiento de la barrera.



Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

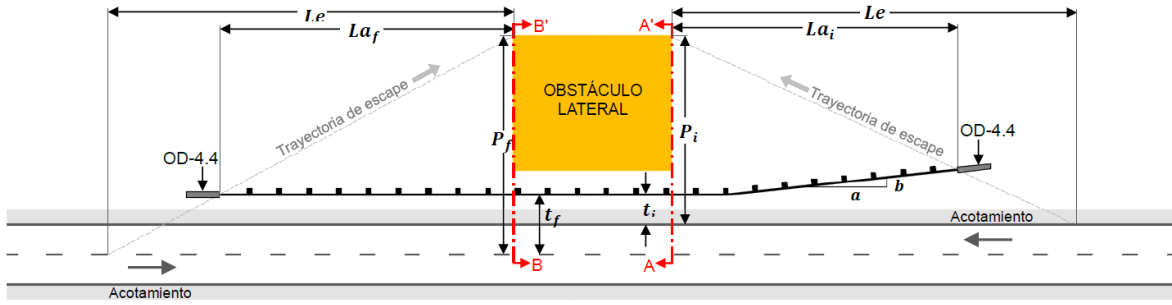
FIGURA 16.- Longitud mínima necesaria de barrera de orilla de corona (OD-4.1) por terraplén en tangente

5.4.4.4. Ejemplo de longitud necesaria de barrera de orilla de corona por obstáculo lateral en tangente

La longitud de barrera de orilla de corona (OD-4.1) necesaria para evitar que un vehículo fuera de control impacte con un obstáculo lateral que invade la zona de seguridad, corresponde a la longitud de dicho obstáculo en el sentido del flujo vehicular, más las longitudes adicionales requeridas para cubrir completamente la situación de riesgo.

Como se muestra en la Figura 17, las longitudes adicionales inicio (La_i) y al final (La_f) son las longitudes mínimas que se debe prolongar la barrera en el extremo al cual se aproximan los vehículos y se obtiene como se indica a continuación:

- Se determinan las secciones transversales A-A' y B-B' del arroyo vial donde inicia y termina el requerimiento de la barrera debido al obstáculo lateral, como se ejemplifica en la Figura 17 para una carretera de un carril por sentido de circulación.
- Sobre cada una de dichas secciones se miden las distancias " P_i o P_f " entre el borde exterior o interior del carril, dependiendo del sentido de circulación que se protege, y el extremo más alejado del obstáculo lateral. Si esta distancia resulta mayor al ancho de la zona de seguridad determinada de acuerdo con la Tabla 3 de esta Norma, se considera igual a dicho límite.
- Se determina la longitud de escape (Le), con base en los valores indicados en la Tabla 9.
- Se calculan las longitudes adicionales mínimas necesarias (La_i y La_f) con la ecuación correspondiente indicada en el inciso 5.4.4.1, dependiendo de si se instalará con esviaje o no.
- Cuando los sentidos de circulación de la carretera o vía urbana estén segregados, ya sea mediante una faja separadora central mayor a diez (10) metros o una barrera separadora de sentidos de circulación (OD-4.2), sólo se instalará una longitud adicional al inicio de la barrera, terminando su necesidad en la sección transversal del arroyo vial donde concluya el obstáculo lateral.



Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 17.- Longitud mínima necesaria de barrera de orilla de corona (OD-4.1) por obstáculos laterales en tangente

5.4.4.5. Longitud necesaria de barreras de orilla de corona para proteger peatones y ciclistas

La longitud de barrera de orilla de corona (OD-4.1) necesaria para evitar que un vehículo fuera de control pueda lastimar a peatones o ciclistas en zonas donde estos convivan de forma habitual con el tránsito vehicular de la carretera o de la vía urbana, se debe determinar mediante un estudio de ingeniería de tránsito que considere la velocidad de los vehículos motorizados y su TDPA, así como el aforo peatonal y ciclista para cada caso en particular, considerando que deben incluirse las longitudes adicionales al inicio y al final requeridas para cubrir completamente la situación de riesgo.

5.4.5. Conexión entre barreras de orilla de corona (OD-4.1)

Se debe proceder a la conexión de barreras de orilla de corona cuando la distancia entre el final de una y el inicio de otra sea igual a la indicada en la Tabla 10 o menor, excepto cuando exista una causa plenamente justificada, como la presencia de accesos, paraderos o cruces peatonales autorizados, así como cortes sin irregularidades o derivada de un análisis económico, entre otras.

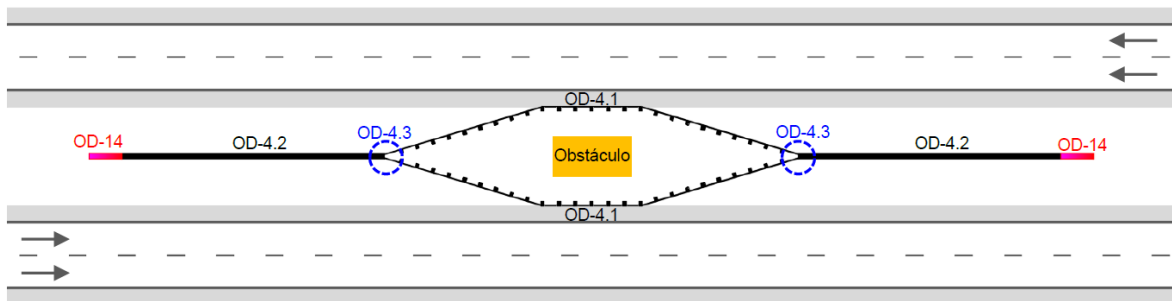
TABLA 10.- Distancia máxima para conexión entre barreras de orilla de corona

| Número de carriles por sentido de circulación | Distancia m |
|---|----------------|
| 1 | 80 |
| > 1 | 60 |

Cuando las barreras por conectar sean iguales, sus extremos contiguos se deben prolongar hasta que se unan formando una sola barrera, de lo contrario, la conexión se hará mediante una sección de transición (OD-4.3), según lo indicado en el capítulo 7 de esta Norma.

5.4.6. Emplazamiento longitudinal de las barreras separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2)

Las barreras separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) se deben instalar a todo lo largo de las fajas separadoras que la requieran, de acuerdo con lo indicado en el inciso 5.2.2. Los extremos de las barreras separadoras de sentido de circulación no deben representar un peligro para los ocupantes de los posibles vehículos que abandonen el arroyo vial, por lo que deberán estar protegidas mediante secciones extremas (OD-4.4) o amortiguadores de impacto (OD-14) que cumplan con lo establecido en la NOM-008-SCT2-2020, *Amortiguadores de impacto en carreteras y vías urbanas* o la que la sustituya, dependiendo del tipo de barrera, como se muestra en la Figura 18.



Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 18.- Emplazamiento longitudinal de barrera separadora de sentidos de circulación (OD-4.2)

Si en algún tramo de la faja separadora se requieren barreras de orilla de corona (OD-4.1) de acuerdo con lo indicado en el inciso 5.2.1, la barrera separadora de sentidos de circulación (OD-4.2) se llevará hasta un sitio tal que la conexión entre esta y las primeras pueda hacerse mediante secciones de transición (OD-4.3), según lo indicado en el capítulo 7 de esta Norma, con el esviaje máximo que se indica en la Tabla 8, como se ilustra en la Figura 18.

5.5. Instalación

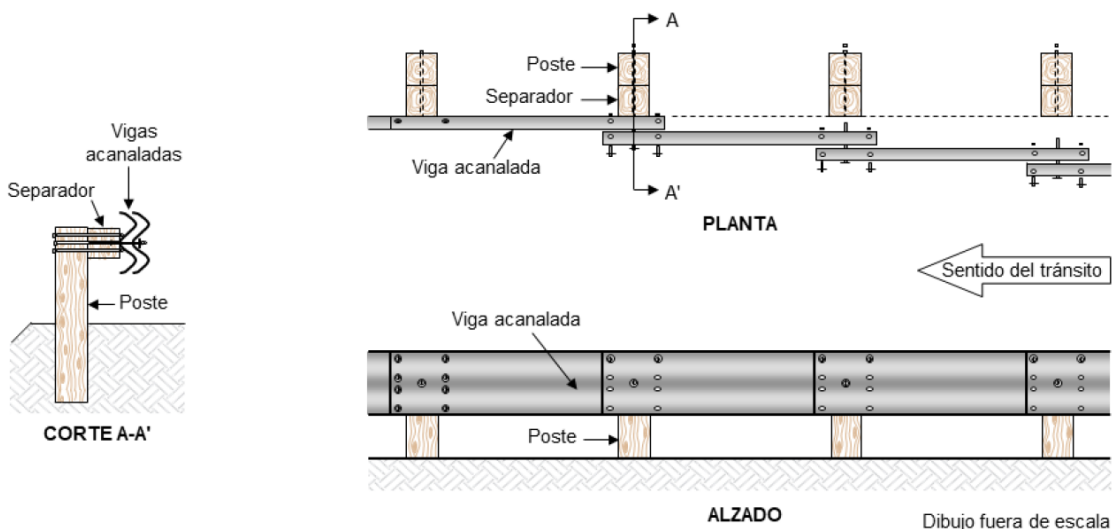
Las barreras de orilla de corona (OD-4.1) y separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) que se seleccionen se deben instalar de acuerdo con las especificaciones particulares del sistema de barrera aprobado, respetando siempre los materiales indicados y los pasos a seguir durante la instalación, tal como fueron probadas. Asimismo, el personal encargado de la instalación debe estar capacitado para el sistema específico que emplazará.

