

RECOMENDACIONES SOBRE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS EN CARRETERAS DE CARACTERÍSTICAS REDUCIDAS



Mayo 2018

Editado con la colaboración de:

asebal



Hiasa
Grupo Gonvarri



REALIZADO POR:



CON LA COLABORACIÓN DE:





RECOMENDACIONES SOBRE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS EN CARRETERAS DE CARACTERÍSTICAS REDUCIDAS

Mayo 2018

Enrique Casquero de la Cruz
Antxon Garmendia Casado
Antoni Hereu i Ferrer
M^a José Luque Maza
Enrique Miralles Olivar
José Enrique Pardo Landrove
Elena de la Peña González
M^a Carmen Plaza García-Talavera

Grupo de Trabajo de Seguridad Vial de la Mesa de Directores
Generales de Comunidades Autónomas y Diputaciones Forales

Autores

Este documento ha sido desarrollado por:

- Enrique Casquero de la Cruz** (Presidente), *Jefe del Servicio de Seguridad Vial. Generalitat Valenciana*
- Antxon Garmendia Casado**, *Jefe de Sección. Diputación Foral de Guipúzcoa*
- Antoni Hereu i Ferrer**, *Dirección de Proyectos. Generalitat de Catalunya*
- M^a José Luque Maza**, *Jefa del Servicio de Conservación. Junta de Castilla La Mancha*
- Enrique Miralles Olivar** (Secretario), *Director Técnico Asociación Española de la Carretera*
- José Enrique Pardo Landrove**, *Jefe del Servicio de Seguridad Vial y Conservación. Xunta de Galicia*
- Elena de la Peña González** (Secretaria), *Subdirectora General Técnica Asociación Española de la Carretera*
- M^a Carmen Plaza García-Talavera**, *Jefa del Servicio de Seguridad Vial. Comunidad de Madrid*

En la concepción de este documento ha intervenido además, el conjunto de los miembros del **Grupo de Trabajo de Seguridad Vial de la Mesa de Directores Generales de Comunidades Autónomas y Diputaciones Forales**.

El Grupo de Trabajo quiere mostrar su agradecimiento a una serie de profesionales y expertos del sector viario que han colaborado con sus conocimientos en la redacción de estas recomendaciones.

- Antonio Amengual Pericás (HIASA)
Javier Cobela Puig (Diputación de Alicante)
Paloma Corbí Rico (Diputación de Valencia)
Sergio Corredor Peña (SIMEPROVI)
Alberto Mansilla Gallo
Antonio Medina García (Diputación de Alicante)
Aquilino Molinero Martínez (CIDRO)
Juan José Mostaza (ROAD STEEL ENGINEERING SL.)
Ángel J. Muñoz Suárez
Rosa María Rodríguez Moya (TYPESA)
Francisco Soria Campos (Generalitat Valenciana)

Así como a todos aquellos profesionales que han participado en la revisión del documento.

Título

Recomendaciones sobre Sistemas de Contención de Vehículos en Carreteras de Características Reducidas

Edita: Asociación Española de la Carretera

ISBN: 978-84-89875-94-4

Reservados todos los derechos

Índice de contenidos

Presentación	7
Capítulo 1. Justificación y objetivos	9
Capítulo 2. Tratamiento de márgenes para reducir las consecuencias de la accidentalidad por salida de calzada	13
Capítulo 3. Criterios de implantación	17
3.1. Consideraciones previas	18
3.2. Nivel de riesgo	21
3.3. Distancia crítica	21
3.4. Nivel de contención	23
3.5. Disposición longitudinal	26
3.5.1. Longitud mínima de barrera	26
3.5.2. Longitud de anticipación y abatimiento	26
Bibliografía	30
Anejo 1. Niveles de riesgo	32
Anejo 2. Tabla general de distancias críticas	35
Anejo 3. Gráficas de selección del nivel de contención	36
Anejo 4. Comparativo de niveles de contención	39

Presentación Presentación

El presente documento se ofrece como alternativa a la “Orden Circular 35/2014 Sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos” del Ministerio de Fomento (en adelante OC 35/2014), con los objetivos que más adelante se definen, y para aquellos casos en que existan dificultades o inconvenientes para la aplicación de la citada Orden Circular; el título de este documento se inspira en la excepcionalidad recogida en la introducción del Anejo a esta Orden, que hace referencia a las carreteras con características geométricas reducidas, aunque el ámbito no tiene por qué ser coincidente en ambos casos.

Capítulo 1

Justificación y objetivos



Capítulo 1 Justificación y objetivos

En algunos aspectos normativos relacionados con la carretera, la única referencia disponible son las normas, instrucciones, recomendaciones u órdenes circulares que publica la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento; aunque esta normativa se desarrolla para su aplicación en la Red de Carreteras del Estado, se acaba convirtiendo en la normativa de referencia para otras administraciones de carreteras (Autonómicas y Provinciales), debido a que algunas Normas tienen el carácter de Norma Básica y ante la falta de una normativa específica para la red de su titularidad.

Sin embargo, no siempre se puede asemejar la red autonómica o provincial a la red estatal; si bien es cierto que algunas carreteras de la red de primer orden de titularidad autonómica pueden tener características de trazado, equipamiento e incluso tráfico similares a la Red de Carreteras del Estado, existe un porcentaje muy representativo de la Red Autonómica y la práctica totalidad de la red de carreteras perteneciente a las Administraciones Provinciales que presentan características muy diferentes. Por este motivo, son numerosas las ocasiones en las que no es posible cumplir, en estas carreteras, la única normativa disponible, porque ha sido diseñada para unas carreteras de condiciones muy diferentes.

Sabiendo que la homogeneidad es un factor esencial en la seguridad vial, si no es posible cumplir la única normativa existente, es preferible optar por una solución específica en cada caso ya que la experiencia acumulada permite optar por las mejores soluciones desde el punto de vista de la seguridad.

En particular, en el caso de la instalación de sistemas de contención, es frecuente que se presenten problemas para cumplir las referencias normativas existentes en las redes locales, de Comunidades Autónomas, Diputaciones Forales, Provinciales, Cabildos y Consells. Imposibilidad de cumplir con las longitudes mínimas de barrera, longitudes de abatimiento, distancia al obstáculo, falta de ancho de berma para colocar los sistemas de contención,... son algunas de las situaciones que se presentan con más frecuencia.

En algunas situaciones el gestor de la carretera puede mejorar sensiblemente la seguridad del tramo instalando o modificando sistemas de contención de vehículos; pero en ocasiones, dado que no puede cumplir con rigor la normativa, opta por mantener lo existente. Paradójicamente se puede dar la circunstancia de que esas soluciones que se han desechado por incumplir la normativa, sí pueden ser técnicamente válidas; por ejemplo, la norma EN 1317 contempla velocidades de impacto muy altas, para las cuales la anchura de trabajo es muy grande; si en la carretera que se está analizando la velocidad de circulación es muy inferior a la planteada en la normativa, un sistema de contención de vehículos con menos exigencia en sus requisitos podría cumplir muy bien su cometido.

Por este motivo, desde el Grupo de Trabajo de Seguridad Vial de la Mesa de Directores Generales de Carreteras de Comunidades Autónomas y Diputaciones Forales se ha

decidido elaborar unas recomendaciones que puedan servir como guía técnica, y a la vez puedan proporcionar cierto amparo legal a la hora de plantear determinadas soluciones para reducir las consecuencias de la accidentalidad por salida de vía.

Las presentes recomendaciones para reducir las consecuencias de la accidentalidad por salida de vía persiguen los siguientes objetivos:

- Proporcionar soluciones para mejorar la seguridad de la vía en los casos en los que existan dificultades para cumplir la normativa de sistemas de contención.
- Generar un marco homogéneo para la implantación de estas soluciones.
- Poner de manifiesto que no sólo es necesario elegir los sistemas de contención apropiados, sino también asegurar que se instalan adecuadamente y que se realiza el mantenimiento necesario.

Estas recomendaciones se elaboran como una guía para la instalación de barreras de seguridad en carreteras de características reducidas, así como para posibles casos de revisión y adecuación de la instalación de los sistemas existentes (ubicación inadecuada, altura o disposición incorrectas, estado de conservación deficiente, parámetros de deformación del sistema inseguros,...), tanto por inspecciones rutinarias como al acometer proyectos de rehabilitación, mejora y acondicionamiento de las vías de características reducidas, entendiendo como válidas funcionalmente las instalaciones existentes.

La administración de carreteras podrá no cumplir la norma europea UNE-EN 1317 sobre sistemas de contención de vehículos cuando la aplicación de la misma obligue a utilizar sistemas de contención que sean incompatibles con las instalaciones ya existentes o bien impliquen costes desproporcionados o dificultades técnicas desproporcionadas, pero únicamente como parte de una estrategia documentada con vistas a adecuarse a las normas europeas comunes que sean de aplicación.

La disposición anterior implica que, en caso de no cumplimiento de la norma europea UNE-EN 1317 por alguno de los motivos anteriormente mencionados, la administración de carreteras deberá documentar lo siguiente: las razones del incumplimiento con una justificación técnica de la solución adoptada; y una descripción de las características técnicas de los sistemas que, de estar disponibles y no entrañar dificultades técnicas o económicas desproporcionadas, permitirían cumplir con la norma UNE-EN 1317 (o bien las condiciones de aplicación en el lugar de instalación que permitirían la implantación de sistemas disponibles con costes económicos razonables).