5.5.1. Hincado de postes

Cuando las barreras de orilla de corona (OD-4.1) o separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) tengan postes hincados en el suelo, se deberán seguir las especificaciones particulares del fabricante en caso de encontrarse con suelo que por sus características impida el hincado de los postes.

5.5.2. Elementos traslapables

Si la barrera elegida se integra con elementos de contención que se traslapen, como vigas acanaladas de acero, se deben instalar en sentido contrario al tránsito del carril más próximo a la barrera, de manera que el traslape cubra la fijación del tramo anterior, como se muestra en la Figura 19. Esta indicación debe respetarse con el fin de evitar que un vehículo fuera de control que colisione con la barrera pueda engancharse en la unión de los elementos que se traslapan o que la viga acanalada pueda penetrar en el habitáculo del vehículo.



Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 19.- Instalación de vigas acanaladas de acero

6. Parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5)

Los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) son dispositivos que difieren de las barreras de orilla de corona (OD-4.1) o separadoras de sentido de circulación (OD-4.2) porque forman parte integral de los puentes o estructuras similares, por lo que físicamente están conectados a través de un anclaje especial diseñado para que, durante el posible impacto de un vehículo motorizado, el tablero o estructura del puente no sufra daños relevantes.

6.1. Clasificación

De acuerdo con el tipo, masa, velocidad y ángulo de impacto de los vehículos que son capaces de contener y redireccionar, los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) se clasifican en los seis niveles de contención que se muestran en la Tabla 2. Asimismo, los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) deben tener una deflexión dinámica máxima de setenta (70) centímetros, es decir, sólo serán parapetos para vehículos motorizados rígidos.

6.2. Utilización

Los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) se deben instalar en puentes o estructuras similares, con el objetivo de evitar una posible caída de un vehículo fuera de control hacia un desnivel o cauce.

Cuando se lleven a cabo trabajos de conservación periódica en los puentes o estructuras similares, se deberá considerar la sustitución de los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) por un sistema compatible con la estructura existente, que cumpla con el nivel de contención requerido de acuerdo con lo indicado en la Tabla 6.

6.3. Selección

En la selección de un parapeto para vehículos motorizados (OD-4.5), se deben considerar los siguientes factores: nivel de contención requerido, ancho de trabajo, compatibilidad con la estructura del puente, costos de construcción y conservación, experiencia en campo del desempeño de los parapetos para vehículos motorizados instalados y estética de acuerdo con su sitio de instalación.

El nivel de contención que deben tener los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) se determina de la Tabla 6, con base en el tránsito diario promedio anual de autobuses más camiones de carga (*TDPA_{π+c}*) pronosticado para los siguientes quince (15) años y la velocidad (de operación o proyecto) en el tramo donde se emplazarán. El ancho de trabajo se debe considerar con especial atención cuando detrás del parapeto existan elementos estructurales del puente.

Los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) se deben seleccionar de entre los que cuenten con un certificado de cumplimiento, emitido por un organismo de certificación debidamente acreditado conforme a la Ley de Infraestructura de la Calidad, o de entre los que cuenten con un oficio de aprobación expedido por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016]. El certificado de cumplimiento u oficio de aprobación correspondiente debe indicar, de manera fehaciente, el detalle y las especificaciones del sistema de parapeto aprobado (incluyendo anclajes, conexión con la losa del puente y características de los materiales), bien sea de manera genérica o de manera especial hacia una persona física o moral. Los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) aprobados para su uso en carreteras y vías urbanas son los contenidos en el sitio web de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; otros parapetos para vehículos motorizados que pueden instalarse en carreteras y vías urbanas son los publicados en el sitio web de la Federal Highway Administration, que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016], lo anterior previa aprobación de la Dirección General de Servicios Técnicos.

6.4. Emplazamiento

La altura de los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) debe coincidir con la indicada en las especificaciones particulares del sistema de parapeto aprobado y deberá respetarse a lo largo de su vida útil, por lo que requiere considerarse durante los trabajos de reconstrucción y mantenimiento del pavimento. En los puentes y estructuras similares que tengan banquetas y una intensidad peatonal que así lo justifique, los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) se deben emplazar en las orillas interiores de las banquetas y en las exteriores los parapetos peatonales (DD-6), previa justificación con base en un estudio de ingeniería de tránsito.

Se deben emplazar longitudes adicionales de parapeto para vehículos motorizados (OD-4.5) al inicio y al final del puente o estructura similar para cubrir completamente la situación de riesgo, de acuerdo con lo indicado en los incisos 5.4.4.1 y 5.4.4.2, dependiendo de si se emplazarán en una tangente o en una curva del alineamiento horizontal. Para el desarrollo de las longitudes adicionales al inicio y al final del puente o estructura similar, se podrá extender el parapeto o utilizar una barrera de orilla de corona (OD-4.1), siempre y cuando la conexión se realice mediante una sección de transición (OD-4.3) según lo indicado en el capítulo 7 de esta Norma.

Los extremos de los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) o, en su caso, las barreras de orilla de corona (OD-4.1) utilizadas para el emplazamiento de las longitudes adicionales, no deben representar un peligro para los ocupantes de los posibles vehículos que abandonen el arroyo vial, por lo que deberán estar protegidas mediante secciones extremas (OD-4.4) o amortiguadores de impacto (OD-14) que cumplan con lo establecido en la NOM-008-SCT2-2020, *Amortiguadores de impacto en carreteras y vías urbanas* o la que la sustituya, dependiendo del tipo de barrera.

6.5. Instalación

Los parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) que se seleccionen se deben instalar de acuerdo con las especificaciones particulares del sistema aprobado, respetando siempre los materiales indicados y los detalles del procedimiento constructivo señalado en su certificado de cumplimiento u oficio de aprobación, tal como fueron probados. Asimismo, el personal encargado de la instalación debe estar capacitado para el sistema específico que emplazará.

7. Secciones de transición (OD-4.3)

7.1. Clasificación

De acuerdo con el tipo, masa, velocidad y ángulo de impacto de los vehículos que son capaces de contener y redireccionar, las secciones de transición (OD-4.3) se clasifican en los seis niveles de contención que se muestran en la Tabla 11.

TABLA 11.- Matriz de pruebas para secciones de transición (OD-4.3)

| Nivel de Contención | Vehículo de prueba | | Nivel y n.º de prueba [1] | Impacto [2] | | | Condiciones [3] |
|---------------------|--|--------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------|-------------------|
| | Tipo | Masa (m) kg | | Velocidad, v km/h | Ángulo, θ Grados | Energía, e kJ | |
| NC-1 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 1-20 [5] | 50 | 25 | ≥ 17.4 | i, ii, iii, v, vi |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 1-21 | 50 | 25 | ≥ 36.0 | |
| NC-2 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 2-20 [5] | 70 | 25 | ≥ 34.2 | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 2-21 | 70 | 25 | ≥ 70.5 | |
| NC-3 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 3-20 [5] | 100 | 25 | ≥ 69.7 | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 3-21 | 100 | 25 | ≥ 144 | |
| NC-4 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 4-20 [5] | 100 | 25 | ≥ 69.7 | i, ii, iii, v, vi |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 4-21 | 100 | 25 | ≥ 144 | |
| | Camión unitario (C2) con caja seca [4] | 10 000 ± 300 | 4-22 | 90 | 15 | ≥ 193 | i, ii, iv |
| NC-5 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 5-20 [5] | 100 | 25 | ≥ 69.7 | i, ii, iii, v, vi |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 5-21 | 100 | 25 | ≥ 144 | |
| | Tractocamión articulado (T3S2) con caja seca [4] | 36 000 ± 500 | 5-22 | 80 | 15 | ≥ 548 | i, ii, iv |
| NC-6 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 6-20 [5] | 100 | 25 | ≥ 69.7 | i, ii, iii, v, vi |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 6-21 | 100 | 25 | ≥ 144 | |
| | Tractocamión articulado (T3S2) tipo tanque [4] | 36 000 ± 500 | 6-22 | 80 | 15 | ≥ 548 | i, ii, iv |

[1] Según el *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016].

[2] La velocidad de impacto (v) y el ángulo de impacto (θ) pueden tener una variación de ± 4 km/h y $\pm 1.5^\circ$, respectivamente, siempre y cuando la componente de la energía de impacto (e) en el eje transversal sea igual o mayor a los valores indicados en kJ en esta tabla, calculada con la expresión $e = 0.92 \times m \times (v \times \sin \theta)^2 / 2$.

[3] Las condiciones que han de satisfacerse según el nivel de contención son:

- i) La barrera debe contener y redireccionar al vehículo de forma controlada. El vehículo no debe atravesar la barrera ni pasar por debajo o por encima de esta.
- ii) Los elementos desprendidos, fragmentos u otros restos de la barrera no deben penetrar o mostrar potencial para penetrar en el habitáculo del vehículo, ni representar un peligro para otros vehículos, peatones o trabajadores en zonas de obra. Las deformaciones del habitáculo del vehículo no deben exceder los límites establecidos en el *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016].
- iii) El vehículo no debe volcar durante o después del impacto; los giros respecto a su eje longitudinal y transversal no deben superar los 75° .
- iv) Es preferible, aunque no esencial, que el vehículo no vuelque durante o después del impacto.
- v) Las componentes longitudinal y transversal de la velocidad de impacto de los ocupantes de los vehículos deben limitarse preferentemente a 9.1 m/s y como máximo a 12.2 m/s.
- vi) La desaceleración longitudinal y transversal de los ocupantes de los vehículos debe limitarse preferentemente a 147.15 m/s^2 ($15 g$) y como máximo a 201 m/s^2 ($20.49 g$).