El no cumplimiento de la norma UNE-EN 1317 sobre sistemas de contención de vehículos se puede manifestar en diversos grados:

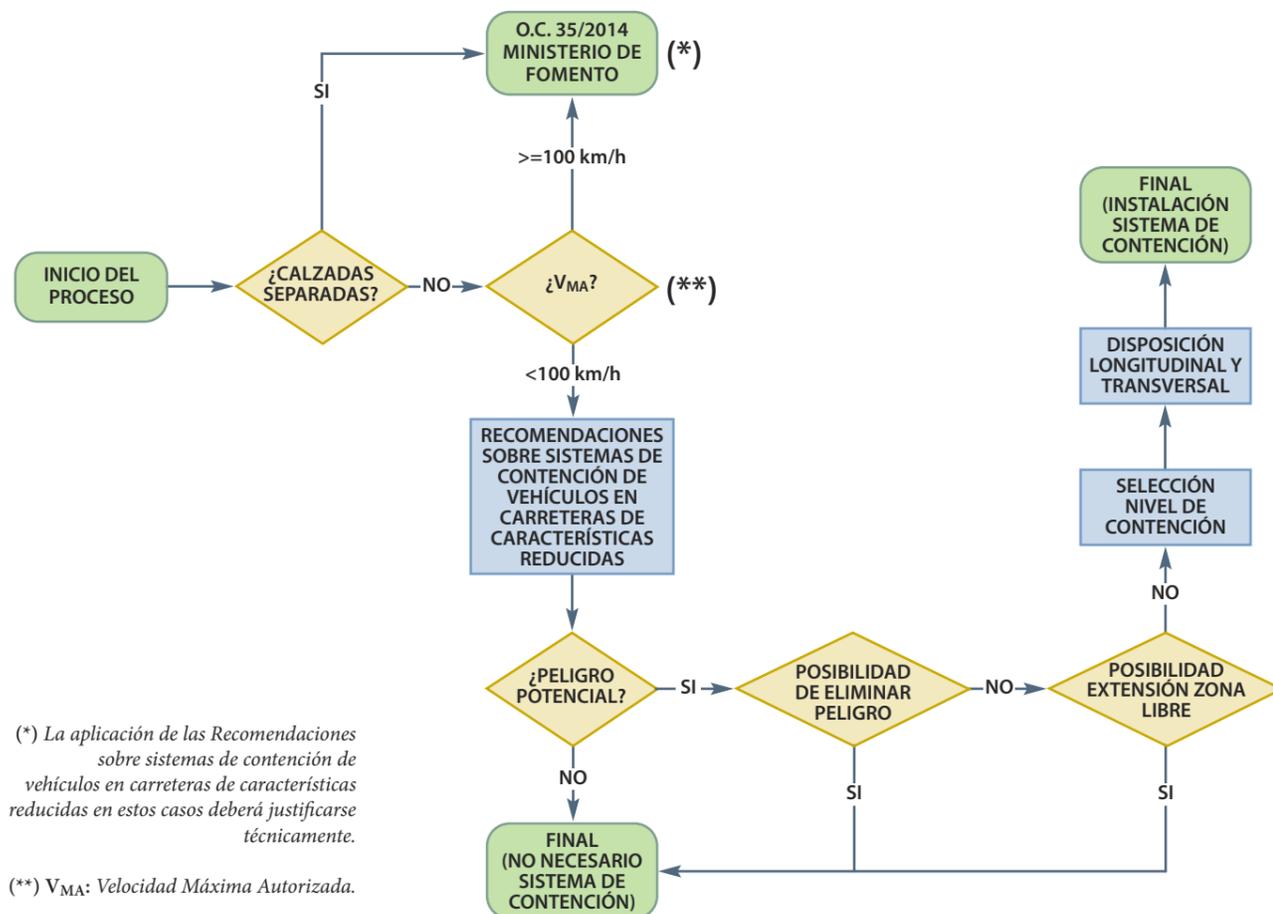
1. El sistema de contención especificado no cumple la norma UNE-EN 1317, es decir, no acredita haber superado los ensayos de choque a escala real que exige la norma UNE-EN 1317 ni tampoco está certificado como un producto modificado, según establece la misma..

Tratamiento de márgenes para reducir las consecuencias de la accidentalidad por salida de calzada

- El sistema de contención especificado cumple la norma UNE-EN 1317 pero alguno o algunos de los parámetros de comportamiento (nivel de contención, clase de deformación, de severidad...etc.) no cumple con los requisitos en el lugar de instalación.
- El sistema de contención especificado cumple la norma UNE-EN 1317 pero las condiciones de instalación durante los ensayos de choque a escala real según la norma UNE-EN 1317 no se corresponden, no coinciden o no son compatibles con las condiciones disponibles en el lugar de instalación.

En cualquier caso y, en la medida de lo posible, la justificación técnica del sistema de contención especificado que no cumple con la norma UNE-EN 1317 debe estar basada en cálculos, estáticos o dinámicos (es especialmente recomendable el uso de la mecánica computacional conforme al apartado A.6 del Anejo A de la norma UNE-EN 1317-5) o en ensayos parciales, preferentemente del tipo de impacto dinámico.

A continuación se presenta un diagrama de procesos para la toma de decisiones respecto a la instalación de sistemas de contención.



(*) La aplicación de las Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos en carreteras de características reducidas en estos casos deberá justificarse técnicamente.

(**) V_{MA}: Velocidad Máxima Autorizada.

Capítulo 2 Tratamiento de márgenes para reducir las consecuencias de la accidentalidad por salida de calzada¹

¹ Basado en "La seguridad vial y los accidentes por salida de calzada: tratamiento de márgenes y sistemas de contención" (documentación del Master en Auditoría de Seguridad Vial y Movilidad de la Universidad Politécnica de Madrid 2011-2012, elaborada por Antonio Amengual).

Los accidentes con salida de calzada representan en España entre el 30 y el 40% del total de accidentes con víctimas, según la red viaria que se considere. La salida incontrolada de calzada se puede producir por causas directas (pérdida de control del vehículo ocasionada por un exceso de velocidad, por malas condiciones del pavimento, por falta de visibilidad, mal estado de los neumáticos, por una maniobra insegura causada por la interferencia de otro usuario o, simplemente, por el despiste, confusión o duda del conductor), y también se puede producir de forma indirecta como efecto secundario de un incidente vial de otro tipo (por ejemplo un alcance entre vehículos puede dar lugar a la salida de uno o de ambos vehículos de la calzada).

Cuando un vehículo sale incontrolado de la calzada, puede interactuar con una serie de elementos situados en los márgenes de la carretera tales como obstáculos, desniveles u otras vías, o bien alcanzar objetos situados en el entorno de vía. Esta situación puede dar lugar a daños y lesiones en los ocupantes del vehículo, a colisiones secundarias e interferencias con otros usuarios de la vía o daños en personas u objetos próximos a la carretera. Se puede definir como "Zona Libre" el espacio transversal comprendido entre el borde exterior de la calzada y el obstáculo, desnivel u objeto más próximo a ella. Esta Zona Libre es el área en la que, después de salirse de la calzada, un conductor podría reconducir o detener su vehículo de manera segura, sin interferir con ningún peligro. La Zona Libre incluye siempre el arcén, de una manera total, parcial o nula la berma y puede comprender, además, un espacio de anchura variable o indefinida exterior a la propia vía.

Se consideran elementos o situaciones potenciales de riesgo, todos aquellos que motiven la colocación del sistema, tras haber descartado otras opciones como la eliminación del obstáculo o el despeje lateral. La instalación del sistema de contención se encontrará indicada en aquellos casos en los que mejore las consecuencias de una potencial salida de la calzada.

Tanto en el diseño de las nuevas carreteras como en la gestión de las carreteras existentes, se deben tener en cuenta y valorar las siguientes posibles medidas de actuación ante la presencia de una situación de riesgo de accidente por salida de calzada, por la presencia de un obstáculo o circunstancia peligrosa:

- ✓ Eliminación, desplazamiento o modificación del obstáculo o circunstancia peligrosa.
- ✓ Ampliación del ancho de la Zona Libre a costa de la berma o mediante explotación del terreno adyacente a la vía.

- ✓ Implantación de un Sistema de Contención de Vehículos (preferentemente en la berma afirmada) para proteger del obstáculo o circunstancia peligrosa, para lo que será necesario seleccionar el adecuado nivel de contención, nivel de severidad y nivel de deformación del sistema de contención, así como la disposición transversal y longitudinal del mismo.

De manera ideal, se puede afirmar que una carretera debería ser proyectada sin que hubiera peligros en su entorno y, por tanto, sin que fuera necesario plantear ninguna de las medidas anteriores. No obstante, la realidad es totalmente diferente y la presencia frecuente y, en muchos casos, inevitable de terraplenes, pasos sobre obras de fábrica, obstáculos adyacentes, proximidad de otras vías, bifurcaciones de salida, intersecciones, zonas habitadas próximas a la vía, etc., obliga a considerar la adopción de medidas para garantizar la seguridad vial.

La evaluación de la necesidad de implantar un Sistema de Contención donde éste no existe o bien la mejora del mismo donde existiera, requiere y aconseja la valoración previa de las otras dos primeras medidas (esto es, la de actuar sobre el peligro con el objeto de desactivarlo o bien la de aumentar el ancho de la Zona Libre).

Cualquiera de estas dos medidas es siempre preferible a la instalación de un Sistema de Contención, siempre y cuando sea técnicamente posible y su coste sea razonable. En una buena parte de los casos, no obstante, la única solución viable por razones técnicas o económicas es la implantación de Sistemas de Contención, especialmente en carreteras existentes.

En este sentido, cabe señalar que este documento recomienda no priorizar la instalación de sistemas de contención en taludes de desmonte como norma general, sino que tal decisión deberá ser analizada y justificada en cada caso.

La **eliminación o desplazamiento de un obstáculo** a veces resulta inviable porque su proximidad a la calzada forma parte de la propia naturaleza del obstáculo, como es el caso de los soportes de señales verticales y de luminarias, las cunetas, los pilares de puente en pasos superiores etc. Otras veces, el desplazamiento o eliminación de un obstáculo o desnivel requiere inversiones muy costosas o, sencillamente, no se quiere asumir por motivos que nada tienen que ver con la seguridad vial (como ocurre en algunas carreteras flanqueadas por hileras de árboles cuya eliminación no es autorizada por razones medioambientales).

La **modificación de la estructura de un obstáculo** para conseguir que deje de ser peligroso para los usuarios de la vía, está técnicamente resuelta en el caso de soportes de elementos de infraestructura vial mediante la creación de una sección "fusible" de naturaleza deformable o colapsable, entendiéndose como tales aquellos elementos que satisfacen los requisitos de la norma UNE EN 12767 (Seguridad pasiva de las estructuras soporte del equipamiento de la carretera. Requisitos y métodos de ensayo), siempre que la caída del elemento no pueda provocar daños adicionales a terceros (por ejemplo la caída de una luminaria sobre la calzada puede constituir un serio obstáculo para el tráfico).



Se puede asumir que, si bien es preferible resolver la seguridad ante un peligro situado fuera de la calzada evitando la **instalación de sistemas de contención**, en la práctica, diversas razones de índole técnica y económica determinan que, en buena parte de los casos, la implantación de estos sistemas sea la única medida razonable.

Los Sistemas de Contención de Vehículos para Carreteras – que incluyen las barreras de seguridad y los pretiles, los atenuadores de impactos, los terminales de barreras y las transiciones entre sistemas, los dispositivos para protección de los motociclistas en las barreras y pretiles, los soportes de equipamiento fusibles y los lechos de frenado – constituyen, junto con las marcas viales y la señalización vertical, uno de los elementos básicos del equipamiento para la Seguridad Vial en las carreteras. En el contexto de estas recomendaciones se consideran exclusivamente las barreras de seguridad.

Las Recomendaciones de Diseño establecen los criterios para la implantación de una barrera de seguridad (esto es, indicaciones acerca de dónde y cuándo es necesario colocar un sistema), la selección del nivel de contención (incluida la clase de severidad) y los criterios de disposición longitudinal y transversal del sistema en relación con el peligro y la calzada.

El criterio más riguroso para evaluar cualquier actuación que considere la eliminación, desplazamiento o modificación de los peligros así como la implantación o mejora de las barreras de seguridad es la relación beneficio/coste. En este análisis se deberá tener, al menos, en cuenta, la gravedad del accidente asociada a cada posible solución, la siniestralidad y el tráfico del tramo de carretera objeto de estudio, los costes sociales unitarios de los accidentes y los costes de instalación y mantenimiento de la barrera, a lo largo de toda la vida útil. Para el cálculo de la relación beneficio/coste se propone utilizar la siguiente metodología²:

- ✓ Los programas de mejora se establecerán de acuerdo a las disponibilidades presupuestarias, concediendo prioridad a las actuaciones que presenten mayor índice de rentabilidad esperada.
- ✓ El índice de rentabilidad esperada (IRE) de una actuación se calculará como el cociente entre la reducción esperada de los costes de los accidentes por efecto de la actuación a lo largo de su vida útil y su coste estimado, con arreglo a la siguiente expresión:

$$IRE = \frac{ACV_{ev} \times CSM_{ACV} \times N}{CEA}$$

Siendo:

- ACV_{ev} : reducción esperada de consecuencias anuales de los accidentes con víctimas por efecto de la actuación.
 - CSM_{ACV} : coste social medio de las víctimas de un accidente en el tipo de vía sobre el que se está actuando.
 - N: años de vida de la actuación.
 - CEA: coste estimado de la actuación.
- ✓ Una vez conocido el IRE, se debería proceder de manera prioritaria en los tramos con mayor tráfico total.

² Basada en las "Directrices del procedimiento para la gestión de tramos de concentración de accidentes y la clasificación de la seguridad de la Red de Carreteras del Estado" (Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, 2013).

Criterios de implantación



Capítulo 3 Criterios de implantación

3.1. Consideraciones previas

Como ya se ha indicado en la presentación, este documento se ofrece como alternativa a la O.C. 35/2014 para aquellos casos en los que existan dificultades o inconvenientes para su aplicación. En este sentido cabe destacar que dicha O.C. será tomada como documento de referencia complementario para todos aquellos conceptos que no hayan sido definidos o explicados en estas recomendaciones.

Para seleccionar el sistema de contención más adecuado para cada circunstancia se toman en consideración los siguientes factores:

- Nivel de contención del sistema, para evitar que determinados vehículos puedan sobrepasarlo.
- Deformación lateral, para evitar una deformabilidad excesiva del sistema que pudiera resultar peligrosa para los usuarios de la vía.
- Índice de severidad, para que los efectos del impacto contra la barrera no sean excesivamente lesivos para el usuario.

Actualmente, los niveles de contención proporcionados por los distintos sistemas existentes se caracterizan mediante ensayos de laboratorio que pretenden reproducir el impacto de los vehículos contra los mismos; se deben cumplir unas condiciones mínimas de redireccionamiento de la trayectoria del vehículo, de manera que no se superen unos valores establecidos para cada nivel de contención, con el fin de limitar los eventuales daños a los ocupantes del vehículo y al resto de usuarios de la vía.

Así, en cada nivel se ensaya el comportamiento de un vehículo con una masa determinada, lanzado a una velocidad y con un ángulo de incidencia igualmente determinados contra el dispositivo que se está ensayando. El ensayo no determina el comportamiento del dispositivo ante velocidades y ángulos de incidencia distintos.

El nivel de contención que debe proporcionar un dispositivo de seguridad está relacionado con el nivel de seguridad general del tramo de carretera en el que se ubica, y dependerá fundamentalmente de la gravedad del accidente que se pretenda evitar, del riesgo de que se produzca dicho accidente y de la cantidad potencial de víctimas afectadas.

La gravedad del accidente (mortal, grave o leve) vendrá determinada por la cantidad de energía disipada y repercutida en los usuarios afectados, en relación directa, pues, con la velocidad y la masa del vehículo en el momento de producirse. Por lo tanto, a mayor masa y a mayor velocidad, mayor deberá ser la capacidad de contención del dispositivo de seguridad.

El riesgo de accidente está directamente relacionado con la cantidad de situaciones de potencial conflicto que se producen en la carretera, es decir con la cantidad de tráfico registrado. Así, cuanto mayor sea el tráfico, mayores son las ocasiones de conflicto y mayor es el riesgo de accidente.

En cuanto a la cantidad de víctimas prevista como resultado de un accidente dependerá de la configuración del accidente (salida de la vía, alcance, choque frontal, etc.), así como de la configuración de la vía (calzada única, calzadas separadas, paso sobre otras infraestructuras, etc.) y de su entorno (obstáculos en los márgenes, presencia de colindantes a proteger, etc.). En este sentido, suelen distinguirse del resto los accidentes calificados como graves o como muy graves.

La OC 35/2014 establece distintos niveles de contención en función de la calificación del accidente (muy grave, grave o normal), de la Intensidad Media Diaria de todos los vehículos y de los vehículos pesados por sentido de circulación y de la velocidad de proyecto, distinguiendo los pretiles del resto de sistemas de contención, otorgando a aquellos niveles de contención mayores.

La velocidad de proyecto también se utiliza en la OC 35/2014 para determinar la calificación del accidente, así como para adoptar determinados parámetros geométricos, como la máxima distancia entre el borde de las superficies pavimentadas y el sistema de contención paralelo a ellas o como la longitud mínima de anticipación del comienzo de la barrera en relación al obstáculo del que se trata de proteger a los usuarios.

En cambio, para el empleo de sistemas de protección para motociclistas utilizan las mismas recomendaciones la velocidad máxima permitida y la específica.

En estas recomendaciones se propone utilizar la velocidad característica del tramo de carretera en estudio (v_c , percentil 85) o, en su defecto, la velocidad máxima permitida incrementada en 10 km/h, en todos los ámbitos del proceso de selección y de diseño del sistema de contención más adecuado para dicho tramo. A esta velocidad se la denominará **Velocidad de Referencia** (V_R).

No parece necesario, para caracterizar el tráfico de un tramo de carretera a los efectos de establecer un nivel de contención adecuado, tomar en consideración el volumen total de vehículos, por cuanto los ensayos establecidos para todos los niveles de contención exigen que también se contenga adecuadamente a los vehículos ligeros, además de a los pesados correspondientes a dicho nivel; en consecuencia se propone considerar únicamente la intensidad de tráfico pesado.

En cuanto al tráfico de pesados a considerar, tanto en fase de proyecto como en fase de explotación, se ha adoptado el que se registra por calzada de circulación (y no por sentido de circulación, como se indica en las recomendaciones vigentes), con el fin de tener en cuenta que en carreteras de calzada única el riesgo de accidente viene dado por los vehículos que circulan en ambos sentidos.

Tampoco se establece la distinción entre pretilos y el resto de sistemas de contención, por cuanto los requisitos de ensayo de validación son los mismos. Si se considera que los pretilos se ubican en puntos con grandes desniveles en caso de accidente, deberían caracterizarse estos puntos mediante accidentes con la gravedad que les corresponda.

Aunque está claro que el nivel de contención asociado a un tipo determinado de accidente responde, hoy por hoy, a una decisión subjetiva sobre el nivel de seguridad requerido en cada caso, resulta conveniente racionalizar los niveles de contención asociados en relación con el resto de factores que determinan dicho nivel de contención, de manera que se optimicen los recursos disponibles manteniendo unos niveles de contención equiparables según cada circunstancia.

Respecto a lo relativo a la anchura de trabajo y deflexión dinámica, que se caracterizan en ensayos realizados a velocidades comprendidas entre 65 y 110 km/h, parece evidente que en carreteras de velocidad de referencia reducida pudieran disponerse barreras de menor rigidez de las que se deducen de la tabla 7 de la OC 35/2014, ya que la deformación lateral depende de la velocidad del impacto. No obstante, dado que la colisión vehículo-barrera es un fenómeno no lineal, a falta de conocer la relación funcional entre velocidad y deformación o de disponer de datos estadísticamente significativos, no parece posible en la actualidad estimar qué anchuras de trabajo serían adecuadas para cada velocidad de referencia y, en su caso, ángulo de impacto. Por tanto, para establecer unas recomendaciones orientadas a reducir la rigidez de la barrera a colocar respecto de la barrera ensayada según la norma UNE-EN 1317, parece obligada la realización de ensayos a distintas velocidades, a partir de los cuales se puedan obtener curvas velocidad-deformación. Queda por tanto pendiente acometer un plan de ensayos de barreras con el objetivo citado, para el que se solicitaría la colaboración de administraciones de carreteras, administraciones de tráfico, laboratorios de ensayo, fabricantes de sistemas de contención, etc.