[4] Es preferible, aunque no esencial, utilizar una configuración tipo *cab-behind-engine* (cabina atrás del motor).

[5] La prueba n.º 20 para cada nivel de prueba se realiza si existe incertidumbre respecto al desempeño del sistema en caso de impactos de automóviles pequeños, con el fin de evaluar el riesgo para los ocupantes y la trayectoria posterior al impacto. Si con base en los resultados de la prueba n.º 21 se determina que la prueba n.º 20 no es necesaria, se deberá entregar un informe avalado por el laboratorio donde se realizaron las pruebas que justifique porque no fue considerada.

7.2. Utilización

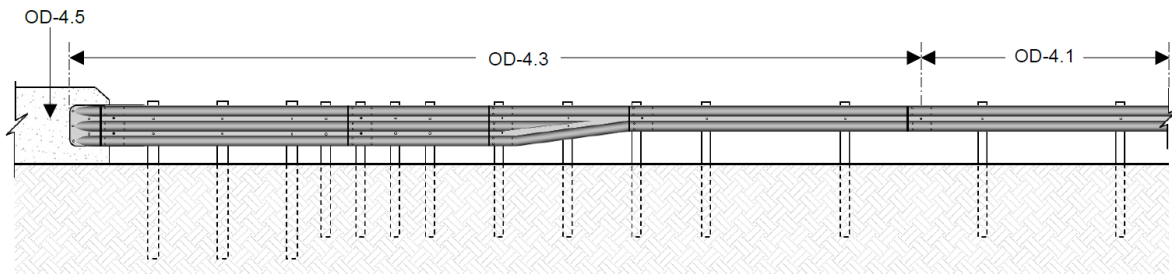
Las secciones de transición (OD-4.3) se deben utilizar cuando se requiera conectar dos barreras de orilla de corona (OD-4.1) o separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2) que tengan niveles de contención, deflexiones dinámicas o características geométricas diferentes, o conectar dichas barreras con parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) u otros elementos estructurales rígidos como muros de contención, muros de entrada a túneles, cortes, entre otros. La sección de transición (OD-4.3) debe proveer un cambio gradual de rigidez, es decir, del nivel de contención y de la deflexión dinámica, capaz de evitar la deformación exagerada por el impacto de un vehículo, que resulta en ángulos excesivos de redireccionamiento con trayectorias peligrosas, o el impacto de los vehículos en los elementos rígidos de las estructuras, con la consecuente desaceleración excesiva o la penetración de las barreras en los vehículos.

7.3. Selección

Las secciones de transición (OD-4.3) se deben seleccionar de entre las que cuenten con un certificado de cumplimiento, emitido por un organismo de certificación debidamente acreditado conforme a la Ley de Infraestructura de la Calidad, o de entre las que cuenten con un oficio de aprobación expedido por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, que señale que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016]. El certificado de cumplimiento u oficio de aprobación correspondiente debe indicar, de manera fehaciente, el detalle y las especificaciones de la sección de transición aprobada, incluyendo los diferentes sistemas que conecta, bien sea de manera genérica o de manera especial hacia una persona física o moral. Las secciones de transición (OD-4.3) aprobadas para su uso en carreteras y vías urbanas son las contenidas en el sitio web de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; otras secciones de transición que pueden instalarse en carreteras y vías urbanas son las publicadas en el sitio web de la Federal Highway Administration, que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016], lo anterior previa aprobación de la Dirección General de Servicios Técnicos.

7.4. Emplazamiento

La transición se hará gradualmente aumentando o disminuyendo su rigidez, en un largo recomendado de entre diez (10) y doce (12) veces la diferencia entre las deflexiones dinámicas de ambos elementos, aunque esta longitud puede ser distinta mientras haya sido ensayada de acuerdo con lo indicado en el inciso 7.3. En la Figura 20 se muestra el esquema de una sección de transición (OD-4.3) que conecta una barrera de orilla de corona (OD-4.1) de dos crestas con un parapeto para vehículo motorizado (OD-4.5).



Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 20.- Sección de transición (OD-4.3) conectando una barrera de orilla de corona (OD-4.1) a un parapeto para vehículo motorizado (OD-4.5)

La superficie entre el arroyo vial y la sección de transición (OD-4.3) tendrá una pendiente transversal máxima de diez (10) por ciento y la zona estará despejada de cualquier elemento que impida su correcto funcionamiento como puede ser una cuneta o un bordillo, entre otros.

7.5. Instalación

Las secciones de transición (OD-4.3) que se seleccionen se deben instalar de acuerdo con las especificaciones particulares del sistema aprobado, respetando siempre los materiales indicados, los detalles del procedimiento constructivo y los pasos a seguir durante la instalación, tal como fueron probadas, garantizando su compatibilidad con los dos dispositivos distintos que conectará. Asimismo, el personal encargado de la instalación debe estar capacitado para el sistema específico que emplazará.

8. Secciones extremas (OD-4.4)

Para asegurar el correcto funcionamiento de cada barrera de orilla de corona (OD-4.1), separadora de sentidos de circulación (OD-4.2), en zona de obra (OD-4.6) o parapeto para vehículo motorizado (OD-4.5), se deben diseñar con dos secciones extremas, una al inicio y otra al final de cada tramo, que anclen el sistema al suelo de cimentación. Las características mecánicas, los detalles estructurales de las secciones en sí mismas y las geométricas del emplazamiento, deben ser materia del diseño particular de cada caso, lo cual dependerá fundamentalmente de las características del resto de la barrera, las condiciones del suelo y la situación geométrica del camino. A partir de la entrada en vigor de esta Norma, se prohíbe la instalación de las secciones terminales sencillas, anteriormente designadas como OD-4.4.2/S y conocidas como tipo "cola de pato" en cualquier sección extrema y se recomienda la sustitución gradual de las ya instaladas.

8.1. Secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1)

Las secciones extremas deben ser secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) cuando se colocan en el extremo de una barrera de orilla de corona (OD-4.1), separadora de sentido de circulación (OD-4.2) o en zona de obra (OD-4.6) en el que un vehículo que se aproxima a ella se pueda impactar de frente, pudiéndose colocar en su lugar amortiguadores de impacto conforme lo establecido en la NOM-008-SCT2-2020, *Amortiguadores de impacto en carreteras y vías urbanas* o la que la sustituya, dependiendo del diseño específico de cada barrera de orilla de corona (OD-4.1), separadora de sentidos de circulación (OD-4.2) o en zona de obra (OD-4.6).

8.1.1. Clasificación

8.1.1.1. Clasificación según el nivel de contención (NC)

De acuerdo con la velocidad de los vehículos utilizados para las pruebas de impacto, las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) se clasifican en los tres niveles de contención que se muestran en la Tabla 12.

TABLA 12.- Matriz de pruebas para secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1)

| Nivel de Contención | Vehículo de prueba | | Nivel y n.º de prueba [1] | Impacto [2] | | | Condiciones [3] | |
|---------------------|--------------------|-------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|-------------------|
| | Tipo | Masa (m) kg | | Velocidad, v km/h | Ángulo, θ Grados | Energía, e kJ | Traspasable | No traspasable |
| NC-1 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 1-30 | 50 | 0 | ≥ 97.4 | ii, iii, iv, v, vi, vii | i, iii, iv, v, vi |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 1-31 | | 0 | ≥ 202 | | |
| | Automóvil | 1 100 ± 25 | 1-32 | | 5-15 [7] | ≥ 97.4 | | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 1-33 | | 5-15 [7] | ≥ 202 | | |
| | Automóvil | 1 100 ± 25 | 1-34 | | 15 | ≥ 6.5 | i, iii, iv, v, vi | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 1-35 | | 25 | ≥ 36 | | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 1-36 [4] | | 25 | ≥ 36 | ii, iii, iv, v, vi, vii | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 1-37 a [5] | | 25 | ≥ 36 | | |
| | Automóvil | 1 100 ± 25 | 1-37 b [5] | | 25 | ≥ 17.4 | | |
| | Automóvil | 1 500 ± 100 | 1-38 [6] | | 0 | ≥ 133 | | |
| NC-2 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 2-30 | 70 | 0 | ≥ 191 | ii, iii, iv, v, vi, vii | i, iii, iv, v, vi |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 2-31 | | 0 | ≥ 395 | | |
| | Automóvil | 1 100 ± 25 | 2-32 | | 5-15 [7] | ≥ 191 | | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 2-33 | | 5-15 [7] | ≥ 395 | | |
| | Automóvil | 1 100 ± 25 | 2-34 | | 15 | ≥ 12.8 | i, iii, iv, v, vi | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 2-35 | | 25 | ≥ 70.5 | | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 2-36 [4] | | 25 | ≥ 70.5 | ii, iii, iv, v, vi, vii | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 2-37 a [5] | | 25 | ≥ 70.5 | | |
| | Automóvil | 1 100 ± 25 | 2-37 b [5] | | 25 | ≥ 34.2 | | |
| | Automóvil | 1 500 ± 100 | 2-38 [6] | | 0 | ≥ 261 | | |

| | | | | | | | | |
|------|-----------|-------------|------------|-----|----------|--------|----------------------------|-------------------------------|
| NC-3 | Automóvil | 1 100 ± 25 | 3-30 | 100 | 0 | ≥ 390 | ii, iii, iv, v, vi, vii | i, iii, iv, v, vi |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 3-31 | | 0 | ≥ 806 | | |
| | Automóvil | 1 100 ± 25 | 3-32 | | 5-15 [7] | ≥ 390 | | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 3-33 | | 5-15 [7] | ≥ 806 | | |
| | Automóvil | 1 100 ± 25 | 3-34 | | 15 | ≥ 26 | | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 3-35 | | 25 | ≥ 144 | i, iii, iv, v, vi | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 3-36 [4] | | 25 | ≥ 144 | | |
| | Pick-up | 2 270 ± 50 | 3-37 a [5] | | 25 | ≥ 144 | ii, iii, iv, v, vi, vii | |
| | Automóvil | 1 100 ± 25 | 3-37 b [5] | | | ≥ 69.7 | | |
| | Automóvil | 1 500 ± 100 | 3-38 [6] | | 0 | ≥ 532 | | |