Finalmente, se ha tenido en cuenta que los criterios de la OC 35/2014 exceptúan su aplicación a las carreteras con características geométricas reducidas, en las que podrán realizarse disposiciones distintas, siempre que, en los proyectos correspondientes, se diseñen convenientemente.

Tal como se indica en el Capítulo 2, la instalación de sistemas de protección de motociclistas no es objeto de estudio de este documento, por lo que se recomienda la utilización de las guías disponibles, así como las posteriores que se desarrollen. En el apartado de bibliografía se incluyen las existentes en la fecha de publicación de estas recomendaciones.

3.2. Nivel de riesgo

La instalación de sistemas de contención estará justificada en las zonas en las que se detecte, como consecuencia de la presencia de obstáculos, desniveles o elementos de riesgo próximos a la calzada, la probabilidad de que se produzca un accidente normal, grave o muy grave y haya que descartar, al no ser posibles técnica o económicamente otras soluciones alternativas (eliminación o modificación del obstáculo o ampliación de la zona libre próxima a la vía). Se debe considerar el riesgo de accidente relacionado con la probabilidad del suceso y con la magnitud de los daños y lesiones previsibles, tanto para los ocupantes del vehículo como para otras personas o bienes próximos. Respecto a la clasificación de riesgos de accidente, se mantiene lo dispuesto en la OC 35/2014, con las siguientes observaciones, tal como se refleja en el Anejo 1:

- Se sustituye la denominación de riesgo de accidente muy grave, grave y normal por riesgo de nivel 1, 2 ó 3, atendiendo a la siguiente tabla de equivalencias:

Niveles de Riesgo	
1	Muy grave
2	Grave
3	Resto

- Al tratarse de unas recomendaciones relativas a vías de calzada única, se han eliminado aquellas referencias a carreteras de calzadas separadas.
- Como norma general, no se priorizará la instalación de barreras en taludes de desmonte.

3.3. Distancia crítica

En este apartado se analizan los criterios de implantación que establecen las condiciones mínimas o distancia crítica por debajo de la cual sería recomendable disponer una barrera de seguridad.

La proximidad de un obstáculo respecto al borde de la calzada influye de manera determinante en que éste se convierta en una zona de riesgo o peligrosa, donde es recomendable instalar un sistema de contención de vehículos. En este sentido, se puede definir la distancia crítica como aquella magnitud por encima de la cual el riesgo se considera suficientemente reducido para que pueda justificarse no actuar sobre él.

La tabla de la OC 35/2014 toma como límite el radio de 1.500 metros. Este es el radio correspondiente a la velocidad de 120 km/h incrementado en un 20% (es decir, velocidad específica de 145 km/h). Se puede hacer lo mismo para velocidades de 100, 80 y 50 km/h.

Para una velocidad específica de 100 km/h incrementada en un 20% (120 km/h) el radio sería de 700 metros; para 80 km/h incrementada en un 20% (96 km/h), el radio

resultante sería de 400 metros; por último, para una velocidad de 50 km/h incrementada un 20% (60 km/h), el radio sería de 130 metros.

Si se supone que el desplazamiento del vehículo de forma controlada o incontrolada depende principalmente de la energía cinética (obviando el rozamiento con el terreno, que es variable y desconocido, ángulo del movimiento respecto al eje del coche, estado mecánico, etc.) se pueden adoptar las distancias en función del decremento del cuadrado de la velocidad.

La siguiente tabla ha sido configurada a partir de la tabla 1 de la OC 35/2014, para lo cual se ajustaron las distancias críticas utilizando como velocidad de la curva, la calculada mediante la fórmula:

$$v^2 = 127 \times R \times \left(f_t + \frac{P}{100} \right)$$

La variable de entrada en la tabla será la Velocidad de Referencia (V_R), tal como se indica en el apartado de consideraciones previas de este documento.

La tabla de “distancias críticas para carreteras de características reducidas” figura a continuación³:

³ Nota: En el caso de que se utilizara este documento en carreteras de calzadas separadas o con $V_R \geq 100$ km/h, en el Anejo 2 se incluye la tabla completa, con recomendaciones para estas carreteras (para el caso de $V \geq 100$ km/h se han adoptado las distancias de la OC 35/2014).

Tabla 1: DISTANCIA (m) del BORDE de CALZADA a la ZONA de RIESGO por debajo de la cual se considera que existe riesgo de accidente, según la gravedad del mismo, para carreteras de características reducidas.

VELOCIDAD V_R (km/h)	TIPO DE CARRETERA	TIPO DE ALINEACIÓN	INCLINACIÓN TRANSVERSAL DEL MARGEN (H:V)	RIESGO DE ACCIDENTE	
				NIVELES 1 ó 2 (metros)	NIVEL 3 (metros)
$100 > V_R \geq 80$	CALZADA ÚNICA	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 700$ m	> 8:1	5,50	3,50
			8:1 a 6:1	6,50	4,50
			< 6:1	8,50	5,50
		Lado exterior curvas de $R \leq 700$ m	> 8:1	8,50	7,00
			8:1 a 6:1	9,50	8,00
			< 6:1	11,00	9,50
$80 > V_R \geq 50$	CALZADA ÚNICA	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 400$ m	> 8:1	3,50	2,00
			8:1 a 6:1	4,00	2,50
			< 6:1	5,50	4,00
		Lado exterior curvas de $R \leq 400$ m	> 8:1	5,50	4,50
			8:1 a 6:1	6,50	5,50
			< 6:1	7,50	6,50
$V_R < 50$	CALZADA ÚNICA	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 130$ m	> 8:1	1,50	1,00
			8:1 a 6:1	2,00	1,00
			< 6:1	2,50	1,50
		Lado exterior curvas de $R \leq 130$ m	> 8:1	2,00	1,50
			8:1 a 6:1	2,50	2,00
			< 6:1	3,00	2,50

Fuente: Grupo de Trabajo de Seguridad Vial.

3.4. Nivel de contención

Se establece a continuación un procedimiento que permite obtener para cada tipo de accidente el nivel de contención requerido en función de la velocidad y del tráfico considerados en un tramo de carretera, partiendo del nivel de contención tipo asignado a dicho tipo de accidente, de acuerdo con lo expuesto anteriormente.

Cabe remarcar que este procedimiento no sirve para decidir si es necesario disponer un sistema de contención en algún lugar de la carretera. Una vez tomada esta decisión, el procedimiento permite determinar el nivel de contención del sistema (que siempre será como mínimo el nivel N1, el más bajo de todos los disponibles actualmente).

Con el fin de poder tratar adecuadamente los distintos niveles de contención, es necesario caracterizarlos mediante valores numéricos que representen la capacidad de contención de los mismos.

Teniendo en cuenta que en los ensayos de validación de los sistemas de contención se evalúa su comportamiento frente a la colisión con una masa (vehículo) que incide en el sistema a una velocidad determinada, parece lógico emplear la energía cinética de dicho vehículo en el momento del impacto como valor que caracterice al sistema que es capaz de contenerlo.

La energía cinética de una masa m que se mueve a una velocidad v se obtiene mediante la expresión:

$$E_e = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

En la Tabla 2 se obtienen los valores de la energía cinética (en kgm) contenida en cada uno de los ensayos tipo correspondientes a los distintos niveles de contención.

Se adopta como factor de contención de un determinado nivel de contención al valor resultante de dividir la energía cinética contenida en el ensayo que caracteriza ese nivel de contención, expresada en kgm, por 106 y redondeado el resultado con precisión decimal.

Como ya se ha indicado anteriormente, es preciso establecer para cada tipo de accidente un nivel de contención tipo que represente el nivel de seguridad adoptado. Teniendo en cuenta las recomendaciones vigentes en la materia, a partir de una determinada intensidad de tráfico pesado (IMD_p), y teniendo en cuenta las velocidades de ensayo correspondientes, para una determinada velocidad de referencia del tramo de carretera en consideración (v_c), se adoptan los niveles de contención indicados en la Tabla 3.

Por ejemplo, el nivel de seguridad tipo requerido al sistema de contención para un accidente grave en un tramo de carretera con una intensidad de tráfico de hasta 2.000 vehículos pesados al día por cada calzada (IMD_{pa} , intensidad media diaria de pesados adoptada) y con una velocidad de referencia de pesados de 70 km/h (v_{ca} , velocidad de referencia adoptada) es un nivel de contención H2, que se caracteriza mediante un factor de contención de valor 2,5 (f_{ca} , factor de contención adoptado).

Tabla 2: Factores de contención para cada nivel de contención.

Nivel de contención	Masa del vehículo	Velocidad	Velocidad	Energía cinética contenida	Factor de contención f_{ca}
	(kg)	(km/h)	(m/s)	(kgm)	
N1	1500	80	22,22	370.370	0,4
N2	1500	110	30,56	700.231	0,7
H1	10000	70	19,44	1.890.432	1,9
H2	13000	70	19,44	2.457.562	2,5
H3	16000	80	22,22	3.950.617	4,0
H4a	30000	65	18,06	4.890.046	4,9
H4b	38000	65	18,06	6.194.059	6,2

Fuente: Grupo de Trabajo de Seguridad Vial.

Tabla 3: Niveles de contención tipo para cada tipo de accidente.

Tipo de accidente	Tráfico de vehículos pesados (IMD_{pa}) por calzada de circulación	Velocidad de referencia adoptada v_{ca} (km/h)	Nivel de contención requerido	Factor de contención f_{ca}
1	2.000	80	H3	4,0
2	2.000	70	H2	2,5
3	2.000	70	H1	1,9

Fuente: Grupo de Trabajo de Seguridad Vial.

Nótese que se adopta como velocidad de referencia del tipo de accidente aquella a la que se hace impactar el vehículo pesado en el ensayo de validación del nivel de contención correspondiente.

Por otra parte, de acuerdo con las recomendaciones vigentes, los niveles de contención que se contemplan para cada tipo de accidente pueden verse en la tabla 4.