- [1] Según el *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016].
- [2] La velocidad de impacto (v) y el ángulo de impacto (θ) pueden tener una variación de ± 4 km/h y $\pm 1.5^\circ$, respectivamente, siempre y cuando la energía de impacto (e) sea igual o mayor a los valores indicados en kJ en esta tabla, calculados con la expresión $e = 0.92 \times m \times v^2 / 2$ para las pruebas n.º 30, 31, 32, 33 y 38 y con la expresión $e = 0.92 \times m \times (v \times \sin \theta)^2 / 2$ para las pruebas n.º 34, 35, 36, 37 a y 37 b.
- [3] Las condiciones que han de satisfacerse para cada nivel de contención son:
- El dispositivo debe contener y redireccionar al vehículo o detenerlo de forma controlada. El vehículo no debe atravesar la barrera ni pasar por debajo o por encima de esta.
 - El correcto desempeño del dispositivo puede ser mediante la redirección o la detención controlada del vehículo, o mediante el franqueo controlado del dispositivo por parte del vehículo.
 - Los elementos desprendidos, fragmentos u otros restos del dispositivo no deben penetrar o mostrar potencial para penetrar en el habitáculo del vehículo, ni representar un peligro para otros vehículos, peatones o trabajadores en zonas de obra. Las deformaciones del habitáculo del vehículo no deben exceder los límites establecidos en el *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016].
 - El vehículo no debe volcar durante o después del impacto; los giros respecto a su eje longitudinal y transversal no deben superar los 75° .
 - Las componentes longitudinal y transversal de la velocidad de impacto de los ocupantes de los vehículos deben limitarse preferentemente a 9.1 m/s y como máximo a 12.2 m/s.
 - La desaceleración longitudinal y transversal de los ocupantes de los vehículos debe limitarse preferentemente a 147.15 m/s² (15 g) y como máximo a 201 m/s² (20.49 g).
 - Se acepta que la trayectoria del vehículo continúe detrás del dispositivo.
- [4] La prueba n.º 36 para cada nivel de prueba se realiza a secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) conectadas directamente a barreras rígidas, para evaluar el desempeño de la transición entre ambos elementos. Su objetivo es asegurar que las ruedas del vehículo no se enganchen o se atasquen en dicha transición. Si la sección de amortiguamiento (OD-4.4.1) no supera esta prueba, no podrá utilizarse en barreras rígidas.
- [5] La prueba n.º 37 para cada nivel de prueba se debe realizar a secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) instaladas en barreras separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2), de orilla de corona (OD-4.1) o en zona de obra (OD-4.6) en las que es probable que un vehículo circulando en el sentido opuesto impacte contra dicha sección.
- La prueba n.º 37 se puede realizar con una camioneta *pick-up* (prueba n.º 37 a) o con un automóvil (prueba n.º 37 b); la elección del tipo de vehículo se determina con base en simulaciones y análisis numéricos para seleccionar el escenario más crítico. Para secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) de postes y vigas metálicas que utilicen un sistema de cable desprendible, el automóvil de 1 100 kg es generalmente el vehículo crítico debido a su mayor riesgo de enganche con el cable del anclaje.
- [6] La prueba n.º 38 para cada nivel de prueba se realiza para evaluar el desempeño de la sección de amortiguamiento (OD-4.4.1) en caso de impactos de automóviles medianos. Para determinar la obligatoriedad de esta prueba, se analizan los resultados de los acelerómetros de la prueba n.º 31, con lo que se estima la velocidad de impacto y desaceleración de los ocupantes. Si el análisis numérico de estos resultados determina que no es necesaria, no será obligatoria.
- [7] En las secciones de amortiguamiento redireccionables traspasables (OD-4.4.1/RT), las pruebas n.º 32 y 33 para cada nivel de prueba se realizan con un ángulo de impacto θ cercano a 5° , mientras que en secciones de amortiguamiento redireccionables no traspasables (OD-4.4.1/RNT) dichas pruebas se realizan con un ángulo de impacto θ de 15° .

8.1.1.2. Clasificación según su modo de operación

Las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) se clasifican según su modo de operación como redireccionables traspasables (OD-4.4.1/RT) y redireccionables no traspasables (OD-4.4.1/RNT). Todas las secciones de amortiguamiento son redireccionables, ya que funcionan como una barrera redireccionadora cuando recibe un impacto a lo largo de su costado. Adicionalmente, las secciones de amortiguamiento pueden ser disipadoras de energía o no disipadoras de energía; un ejemplo de secciones de amortiguamiento que no disipan energía son las requeridas para barreras de cables, puesto que no se trata propiamente de dispositivos que funcione como amortiguadores, pero deben cumplir el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016].

8.1.2. Utilización

En barreras separadoras de sentidos de circulación (OD-4.2), se deben instalar secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) en ambos extremos. En barreras de orilla de corona (OD-4.1) y en zona de obra (OD-4.6), se deben instalar secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) en el extremo inicial, en el sentido del tránsito; así como en el extremo final cuando exista probabilidad de que un vehículo que circula en el sentido opuesto pueda impactar frontalmente contra esta, es decir, cuando dicha sección extrema se encuentre a una distancia menor a la zona de seguridad, con respecto al tránsito que se desea proteger, determinada de acuerdo con la Tabla 3 y la Tabla 4, en su caso, y los sentidos de circulación no se encuentren separados mediante una barrera de protección.

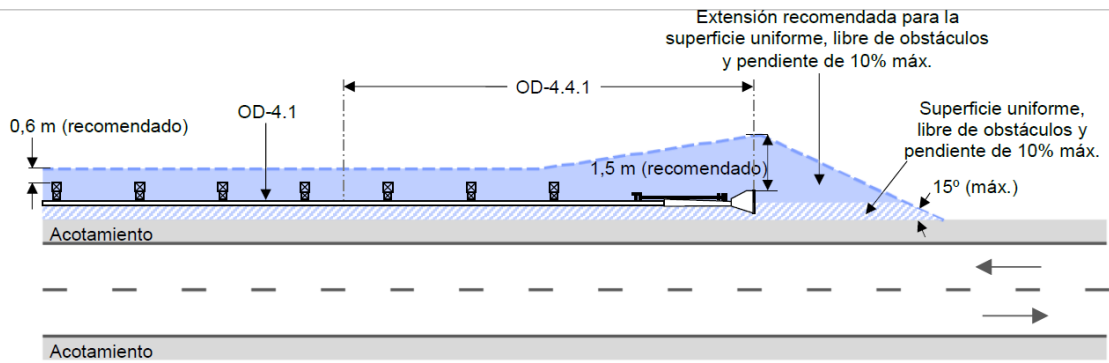
8.1.3. Selección

La decisión entre elegir una sección de amortiguamiento redireccionable traspasable (OD-4.4.1/RT) o redireccionable no traspasable (OD-4.4.1/RNT), así como su potencial para disipar energía, dependerá de la probabilidad de un impacto frontal y la naturaleza del área de recuperación inmediatamente detrás y más allá de dicha sección. Si las longitudes adicionales de la barrera se determinan correctamente, de acuerdo con el inciso 5.4.4, es poco probable que un vehículo alcance la situación de riesgo, independientemente del tipo de sección de amortiguamiento seleccionado, por lo que en este caso se preferirá una sección de amortiguamiento redireccionable traspasable (OD-4.4.1/RT). Sin embargo, si por restricciones del proyecto, el terreno más allá de la sección de amortiguamiento (OD-4.4.1) e inmediatamente detrás de la barrera longitudinal no es traspasable, se recomienda una sección de amortiguamiento redireccionable no traspasables (OD-4.4.1/RNT) con capacidad para disipar energía.

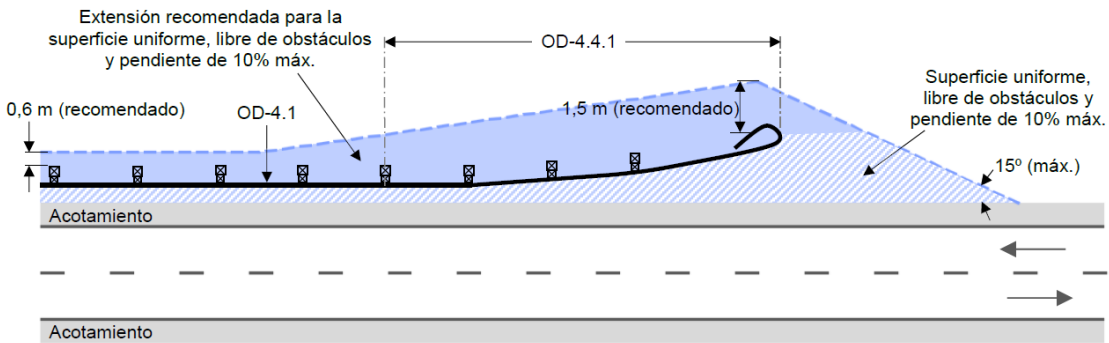
Las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) que se seleccionen deben ser compatibles con el tipo específico de la barrera de orilla de corona (OD-4.1), separadora de sentidos de circulación (OD-4.2) o en zona de obra (OD-4.6) donde se instalen. La sección de amortiguamiento (OD-4.4.1) se debe seleccionar de entre las que cuenten con un certificado de cumplimiento, emitido por un organismo de certificación debidamente acreditado conforme a la Ley de Infraestructura de la Calidad, o de entre las que cuenten con un oficio de aprobación expedido por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016]. El certificado de cumplimiento u oficio de aprobación correspondiente debe indicar, de manera fehaciente, el detalle y las especificaciones de la sección de amortiguamiento aprobada (incluyendo los sistemas con los que es compatible), bien sea de manera genérica o de manera especial hacia una persona física o moral. Las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) aprobadas para su uso en carreteras y vías urbanas son las contenidas en el sitio web de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; otras secciones de amortiguamiento que pueden instalarse en carreteras y vías urbanas son las publicadas en el sitio web de la Federal Highway Administration, que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016], lo anterior previa aprobación de la Dirección General de Servicios Técnicos.

8.1.4. Emplazamiento

Con el fin de asegurar el correcto desempeño de la sección de amortiguamiento (OD-4.4.1), la superficie de escape del vehículo entre el límite del arroyo vial y dicho dispositivo debe ser uniforme, con una pendiente transversal no mayor de diez (10) por ciento, sin escalones y libre de obstáculos laterales como cunetas o bordillos, entre otros, como se muestra en los esquemas de la Figura 21. Asimismo, dado que la mayoría de los impactos en o cerca de los extremos de las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) permiten el paso de vehículos más allá del eje longitudinal de instalación de la barrera, es recomendable revisar que el área de recuperación detrás y más allá de dicha sección tenga una superficie traspasable de al menos veintitrés (23) metros de largo por seis (6) metros de ancho, como se muestra en los esquemas de la Figura 22. Es posible definir un área de recuperación menor al elegir secciones de amortiguamiento redireccionable no traspasables (OD-4.4.1/RNT), mientras que un área mayor puede ser requerida para secciones de amortiguamiento redireccionables traspasables (OD-4.4.1/RT).



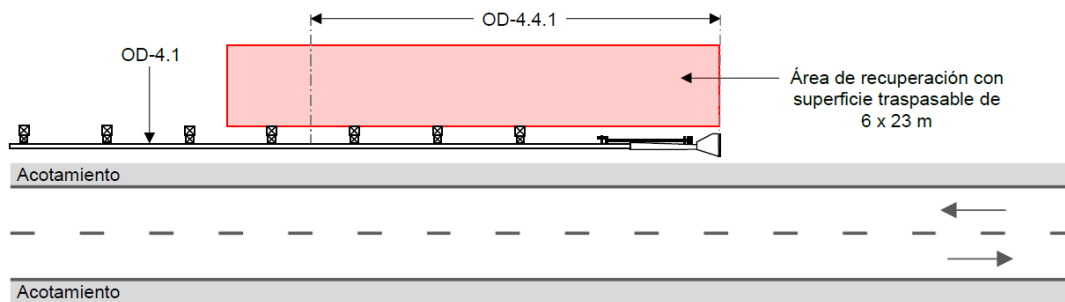
a) Sección de amortiguamiento paralela al arroyo vial



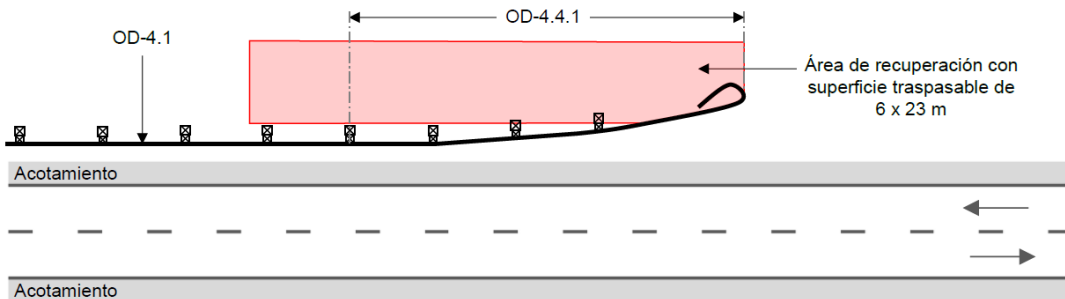
b) Sección de amortiguamiento esviada

Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 21.- Superficie entre el arroyo vial y la sección de amortiguamiento (OD-4.4.1)



a) Sección de amortiguamiento paralela al arroyo vial



b) Sección de amortiguamiento esviada

Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 22.- Área de recuperación detrás y más allá de la sección secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1)

Las especificaciones particulares de cada sección de amortiguamiento (OD-4.4.1) aprobada indicará si su instalación debe ser paralela al arroyo vial o con esviaje. Las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) paralelas al arroyo vial tienen la ventaja de que no se requieren modificaciones en los costados de la corona para brindar una superficie uniforme, libre de obstáculos y con pendientes máximas de diez (10) por ciento; pero tienen la desventaja de que se ubican más cercanas al arroyo vial, en comparación con las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) con esviaje, haciéndolas más propensas a ser impactadas.

Para aquellas secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) que cuenten con un tablero de impacto en forma cuadrada o rectangular y color de fondo negro, este contendrá franjas de diez (10) centímetros de ancho de color blanco reflejante separadas entre sí diez (10) centímetros e inclinadas a cuarenta y cinco (45) grados descendiendo hacia la derecha en el caso de secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) a la derecha del arroyo vial; y de color amarillo reflejante descendiendo hacia la izquierda, para secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) a la izquierda del arroyo vial. Tanto las coordenadas cromáticas como los coeficientes de reflexión mínimos para los colores blanco y amarillo se indican en la NOM-034-SCT2/SEDATU-2022 o la que la sustituya.

8.1.5. Instalación

Las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) que se seleccionen se deben instalar de acuerdo con las especificaciones particulares del sistema aprobado, respetando siempre los materiales indicados, los detalles del procedimiento constructivo y los pasos a seguir durante la instalación, tal como fueron probadas, garantizando la compatibilidad con la barrera a la que se conecta. Asimismo, el personal encargado de la instalación debe estar capacitado para el sistema específico que emplazará.

8.2. Secciones de anclaje (OD-4.4.2)

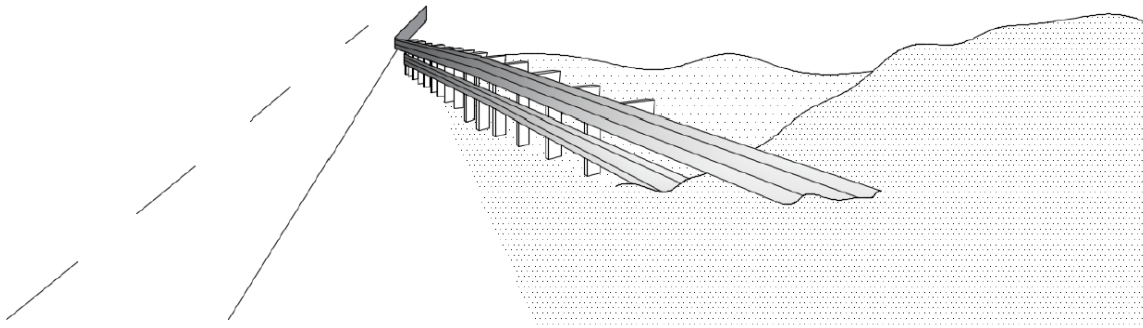
Las secciones extremas deben ser secciones de anclaje (OD-4.4.2) cuando se colocan en el extremo de una barrera de orilla de corona (OD-4.1) o en zona de obra (OD-4.6) en el que no existe riesgo de que un vehículo se impacte frontalmente, es decir, en el extremo final en el sentido del tránsito de carreteras o vías urbanas con sentidos de circulación separados mediante una barrera de protección o cuando dicha sección extrema se localice a una distancia igual o mayor a la zona de seguridad, con respecto al tránsito que se desea proteger, determinada de acuerdo con la Tabla 3 y la Tabla 4, en su caso.

Las especificaciones y el diseño de cada sección de anclaje (OD-4.4.2) dependen de cada barrera de orilla de corona (OD-4.1) o barrera en zona de obra (OD-4.6), por lo que deben ser proporcionados como parte del sistema de barrera de orilla de corona (OD-4.1) o barrera en zona de obra (OD-4.6) certificado, donde se indicará si es posible instalarlo con esviaje o no.