Tabla 4: Niveles de contención asociados cada tipo de accidente.

Tipo de Accidente	Niveles de contención asociados						
	N1	N2	H1	H2	H3	H4a	H4b
1				X	X	X	X
2		X	X	X	X		
3	X	X	X	X			

Fuente: Grupo de Trabajo de Seguridad Vial.

Para cada tipo de accidente, el factor de contención asociado a valores distintos de tráfico de pesados o de la velocidad de referencia, se considerará directamente proporcional al valor de dicho tráfico (componente másico del factor de contención) y directamente proporcional al cuadrado de la velocidad de referencia (componente cinético del factor de contención), de manera que el factor de contención para cualquier IMD_{pt} y para cualquier v_{ct} de un tramo dado puede obtenerse a partir del factor de contención correspondiente al nivel de contención tipo para ese tipo de accidente mediante la expresión:

$$f_{ct} = \frac{IMD_{pt}}{IMD_{pa}} \times \frac{V_{ct}^2}{V_{ca}^2} \times f_{ca}$$

en donde:

- f_{ct} : Factor de contención requerido en el tramo
- f_{ca} : Factor de contención tipo según el tipo de accidente
- IMD_{pt} : Intensidad media diaria de pesados por calzada en el tramo
- IMD_{pa} : Intensidad media diaria de pesados adoptada tipo según el tipo de accidente
- V_{ct} : Velocidad de referencia de pesados (percentil 85) en el tramo
- V_{ca} : Velocidad de referencia adoptada según el tipo de accidente

Teniendo en cuenta que los factores de contención posibles son unos valores discretos asociados a un nivel de contención determinado (ver tabla 2), a partir de la expresión anterior, puede obtenerse la IMD_p a partir de la cual, para una velocidad característica determinada, debe establecerse un mínimo nivel de contención en un tramo determinado, mediante la expresión:

$$IMD_{pt} = \frac{f_{ct}}{f_{ca}} \times \frac{V_{ca}^2}{V_{ct}^2} \times IMD_{pa}$$

Aplicando esta expresión a los distintos factores de contención asociados a sus correspondientes niveles, en los posibles para cada tipo de accidente, pueden obtenerse en cada caso, los tráficos máximos admisibles (IMD_{pt}) para cada nivel de contención en función de la velocidad característica que se registre en un tramo determinado (V_{ct}).

En las gráficas 1, 2 y 3 del Anejo 3 se representan estos valores máximos para cada nivel de contención de los contemplados para cada uno de los tipos de accidente; 1, 2 y 3, respectivamente, de manera que se puede obtener el nivel de contención requerido en función de la IMD_{pt} y de la V_{ct} considerados.

Por ejemplo, en el caso de que se quiera obtener el nivel de contención para un accidente grave en una carretera con una intensidad media diaria de 300 vehículos pesados que circulan a una velocidad de referencia de 80km/h, el nivel de contención a adoptar será el N2. (Ver Anejo1, Gráfico 2).

Nótese que, para IMD_p superiores a 2.000 vehículos, se ha puesto un escalado cada 1.000 vehículos, para no distorsionar excesivamente la tabla para tráficos inferiores a

dicha intensidad. Para valores superiores a los 5.000 vehículos de IMD_p , puede aplicarse la expresión anteriormente obtenida.

A título meramente informativo, se incluye en el Anejo 4 una tabla con los niveles de contención establecidos en las recomendaciones vigentes para cada tipo de accidente, en función de determinados intervalos de tráfico pesado y, eventualmente, velocidades de proyecto, que serán las de referencia en estas recomendaciones, así como los intervalos de niveles de contención resultantes en cada caso a partir de los gráficos del Anejo 3.

3.5. Disposición longitudinal

En este apartado se hace referencia a la longitud mínima de barrera y la longitud de anticipación de su comienzo. La longitud de anticipación tiene por objeto evitar que el vehículo pueda alcanzar el obstáculo o desnivel del cual la barrera pretende proteger. En carreteras de calzada única se debe disponer, además, por simetría, una longitud de anticipación en el sentido contrario de circulación, para evitar que los vehículos que circulan por el sentido contrario puedan impactar con el obstáculo.

Por otro lado, las barreras de seguridad precisan una longitud mínima de instalación para poder funcionar adecuadamente frente al impacto de un vehículo. La figura 1 hace referencia a estos parámetros.

3.5.1. Longitud mínima de barrera

Según se establece en la OC 35/2014, la longitud mínima de barrera utilizada de forma aislada, se corresponderá con la longitud empleada en los ensayos de choque, según la norma UNE 1317, con los que se ha obtenido el marcado CE de la barrera.

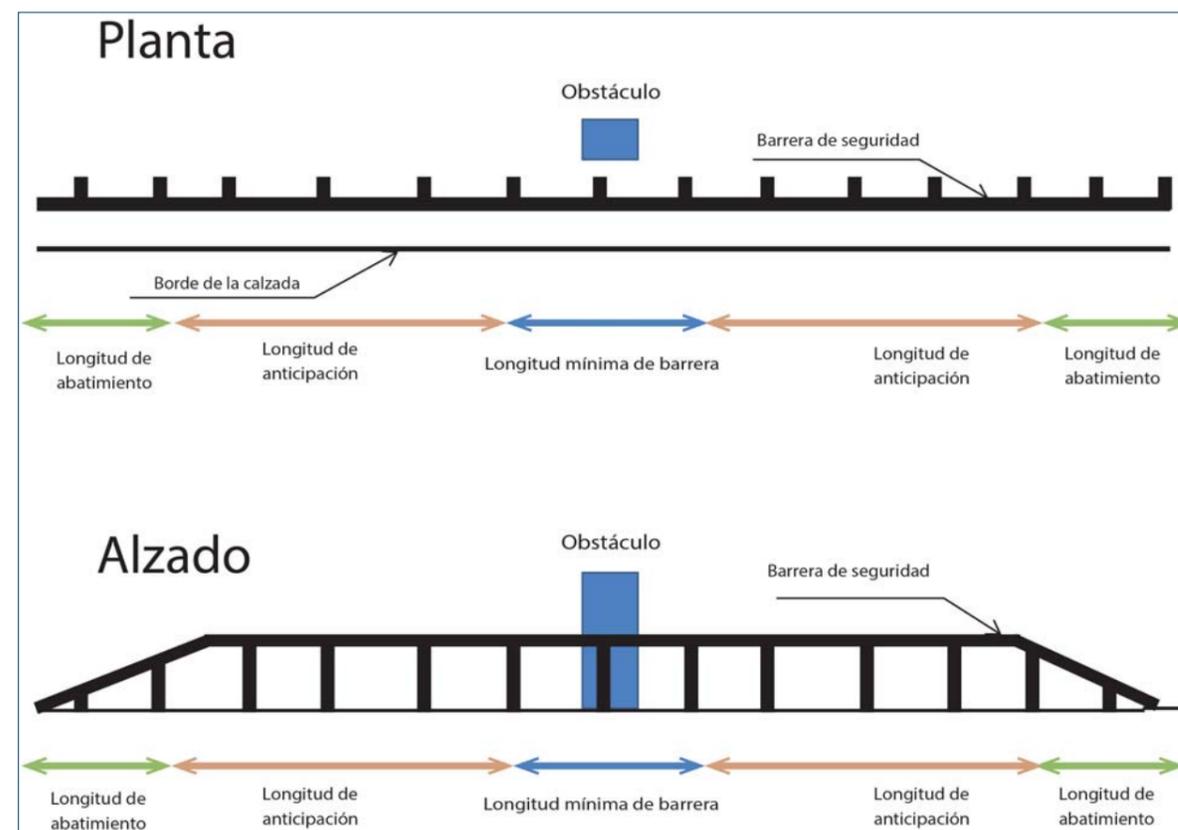
Sin embargo, en carreteras con características reducidas, se podrá plantear reducir la longitud mínima de barrera. De manera orientativa, ensayos de impacto realizados para un sistema compuesto por 20 metros de barrera más dos terminales demuestran que esta configuración es capaz de contener un vehículo ligero de 1500 kg a 80 km/h; así mismo, la experiencia en conservación indica que en las colisiones contra sistemas de contención instalados en carreteras convencionales rara vez se ven afectados más de cinco tramos de barrera.

3.5.2. Longitud de anticipación y abatimiento

En el subapartado de la OC 35/2014 que hace referencia a la disposición longitudinal de las barreras, se indica con varias tablas y figuras una propuesta para la anticipación del comienzo de las mismas.

La longitud de la anticipación del comienzo de la barrera se justifica como la necesaria para que un vehículo fuera de control no pueda alcanzar el obstáculo o desnivel del

Figura 1: Esquema de longitud mínima de barrera y longitud de anticipación y abatimiento vertical.



Fuente: elaboración propia.

cual el sistema de contención le pretende proteger, si pasara por detrás de la barrera. Por este motivo, la OC 35/2014 permite una reducción de longitud de barrera si ésta se abate en el plano horizontal a razón de 1:20, ya que se cierra el espacio posterior. Llevado al extremo, si no existe la posibilidad de que el vehículo pase por detrás de la barrera, no sería necesaria la mencionada longitud de anticipación.

Aunque en este apartado no se hace referencia a velocidades, sí se puede deducir que está dimensionado para 100 km/h por la indicación de calzada única, y de 120 km/h para calzadas separadas, razón por la que las longitudes son superiores para velocidades mayores de circulación; es decir, la longitud de anticipación está mayorada para la situación pésima.

Teniendo en cuenta lo expuesto en los párrafos anteriores, es posible proponer una reducción de la longitud de anticipación de la barrera cuando se trata de carreteras de velocidad real de circulación inferior a 100 km/h, tanto para la disposición de la barrera en paralelo al eje de la carretera como para una disposición abatida 1:20 (con más motivo en este caso, por la reducción de la posibilidad de que el vehículo pase por detrás de la barrera).