8.3. Secciones insertas en taludes de corte (OD-4.4.3)

Las secciones insertas en taludes de corte (OD-4.4.3) se podrán utilizar como alternativa a las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) cuando su ubicación se localice a ochenta (80) metros o menos de un corte en el eje longitudinal de la carretera o vía urbana, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 10, por lo que resulta más eficiente prolongar la barrera e instalar una sección de este tipo. Si se instalan correctamente, este tipo de secciones proporcionan una protección completa del peligro identificado, eliminando la posibilidad de impacto frontal con la sección extrema y minimizando la probabilidad de que el vehículo pase por detrás de la barrera.

El talud del corte donde se podrá insertar la sección extrema debe tener una relación de dos a uno (2:1) o más vertical, convirtiendo el talud del corte en una extensión de la barrera. Es recomendable insertar la sección extrema en el talud del corte lo antes posible utilizando la máxima tasa de esviaje de acuerdo con lo indicado en la Tabla 8. En la Figura 23 se muestra un esquema de una sección inserta en talud de corte (OD-4.4.3).



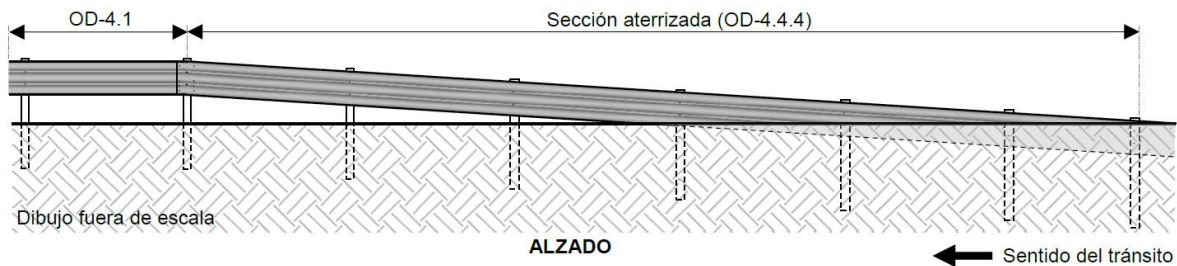
Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 23.- Esquema de sección inserta en el talud de un corte (OD-4.4.3)

Las secciones insertas en taludes de corte (OD-4.4.3) se debe seleccionar de entre las que cuenten con un certificado de cumplimiento, emitido por un organismo de certificación debidamente acreditado conforme a la Ley de Infraestructura de la Calidad, o de entre las que cuenten con un oficio de aprobación expedido por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016]. El certificado de cumplimiento u oficio de aprobación correspondiente debe indicar, de manera fehaciente, el detalle y las especificaciones de la sección inserta en talud de corte aprobada, bien sea de manera genérica o de manera especial hacia una persona física o moral. Las secciones insertas en taludes de corte (OD-4.4.3) aprobadas para su uso en carreteras y vías urbanas son las contenidas en el sitio web de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

8.4. Secciones aterrizadas (OD-4.4.4)

En carreteras con velocidad de operación o proyecto de setenta (70) kilómetros por hora o menor, se podrán utilizar secciones aterrizadas (OD-4.4.4) como alternativa a las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) o de anclaje (OD-4.4.2), las cuales deben ser instaladas con esviaje. Los diseños tipo de secciones aterrizadas para su uso en carreteras son los publicados en el sitio web de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; las secciones aterrizadas que sean parte de un sistema de barreras de protección y que cuenten con especificaciones particulares, deberán ser aprobadas por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. En la Figura 24 se muestra un esquema de una sección aterrizada (OD-4.4.4).



Nota: Figura esquemática presentada de manera ilustrativa mas no limitativa.

FIGURA 24.- Sección aterrizada para vigas acanaladas (OD-4.4.4)

9. Barreras en zonas de obra (OD-4.6)

Las barreras en zonas de obra (OD-4.6) son barreras de orilla de corona o separadoras de sentido de circulación (OD-4.1 u OD-4.2) que se instalan de manera temporal en tramos de carreteras o vías urbanas donde se ejecutan trabajos de construcción o conservación, las cuales se deben apegar a lo establecido en la NOM-086-SCT2-2023, *Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales* o la que la sustituya.

9.1. Clasificación

Las barreras en zonas de obra (OD-4.6) se clasifican, al igual que las barreras de orilla de corona o separadoras de sentidos de circulación (OD-4.1 u OD-4.2), como se indica a continuación:

9.1.1. Clasificación según el nivel de contención (NC)

De acuerdo con el tipo, masa, velocidad y ángulo de impacto de los vehículos que son capaces de contener y redireccionar, las barreras en zonas de obra (OD-4.6) se clasifican en los seis niveles de contención que se muestran en la Tabla 2.

9.1.2. Clasificación según la deflexión dinámica

De acuerdo con la deflexión dinámica que pueden desarrollar las barreras en zonas de obra (OD-4.6) al ser impactadas por los vehículos de prueba, con la velocidad y el ángulo de impacto considerados en su diseño, se clasifican en flexibles (OD-4.6.1), semirrígidas (OD-4.6.2) y rígidas (OD-4.6.3), de acuerdo con lo indicado en el inciso 5.1.2.

9.2. Utilización

Las barreras en zonas de obra (OD-4.6) se deben instalar en aquellos lugares de las carreteras o vías urbanas donde exista el riesgo de que ocurra un siniestro de tránsito que pueda ocasionar muertos o lesionados graves cuando algún vehículo fuera de control salga de su arroyo vial, invadiendo una zona donde se ejecutan obras viales, una zona destinada a peatones o ciclistas o invadiendo carriles en un sentido de circulación opuesto. En la Figura 25 se muestra un esquema de su utilización.

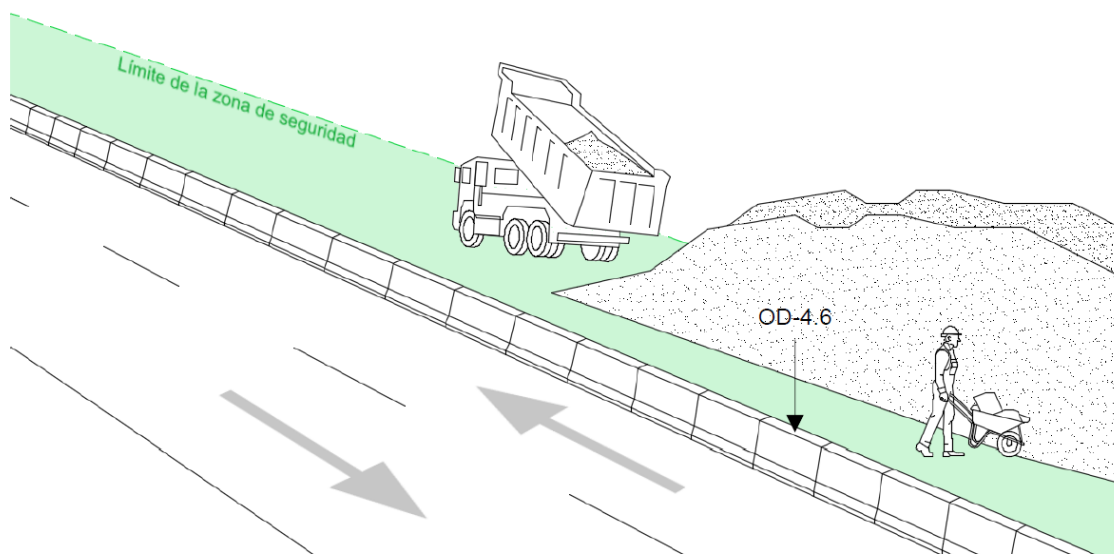


FIGURA 25.- Barrera en zona de obra (OD-4.6)

Las barreras en zonas de obra (OD-4.6) se utilizan para cumplir los siguientes propósitos:

- Salvaguardar la integridad física del personal que labora en la zona de trabajo y, en su caso, de usuarios peatones y ciclistas.
- Proteger a los ocupantes de vehículos motorizados ante peligros a los costados del arroyo vial, en caso de pérdida del control del vehículo.
- Separar sentidos de circulación, evitando que se produzcan colisiones frontales.

Para establecer la necesidad de una barrera en zonas de obra (OD-4.6), se utiliza el concepto de zona de seguridad descrito en el inciso 5.2.1.2; con la salvedad de que, debido a las restricciones de espacio por los trabajos que se ejecutan y a la mayor atención que en general llevan los conductores por la señalización y control de velocidad que se debe realizar en tramos con obras viales, los anchos sugeridos para la zona de seguridad pueden ser menores que los indicados en la Tabla 3 para las barreras de orilla de corona (OD-4.1). Es decir, se colocan barreras en zonas de obra (OD-4.6) cuando la zona de trabajo invade la zona de seguridad, como se ilustra en la Figura 25. Los anchos de las zonas de seguridad en tramos de carreteras y

vías urbanas en operación donde se desarrollen trabajos de construcción o conservación deben ser elegidos de acuerdo con el diseño propio de cada zona de trabajo, considerando el cumplimiento de la velocidad restringida, el volumen de tránsito, la geometría del arroyo vial, el derecho de vía disponible y la duración de la obra. En zonas de obras viales no se aplican factores de ajuste al ancho de la zona de seguridad en los alineamientos con curvas horizontales, a menos que por consideraciones especiales el proyecto lo amerite.

Las barreras en zonas de obra (OD-4.6) se pueden usar para canalizar el tránsito, pero en caso de cierre de carriles de circulación, no deben utilizarse como principal dispositivo de reducción del arroyo vial, excepto en condiciones urbanas de baja velocidad o en zonas con restricciones de espacio. Las reducciones al arroyo vial deben realizarse con dispositivos de canalización flexibles como: conos, tambos o barreras canalizadoras; una vez cerrado el carril, se pueden instalar las barreras en zona de obra (OD-4.6).

9.3. Selección

En general, para la selección del tipo de barrera a emplear en las zonas de obra se debe considerar el volumen del tránsito y su composición, así como la duración de los trabajos y los horarios en los que se laborará. Si bien por definición las barreras en zonas de obra (OD-4.6) pueden ser flexibles, semirrígidas o rígidas, lo usual es que debido a las restricciones de espacio se utilicen barreras semirrígidas o rígidas. Asimismo, en la selección de la barrera en zonas de obra (OD-4.6) se debe considerar el ancho de trabajo, de acuerdo con lo indicado en el inciso 5.3.2.1.4.

Por otro lado, debido a la temporalidad de la necesidad de las barreras en zonas de obra (OD-4.6), lo común es elegir dispositivos que sean portátiles, entre los que destacan las barreras modulares de concreto o de acero, las cuales cuentan con conexiones especiales y un refuerzo longitudinal que permite que los segmentos individuales funcionen juntos, como una unidad continua; además de que algunos modelos permiten sujetarse a la superficie subyacente con el fin de reducir su ancho de trabajo, a través de pasadores o pernos de anclaje fijados al pavimento o al tablero de un puente. Otras opciones en el mercado de barreras modulares portátiles son las elaboradas a partir de módulos de plástico rellenos de agua y unidos mediante refuerzos o marcos de acero para brindar contención y redirección; estos dispositivos no deben confundirse con las barreras canalizadoras descritas en la NOM-086-SCT2-2023, *Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales* o la que la sustituya, ya que estas últimas no tienen ninguna capacidad de contención y redirección.

Las barreras en zonas de obra (OD-4.6) se deben seleccionar de entre las que cuenten con un certificado de cumplimiento, emitido por un organismo de certificación debidamente acreditado conforme a la Ley de Infraestructura de la Calidad, o de entre las que cuenten con un oficio de aprobación expedido por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016]. El certificado de cumplimiento u oficio de aprobación correspondiente debe indicar, de manera fehaciente, el detalle y las especificaciones del sistema de barrera aprobado, bien sea de manera genérica o de manera especial hacia una persona física o moral. Las barreras en zonas de obra (OD-4.6) aprobadas para su uso en carreteras y vías urbanas son las contenidas en el sitio web de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; otras barreras que pueden instalarse en carreteras y vías urbanas son las publicadas en el sitio web de la Federal Highway Administration, que su nivel de contención cumple el conjunto de pruebas a escala real del nivel de prueba correspondiente del *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* [AASHTO, 2016], lo anterior previa aprobación de la Dirección General de Servicios Técnicos.

9.4. Emplazamiento

La altura de las barreras en zonas de obra (OD-4.6) debe coincidir con la indicada en las especificaciones particulares del sistema de barrera aprobado y deberá respetarse durante todo su periodo de uso. Asimismo, es recomendable una separación mínima de cincuenta (50) centímetros entre el carril de circulación y las barreras en zonas de obra (OD-4.6).

Al igual que con las barreras permanentes, se deben cuidar las secciones extremas para que no representen un peligro para los usuarios y realizar transiciones adecuadas entre barreras con diferente deflexión dinámica, nivel de contención o geometría.

Algunos tratamientos posibles para las secciones extremas de las barreras en zonas de obra (OD-4.6) son los siguientes:

- Conectar la barrera temporal con una barrera permanente existente a través de una sección de transición (OD-4.3).
- Instalar una sección de amortiguamiento (OD-4.4.1) o, en su caso, un amortiguador de impacto (OD-14) de acuerdo con lo establecido en la NOM-008-SCT2-2020, *Amortiguadores de impacto en carreteras y vías urbanas* o la que la sustituya.
- Alejar la sección extrema más allá de la zona de seguridad.
- Instalar, en donde sea posible, secciones insertas en taludes de corte (OD-4.4.3).

Cuando se instalen barreras temporales a ambos lados del arroyo vial, es recomendable que sus inicios estén desfazados para minimizar la tendencia de los conductores a alejarse de objetos que se perciben repentinamente cerca de la vía.

Para mejorar la visibilidad nocturna de las barreras en zonas de obra (OD-4.6), se deben instalar botones reflejantes en su cara hacia el tránsito o dispositivos de luz fija encima de ellas. Asimismo, en obras de larga duración, se recomienda colocar una raya en la orilla del arroyo vial (M-3), de acuerdo con la NOM-034-SCT2/SEDATU-2022, *Señalización y dispositivos viales para calles y carreteras* o la que la sustituya, para delinear el emplazamiento de la barrera.

9.5. Instalación

Las barreras de protección en zonas de obra (OD-4.6) más comunes son las barreras modulares de concreto, que consisten en segmentos independientes prefabricados con dispositivos de conexión integrados. El peso de cada segmento de barrera varía dependiendo de su diseño geométrico y refuerzo, pero suele oscilar entre dos mil cuarenta (2 040) y nueve mil setecientos ochenta (9 780) kilogramos, por lo que se requiere equipo pesado para su instalación y desmontaje. Los métodos para conectar los módulos de barreras de concreto varían considerablemente y deben detallarse en los certificados de cumplimiento correspondientes. En caso de sujetar módulos de barreras temporales a la superficie subyacente, los pasadores o pernos empleados no deben sobresalir de la superficie de la barrera.

Las barreras en zonas de obra (OD-4.6) que se seleccionen se deben instalar de acuerdo con las especificaciones particulares del sistema aprobado, respetando siempre los materiales indicados y los pasos a seguir durante la instalación, tal como fueron probadas. Asimismo, el personal encargado de la instalación debe estar capacitado para el sistema específico que emplazará.

10. Troquelado o marcado

Todas las barreras de protección (OD-4) deberán estar identificadas mediante un troquelado o marcado permanente que indique la siguiente información: nombre del sistema, nivel de contención, fabricante, año de instalación, entre otros datos que se estimen pertinentes. El troquelado o marcado no deberá alterar las características principales de las barreras.

11. Conservación

Los responsables de la conservación de las carreteras o de las vías urbanas deben asegurar que las barreras de protección de los tramos a su cargo siempre funcionen correctamente, por lo que deben implantar un programa de inspección y conservación rutinaria y, en su caso, proceder a reparar o reemplazar inmediatamente los elementos que resulten dañados por una colisión o por vandalismo o que resulten modificados por trabajos de mantenimiento correspondientes a renivelaciones, reencarpetaciones o cualquier otro cuya naturaleza modifique las condiciones originales de instalación de las barreras de protección, para evitar que un vehículo se impacte en un elemento que pudiera incrementar la gravedad del siniestro de tránsito, pues una barrera dañada se convierte en un obstáculo muy peligroso para los usuarios. Conforme con lo establecido en el inciso 5.3.1, siempre que sea necesario reponer o reemplazar una barrera deberá revisarse su nivel de contención en función del tránsito diario promedio anual de autobuses más camiones de carga (TDP_{A+B+C}) y de la velocidad de operación en el tramo donde se ubique dicha barrera. Los trabajos de inspección, conservación y reparación o reposición se deben realizar considerando lo siguiente:

Durante los trabajos de conservación, de reparación o de reemplazo, se debe prestar especial atención al señalamiento y dispositivos de protección conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2023, *Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales* o la que la sustituya, para no generar otro incidente derivado de esos trabajos.

11.1. Inventario de las barreras de protección

Todas las barreras de protección de una carretera o una vía urbana deben estar inventariadas en una base de datos, que contenga como mínimo, para cada barrera, la siguiente información:

- Designación y tipo de la barrera.
- Ubicación precisa del inicio y término de la barrera, incluyendo sus secciones extremas.
- El manual de instalación y rehabilitación que incluya las especificaciones de diseño, operación, construcción y conservación de la barrera, los planos de instalación y rehabilitación, así como los procedimientos de reparación o reposición, que deben proporcionar los fabricantes o distribuidores de las barreras.
- Fecha, tipo y descripción de cada trabajo de conservación, reparación o reposición.
- Disponibilidad en almacén de las piezas y refacciones para la conservación, reparación o reposición de la barrera.
- Fecha y descripción de cada siniestro de tránsito o incidente que afecte la barrera y descripción de los daños ocasionados a la barrera, así como a los vehículos y pasajeros.

Esta base de datos se debe actualizar tan pronto como se ejecuten los trabajos de conservación, reparación o reposición y debe estar disponible en cualquier momento para la autoridad responsable de la carretera o de la vía urbana y para cualquier otra autoridad competente que solicite la información.

11.2. Conservación rutinaria

El programa de inspección y conservación rutinaria se debe formular para cada año con base en las especificaciones de conservación aplicables a los diferentes tipos de barreras de protección que se utilicen en la carretera o la vía urbana. Dicho programa debe ser revisado y en su caso, ajustado mensualmente con base en los trabajos de inspección, conservación, reparación o reposición que se ejecuten. Las inspecciones visuales deben ser periódicas para detectar los daños o deterioros que pudieran afectar el correcto funcionamiento de las barreras, con el propósito de ejecutar los trabajos de conservación oportunamente.