Además hay otra cuestión a considerar para la reducción de anticipación cuando se hace el esviaje hacia el talud: si es posible disponer la barrera de manera que se aproxime al obstáculo, dentro del margen de la deflexión dinámica y del ancho de trabajo de la propia barrera, con una menor longitud de abatimiento vertical se conseguirá la protección de los ocupantes del vehículo.

Por los motivos anteriormente expuestos, a continuación se incluyen una serie de recomendaciones específicas para el dimensionamiento de la anticipación de barrera en carreteras con baja velocidad de circulación:

- 1.- Adoptar como longitud de anticipación para carreteras de velocidad inferior a 80 km/h y superior a 60 km/h, la indicada en la tabla 12 (obstáculo aislado) de la OC 35/2014, que es de 28 metros. Este criterio será de aplicación para todos los casos incluyendo los obstáculos de grandes dimensiones.

Esta longitud aún podría reducirse más si es factible abatir a razón 1:20, que es la disposición de barrera deseable y que se propugna para que se generalice de forma rotunda, en detrimento de la disposición en paralelo que es la que se ha estado usando de forma más habitual.

- 2.- Para carreteras con velocidad inferior a 60 km/h no sería necesaria la longitud de anticipación, disponiendo simplemente la longitud de barrera estrictamente necesaria, garantizando el esviaje a razón 1:20, que impide que el vehículo alcance el obstáculo.
- 3.- En cuanto a abatimientos en vertical, para velocidades inferiores a 80 km/h se propone lo siguiente:
 - En lo posible, priorizar el abatimiento vertical de 8 m.
 - Con poco espacio, disponer el abatimiento vertical de 4 m.

La siguiente tabla resume el planteamiento:

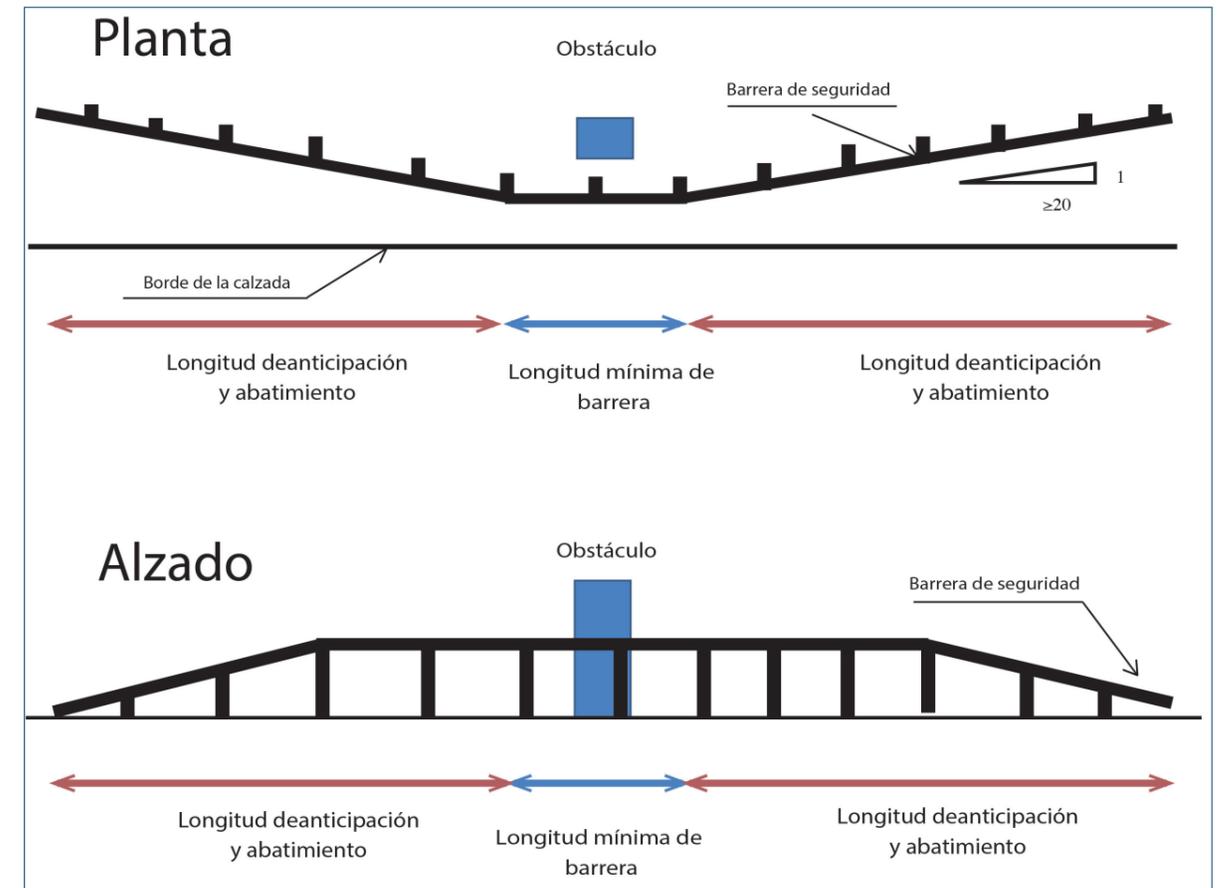
Tabla 5: Longitudes mínimas de anticipación y de barrera recomendada para carreteras locales.

Velocidad Real (km/h)	Longitud mínima de barrera (m)	Longitud mínima de anticipación (m)	Longitud mínima de abatimiento vertical (m)
≤60		0	8
60 – 80 con esviaje 1/20	Establecida por el fabricante de acuerdo a la UNE 1317, considerando la posible reducción según el apartado 3.5.1. de estas recomendaciones	<28 (incluyendo la longitud mínima de abatimiento vertical)	8
		28 (incluyendo la longitud mínima de abatimiento vertical)	8

Fuente: Grupo de Trabajo de Seguridad Vial.

La siguiente figura ilustra lo planteado en la tabla anterior:

Figura 2: Esquema de longitud mínima de barrera y longitud de anticipación con esviaje hacia el talud.



Fuente: elaboración propia.

- “La seguridad vial y los accidentes por salida de calzada: tratamiento de márgenes y sistemas de contención”, elaborado por Antonio Amengual para el Master en Auditoría de Seguridad Vial y Movilidad de la Universidad Politécnica de Madrid (curso 2011-2012).
- Orden Circular 35/2014 Sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos. Ministerio de Fomento.
- N.T. sobre algunos criterios a tener en cuenta en los proyectos de barreras de seguridad que incorporan sistemas para protección de motociclistas, 03-07-2009. Ministerio de Fomento.
- O.C. 18bis/2008 Sobre criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas, 30-07-2008. Ministerio de Fomento
- N.T. Sobre la aplicación en carretera de los sistemas para protección de motociclistas, 25-10-2006. Ministerio de Fomento.
- O.C. 18/2004 Sobre criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas, 29-12-2004. Ministerio de Fomento.
- “Recomendaciones sobre aplicación de medidas de protección de usuarios de motocicletas en la Red de Carreteras de la COMUNIDAD DE MADRID”, 01-07-2009.
- Orden circular 1/2009 (GALICIA) "Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas", 27-01-2009.
- Instrucción 1/2007, de 25 de abril, sobre recomendaciones de instalación de sistemas de protección de motociclistas en las carreteras de la red regional de CASTILLA Y LEÓN.
- “Recomendaciones para la mejora de la seguridad vial de los motociclistas en las carreteras de la COMUNIDAD VALENCIANA”, mayo 2016. Generalitat Valenciana.
- Orden Foral de NAVARRA 188/2006, de 22 de diciembre, del Consejero de Obras Públicas Transportes y Comunicaciones, por la que se aprueba la inclusión en el “Catálogo de Sistemas de Protección para motociclistas” el modelo de sistema para protección (SPM-ES4).
- Orden Foral de NAVARRA 173/2006, de 30 de noviembre, del Consejero de Obras Públicas Transportes y Comunicaciones, por la que se aprueba la instrucción sobre “Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas”.

Anejo 1 Niveles de riesgo

Anejo 2 Tabla general de distancias críticas

Anejo 3 Gráficas de selección del nivel de contención

Anejo 4 Comparativo de niveles de contención

Anejo 1 Niveles de riesgo

⁴ En el apartado 3.2 de estas recomendaciones se incluye una serie de observaciones a esta clasificación, que serán de aplicación en carreteras de características reducidas.

A continuación se indican los niveles de riesgo, para lo cual se toma como referencia⁴ la OC 35/2014.

RIESGO DE ACCIDENTE NIVEL 1

- 1) Paso sobre una vía férrea en servicio
- 2) Existencia de una vía férrea paralela próxima a la carretera y situada a más de 1 m por debajo del nivel de ésta.
- 3) Existencia a nivel inferior de instalaciones contiguas a una obra de paso, permanentemente habitadas o utilizadas para almacenamiento de sustancias peligrosas, o que presten servicio público de interés general, previamente autorizadas a tal fin y situadas dentro de la zona de afección de la carretera.
- 4) Existencia de una situación singular de trazado horizontal o vertical, que pueda generar situaciones peligrosas.
- 5) Nudos de dos carreteras cuando la de nivel superior tenga una intensidad media diaria de vehículos pesados igual o superior a 2.000. La intensidad media diaria a considerar será la correspondiente al año de puesta en servicio en vías en fase de proyecto o construcción.
- 6) Siempre que se justifique adecuadamente, en emplazamientos singulares, tales como:
 - Nudos complejos en los que pueda resultar más probable un error por parte del conductor.
 - Intersecciones situadas en las proximidades de obras de paso.
 - Emplazamientos con una accidentalidad por salida de vía anormalmente elevada.
 - Estructuras singulares, entendiéndose como tales las que tienen luces superiores a 200 metros, así como las que salvan zonas singulares (grandes cursos de agua, embalses, valles de muy difícil acceso).

RIESGO DE ACCIDENTE NIVEL 2

- 1) Casos en los que falte alguno de los requisitos descritos para ser considerado como riesgo de accidente muy grave, siendo la intensidad media diaria (IMD) por calzada superior a 10.000 vehículos.