Estos trabajos de conservación rutinaria son, entre otros, los siguientes:

- Inspecciones periódicas para constatar el estado de las barreras y sus dispositivos.
- Limpieza de acumulaciones de escombros y arena, y despeje de maleza.
- Verificación del torque de los tornillos que sujetan a los diversos elementos.
- Reposición de piezas dañadas o faltantes.
- En su caso, botones reflejantes y dispositivos antideslumbrantes.
- En su caso, ajustes de tensión de cables guías y otros elementos del sistema.

11.3. Reparación o reemplazo

Después de un siniestro de tránsito o de cualquier otro percance que dañe una barrera de protección, se debe efectuar una inspección y análisis detenido, para determinar las partes o piezas que requieran ser reparadas, ajustadas o reemplazadas para rehabilitar los elementos dañados rápida y oportunamente, ya que un impacto con un sistema no rehabilitado puede resultar en un siniestro de tránsito muy severo para los usuarios. Para la reparación o reemplazo de cualquier tipo de barrera de protección, se debe garantizar la compatibilidad entre sistemas según fueron probadas y autorizadas.

11.4. Almacenamiento

Con el propósito de efectuar la conservación rutinaria de las barreras de protección, así como las reparaciones o reposiciones que se requieran, en forma oportuna y eficaz para evitar siniestros de tránsito posteriores de mayor gravedad, el responsable de la conservación de la carretera o vía urbana debe disponer del personal capacitado para realizar esas tareas y de un almacenamiento en cantidad suficiente de piezas y refacciones para cada tipo de barrera que exista en los tramos a su cargo, principalmente de aquellos

elementos que más frecuentemente resulten dañados durante los percances y de los que más rápidamente se deterioren. Nunca se deberá demorar en la restauración de esos dispositivos a su condición original por falta de personal, piezas o refacciones, por lo que se debe implementar un programa que asegure la disponibilidad, en cualquier momento, de los materiales necesarios para ejecutar dichas actividades. Todas las piezas y refacciones deben ser almacenadas conforme con los requisitos de almacenamiento que indique el fabricante o distribuidor.

12. Proyecto

Para la construcción, ampliación, modificación o reconstrucción de una carretera o una vía urbana, que impliquen el uso de cualquier tipo de barreras de protección, el proyecto ejecutivo correspondiente debe incluir de manera integral el proyecto de dichas barreras de protección, que sea aprobado por la Autoridad responsable de la carretera o vía urbana. El proyecto de las barreras de orilla de corona (OD-4.1), separadoras de sentido de circulación (OD-4.2), en zona de obra (OD-4.6), parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5) y secciones de transición (OD-4.3) debe indicar como mínimo la información correspondiente al nivel de contención, ancho de trabajo, distancia lateral disponible para su instalación y, en su caso, restricciones debido a las condiciones físicas del sitio. El proyecto de las secciones de amortiguamiento (OD-4.4.1) debe indicar como mínimo la información correspondiente al nivel de contención, clasificación según su modo de operación y espacio disponible para su instalación y operación. La información anterior es indispensable pues cada barrera debe ser compatible con las condiciones específicas del sitio en el que se emplazará. Para trabajos de conservación que incluyan la instalación de barreras nuevas, es necesario contar con el correspondiente proyecto ejecutivo.

En el caso de parapetos para vehículos motorizados (OD-4.5), el ingeniero que proyecte el puente o estructura similar deberá tomar en cuenta en su diseño los efectos que pudiera ocasionar la falla del anclaje ante un impacto en el parapeto, evitando daños a la estructura.

13. Concordancia con normas internacionales

La presente Norma no concuerda con ninguna Norma Internacional, por no existir estas en el momento de su elaboración.

14. Bibliografía

- a) American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO] (2016). *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)*. Estados Unidos de América.
- b) American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO] (2011). *Roadside Design Guide*. 4ª edición. Estados Unidos de América.
- c) Federal Highway Administration [FHWA]. (julio 2025). *Reduce Crash Severity, Hardware Eligibility Letters*. <https://highways.dot.gov/safety/rwd/reduce-crash-severity>
- d) Gobierno de España (2014). *Orden Circular 35/2014 Sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos*. Ministerio de Fomento.
- e) Roadside Safety Pooled Fund. (julio 2025). *MASH, Hardware Tested*. <https://www.roadsidepooledfund.org>
- f) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2018). *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 3ª edición.
- g) Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT] y Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU] (2023). *Manual de Señalización y Dispositivos para el Control en Calles y Carreteras*. Diario Oficial de la Federación, 19 de julio de 2024.
- h) Task Force 13. (julio 2025). *Hardware Guide*. <https://tf13.org/>
- i) Valverde González, G. (2011). *Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*. Universidad de Costa Rica.

15. Evaluación de la conformidad

Las disposiciones contenidas en los artículos 4 fracción XI, 30 párrafo segundo y 34 fracción IV de la Ley de Infraestructura de la Calidad (LIC), relativas a que cada Norma Oficial Mexicana debe contener el Procedimiento de la Evaluación de la Conformidad aplicable conforme al nivel de riesgo o protección necesarios para salvaguardar los objetivos legítimos de interés público. A efecto de puntualizar el sustento de esta Norma Oficial Mexicana, se hace referencia al artículo 10 fracción XII de la LIC, respecto a que la seguridad vial está considerada como un objetivo legítimo de interés público a tutelar.

Para el caso de esta Norma, correspondiente a las barreras de protección, las características principales de las disposiciones que contiene están dirigidas a establecer los requisitos generales que obligatoriamente han de considerarse para diseñar e implantar las barreras de protección en las carreteras y vías urbanas de jurisdicción federal, estatal y municipal, que están directamente relacionadas con la seguridad vial.

Por ello, para la evaluación de la conformidad con las disposiciones contenidas en esta Norma, se debe proceder como sigue:

15.1. La Dirección General de Servicios Técnicos a través de las Unidades Generales de Servicios Técnicos de los Centros SICT, dentro de su jurisdicción, así como las Unidades de Inspección acreditadas y posteriormente aprobadas por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, deben verificar que las barreras de protección que se instalen en las carreteras y vías federales, incluyendo las concesionadas, cumplan con las disposiciones de esta Norma, mediante programas periódicos, según las estrategias que establezcan coordinadamente con las Direcciones Generales de Carreteras, Conservación de Carreteras y Desarrollo Carretero, según sea el caso, de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, para dar cumplimiento a las disposiciones de esta Norma.

15.2. Las dependencias estatales y municipales, responsables de proyectar, construir, operar y conservar las carreteras y vías urbanas, dentro de su jurisdicción, deben verificar que las barreras de protección que se instalen en esas carreteras y vías, incluyendo las que hayan concesionado, cumplan con las disposiciones de esta Norma mediante programas periódicos, según las estrategias que establezcan dichas dependencias.

15.3. El personal de verificación debe estar debidamente capacitado, tanto de las Unidades Generales de Servicios Técnicos de los Centros SICT, como el de las Unidades de Inspección aprobadas y posteriormente acreditadas por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, así como el que designen las dependencias estatales y municipales, en el ámbito de su competencia.

16. Vigilancia

La Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, por conducto de las Direcciones Generales de Carreteras, Conservación de Carreteras, Desarrollo Carretero y Servicios Técnicos, así como las dependencias estatales y municipales encargadas de proyectar, construir, operar y conservar las carreteras y vías urbanas, cada una en el ámbito de su competencia, son las autoridades responsables de vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

17. Observancia

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en las carreteras y vías urbanas de jurisdicción federal, estatal y municipal, según lo establecido en el capítulo 2 "Campo de aplicación" de esta Norma, así como en las que hayan sido concesionadas.

Las figuras contenidas en la presente Norma Oficial Mexicana que muestran algún tipo de barrera de protección son esquemáticas y no representan a sistema aprobado alguno.

18. Vigencia

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los ciento ochenta (180) días naturales siguientes de su publicación en el Diario Oficial de la Federación y al término de ese plazo cancelará a la Norma Oficial Mexicana NOM-037-SCT2-2020, a su "MODIFICACIÓN al numeral 5.1.1. y adición de un Artículo Transitorio a la Norma Oficial Mexicana NOM-037-SCT2-2020, *Barreras de protección en carreteras y vías urbanas*" y a la "MODIFICACIÓN al numeral 5.1.1. de la Norma Oficial Mexicana NOM-037-SCT2-2020, *Barreras de protección en carreteras y vías urbanas*", publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 13 de octubre de 2022 y el 13 de diciembre de 2023, respectivamente.

Todo proyecto de barreras de protección para carreteras o vías urbanas nuevas o para el reemplazamiento de las existentes, deberá cumplir con las disposiciones contenidas en esta Norma, a partir de su entrada en vigor.

Las barreras de protección existentes que no se ajusten a las disposiciones indicadas en esta Norma deben ser corregidas o reemplazadas por la autoridad responsable de conservar la carretera o vía urbana respectiva, o en el caso de que sea concesionada, por el concesionario correspondiente, durante los trabajos de conservación y reposición de las barreras de protección; de tratarse de parapetos para vehículos motorizados, para su reemplazo, debe considerarse la necesidad de un refuerzo de la estructura para que el nuevo parapeto cumpla con esta Norma.