- 2) Existencia en las proximidades de:
 - Ríos, embalses y otras masas de agua con corriente impetuosa o profundidad superior a 1 m y barrancos o zanjas profundas.
 - Accesos a puentes, túneles y pasos estrechos.
- 3) Velocidad de circulación (V_{85}) superior a 60 km/h y existencia en las proximidades de:
 - Elementos en los que un choque pueda producir la caída de objetos de gran masa sobre la plataforma (tales como pilas de pasos superiores, pórticos o banderolas de señalización, estructuras de edificios, pantallas antirruído y otros similares).
 - Obstáculos tales que el choque de un vehículo contra ellos pueda producir daños graves en elementos estructurales de un edificio, paso superior u otra construcción.
 - Caída desde estructuras y obras de paso, con desnivel igual o superior a 2 m.
 - Caída desde muros de sostenimiento (del lado del desnivel) de una carretera en terreno accidentado o muy accidentado.
- 4) Carreteras o calzadas paralelas en el sentido opuesto de circulación, en las que la anchura de la separación entre calzadas (definida según Reglamento General de Carreteras; R.D. 1812/1994), de las calzadas, o entre la calzada principal y la de servicio, sea inferior a la establecida en la tabla de distancias críticas o que, siendo esta distancia igual o superior a la mencionada, esté justificado específicamente.

RIESGO DE ACCIDENTE NIVEL 3

- 1) Casos en los que falte alguno de los requisitos descritos para ser considerado como riesgo de accidente grave o muy grave.
- 2) Para vías con velocidad de circulación (V_{85}) \geq 80 km/h, existencia en las proximidades de:
 - Obstáculos rígidos, árboles o postes, de más de 15 cm de diámetro.
 - Elementos de sustentación de carteles de señalización o báculos de alumbrado no provistos de un fusible estructural (según la norma UNE EN 12767) que permita su fácil desprendimiento o abatimiento ante un impacto o que, aun estando provistos de un fusible estructural, su caída en caso de impacto pueda provocar daños a terceros.
 - Muros, tablestacados, edificios, instalaciones, cimentaciones o elementos del drenaje superficial (arquetas, impostas, etc.) que sobresalgan del terreno más de 7 centímetros..

- Siempre que la Intensidad Media Diaria sea superior a 1.500 vehículos, cuando existan escalones y cunetas de más de 15 cm de profundidad, excepto las denominadas cunetas de seguridad.
- Desmontes⁵, si el talud (H:V) es inferior a 3:1.
- Terraplenes, si el talud (H:V) es inferior a 5:1 o si el terraplén es de altura superior a 3 metros.

⁵ En carreteras de características reducidas se recomienda, como norma general, no priorizar la instalación de sistemas de contención en taludes de desmonte, tal como se indica en el apartado 3.2 de este documento.

- Existencia en las proximidades de un muro de sostenimiento en una carretera con una velocidad de circulación (V_{85}) superior a 60 km/h y terreno accidentado o muy accidentado.
- Siempre que se justifique, en emplazamientos singulares, tales como:
 - Nudos complejos en los que resulte más probable un error por parte del conductor.
 - Intersecciones situadas en las proximidades de obras de paso.
 - Emplazamientos con una accidentalidad anormalmente elevada.

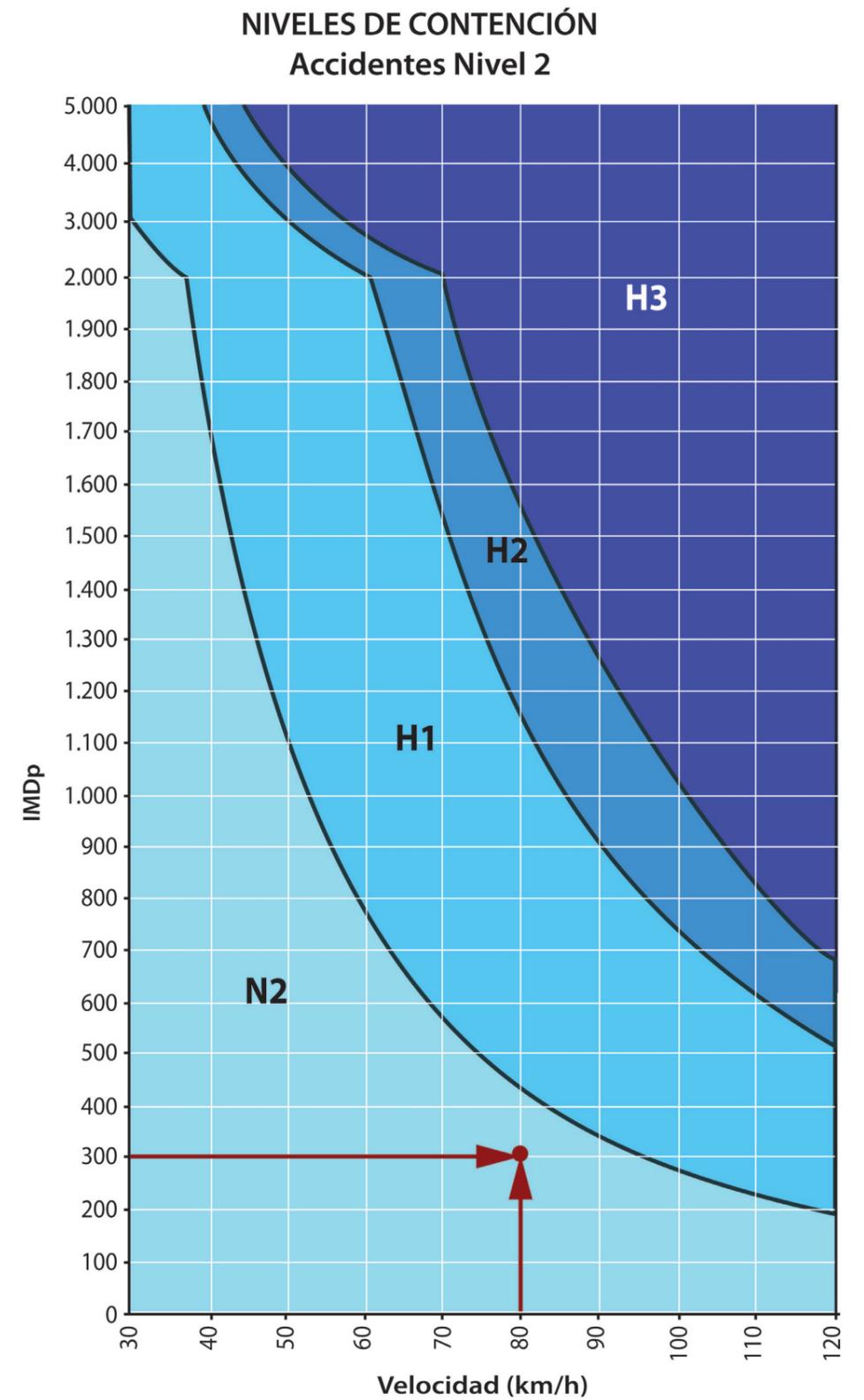
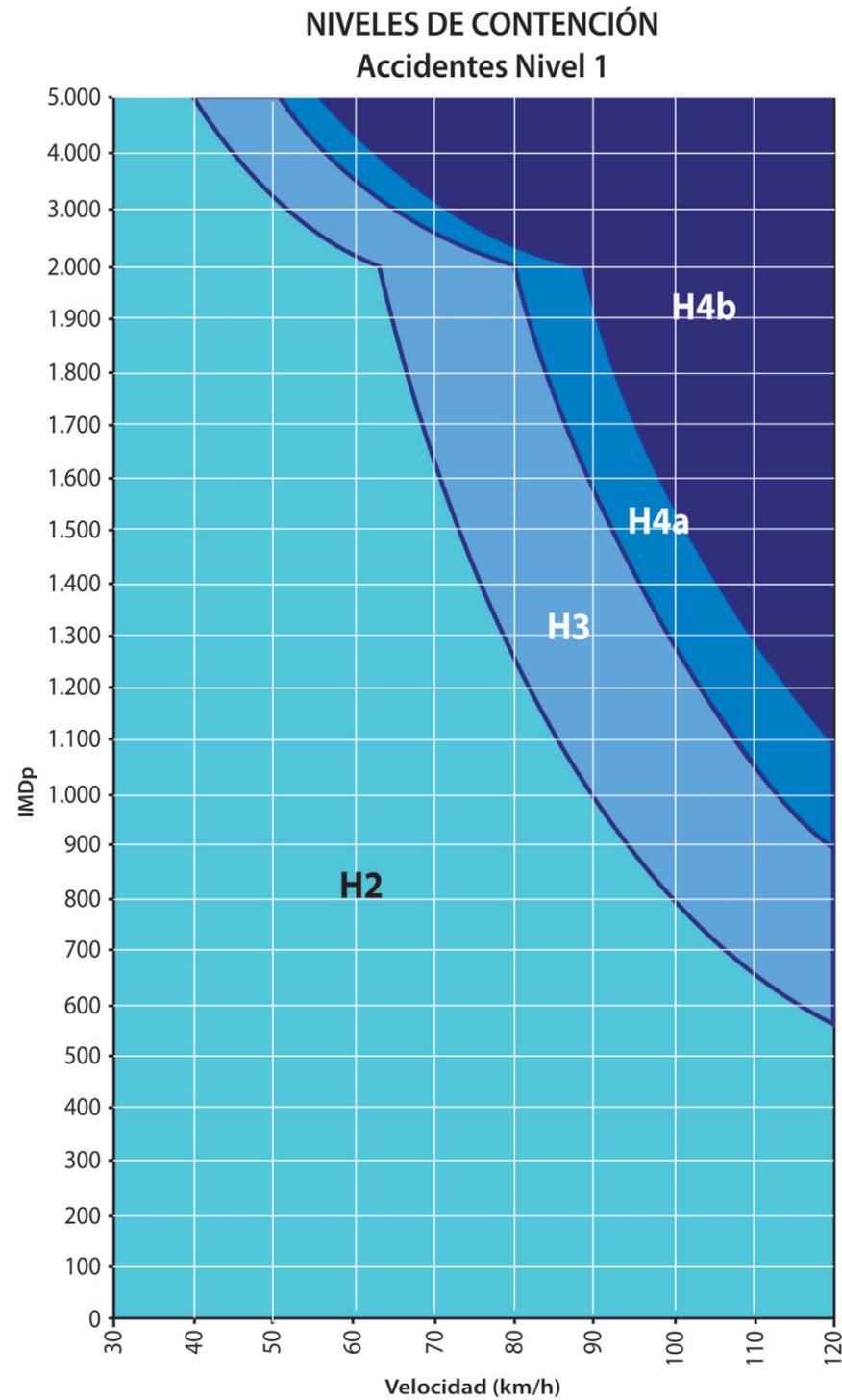
Anejo 2 Tabla general de distancias críticas

Esta tabla incorpora a la tabla I de este documento, la tabla I de la O.C. 35/2014 (aquí caracterizadas como $V_R \geq 100$), con el objeto de poder establecer comparación entre lo dispuesto en sendas recomendaciones.

VELOCIDAD (km/h)	TIPO DE CARRETERA	TIPO DE ALINEACIÓN	INCLINACIÓN TRANSVERSAL DEL MARGEN (H:V)	RIESGO DE ACCIDENTE	
				NIVELES 1 ó 2	NIVEL 3
$V_R \geq 100$	CALZADA ÚNICA	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 1.500$ m	$> 8:1$	7,5	4,5
			8:1 a 5:1	9	6
			$< 5:1$	12	8
		Lado exterior curvas de $R \leq 1.500$ m	$> 8:1$	12	10
			8:1 a 5:1	14	12
			$< 5:1$	16	14
	CALZADAS SEPARADAS	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 1.500$ m	$> 8:1$	10	6
			8:1 a 5:1	12	8
			$< 5:1$	14	10
		Lado exterior curvas de $R \leq 1.500$ m	$> 8:1$	12	10
			8:1 a 5:1	14	12
			$< 5:1$	16	14
$100 > V_R \geq 80$	CALZADA ÚNICA	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 700$ m	$> 8:1$	5,50	3,50
			8:1 a 5:1	6,50	4,50
			$< 5:1$	8,50	5,50
		Lado exterior curvas de $R \leq 700$ m	$> 8:1$	8,50	7,00
			8:1 a 5:1	9,50	8,00
			$< 5:1$	11,00	9,50
	CALZADAS SEPARADAS	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 700$ m	$> 8:1$	7,00	4,50
			8:1 a 5:1	8,50	5,50
			$< 5:1$	9,5	7,00
		Lado exterior curvas de $R \leq 700$ m	$> 8:1$	8,5	7,00
			8:1 a 5:1	9,50	8,50
			$< 5:1$	11,00	9,50
$80 > V_R \geq 50$	CALZADA ÚNICA	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 400$ m	$> 8:1$	3,50	2,00
			8:1 a 5:1	4,00	2,50
			$< 5:1$	5,50	4,00
		Lado exterior curvas de $R \leq 400$ m	$> 8:1$	5,50	4,50
			8:1 a 5:1	6,50	5,50
			$< 5:1$	7,50	6,50
	CALZADAS SEPARADAS	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 400$ m	$> 8:1$	4,50	3,00
			8:1 a 5:1	5,50	4,00
			$< 5:1$	6,50	4,50
		Lado exterior curvas de $R \leq 400$ m	$> 8:1$	5,50	4,50
			8:1 a 5:1	6,50	5,50
			$< 5:1$	7,50	6,50
$V_R < 50$	CALZADA ÚNICA	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 130$ m	$> 8:1$	1,50	1,00
			8:1 a 5:1	2,00	1,00
			$< 5:1$	2,50	1,50
		Lado exterior curvas de $R \leq 400$ m	$> 8:1$	2,00	1,50
			8:1 a 5:1	2,50	2,00
			$< 5:1$	3,00	2,50
	CALZADAS SEPARADAS	Rectas, lados interiores de curvas, lado exterior curvas $R > 400$ m	$> 8:1$	2,00	1,00
			8:1 a 5:1	2,00	1,50
			$< 5:1$	2,50	2,00
		Lado exterior curvas de $R \leq 400$ m	$> 8:1$	2,00	1,50
			8:1 a 5:1	2,50	2,00
			$< 5:1$	3,00	2,50

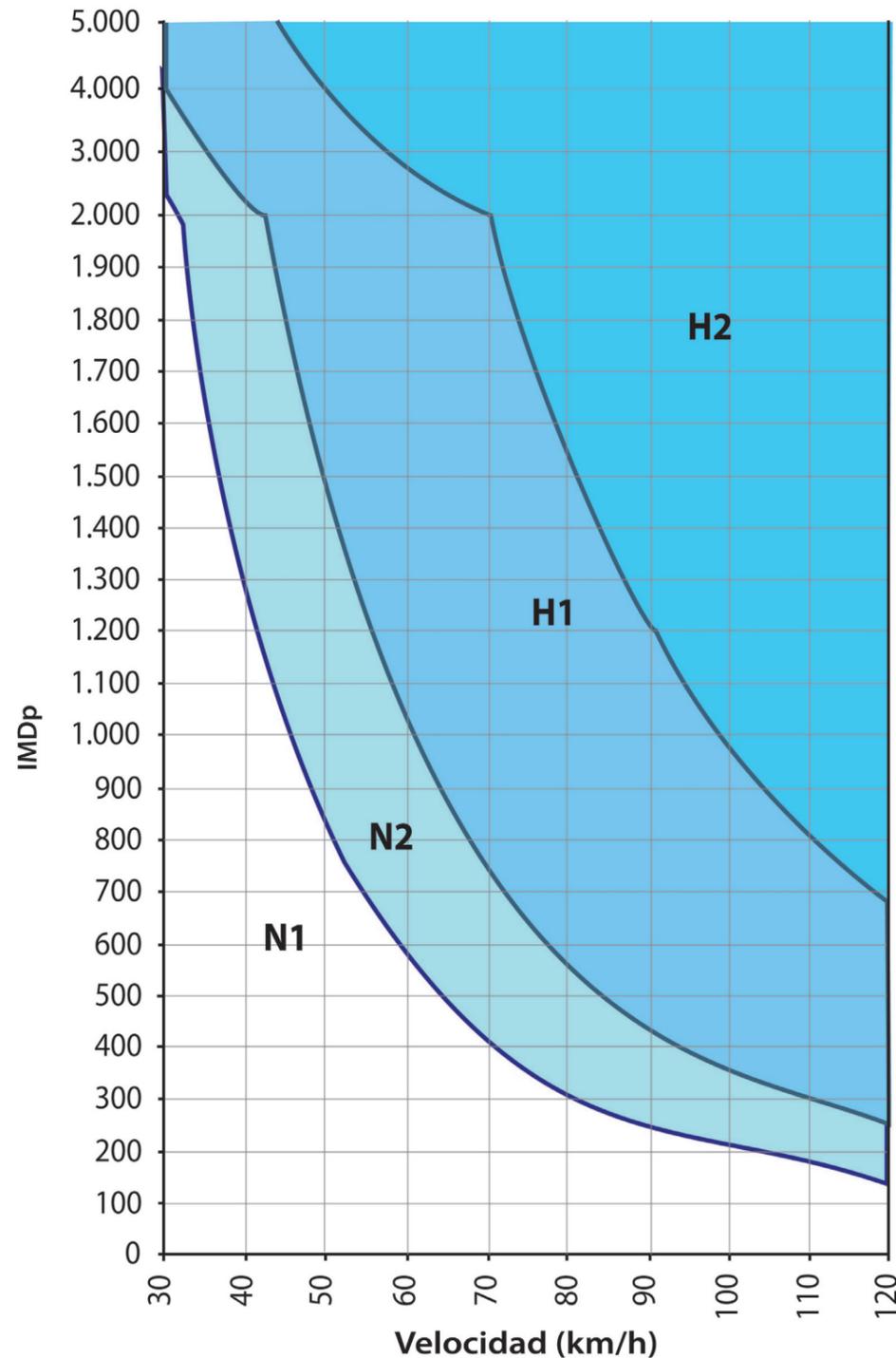
Anejo 3 Gráficas de selección del nivel de contención de contención

Las siguientes gráficas permiten seleccionar el nivel de contención del sistema en función de la velocidad y la intensidad media diaria de los vehículos pesados.





NIVELES DE CONTENCIÓN Accidentes Nivel 3



Anejo 4 Comparativo de niveles de contención

El siguiente cuadro permite llevar a cabo una comparativa de los niveles de contención obtenidos siguiendo las recomendaciones de la OC 35/2014 y las del Grupo de Trabajo de Seguridad Vial, para distintos tipos de accidentes y composición del tráfico:

RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS DE NIVELES DE CONTENCIÓN

Tipo de accidente	Riesgo de accidente	Clase de contención	IMD (vehículos)	IMDp (vehículos)	Vp (km/h)	RVM Barreras	RVM Pretiles	RGT Barreras y pretiles
Muy grave	Nivel 1	Muy alta		≥ 5000		H3 - H4b	H4b	H2 - H4b
				$< 5000 \ \& \ \geq 2000$		H2 - H3	H4b	H2 - H4b
				< 2000		H2	H3	H2 - H4b
Grave	Nivel 1	Alta	≥ 10000	≥ 2000		H1 - H2	H3	n. a. (*)
				$\geq 400 \ \& \ < 2000$		H2	H3	N2 - H3
				< 400		H1	H2	N2 - H3
Resto	Nivel 3	Normal		≥ 2000		H1	H1 - H2	N2 - H2
				$\geq 400 \ \& \ < 2000$		N2 - H1	H1	N1 - H2
				< 400		N2	N2 - H1	N1 - H2
				< 50		$\leq 80 \text{ km/h}$	N1 - N2	N2

RVM - Recomendaciones vigentes MIFO (OC 35/2014)

RGT - Recomendación del Grupo de Trabajo

(*) Estas recomendaciones solo tienen en cuenta la IMDp (apartado 3.1).

