

Las cunetas y taludes que perdonan



Forgiving slopes and ditches

Comité de Seguridad Vial

Asociación Técnica de Carreteras (ATC)

Francisco Manuel Baena Ureña

ICCyP. Director técnico de Infraestructuras lineales en VS INGENOVA.

Profesor asociado en la ETS de Ingeniería de la Universidad de Sevilla

Resumen

Las cunetas y taludes, como elementos constituyentes de las márgenes de las carreteras, son susceptibles de ser diseñados para paliar las consecuencias de las salidas de la calzada. La existencia de un terreno uniforme con inclinaciones suaves y sin obstáculos rígidos contiguo a la calzada, proporciona al conductor la oportunidad de recuperar el control de su vehículo y minimiza la probabilidad de que se produzca un vuelco. En principio, la mejor forma de prevenir estos accidentes consiste en evitar que los vehículos lleguen a salir sin control de la zona pavimentada. En cualquier caso, resulta inevitable que algunos vehículos salgan sin control de la calzada, por lo que el tratamiento de las márgenes de las carreteras, incluidas sus cunetas y taludes, para paliar, en la medida de lo posible, las consecuencias de estas salidas, sigue siendo un elemento fundamental de los programas de mejora de la seguridad de las infraestructuras viarias. En el artículo se expone la continuación a los primeros resultados de la actividad del Grupo de Trabajo Márgenes del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) en relación con los criterios de establecimiento de una zona de seguridad en las márgenes y con dos aspectos concretos del acondicionamiento de las mismas: las cunetas y taludes y el estado actual de la normalización y recomendaciones para su diseño a nivel nacional e internacional.

Abstract

As elements that belong to the roadsides, ditches and slopes can be redesigned to mitigate the consequences of vehicles running off the road. The existence of a uniform ground, with smooth surfaces and without rigid obstacles adjacent to the roadway, gives drivers the opportunity to control their vehicles and reduces the danger of overturning. Normally, the best way to prevent accidents is to avoid vehicles leaving the paved road without control. Inevitably, some drivers will lose control over their vehicles. Therefore, a right treatment of the roadsides, including ditches and slopes, is very important in order to mitigate the consequences of run-off-road accidents. This is a decisive factor for improving the safety of road infrastructures, wherever possible. This article includes the subsequent results to the initial works prepared by the Working Group on Road Edges of the Technical Committee on Road Safety, which belongs to the Technical Road Association (ATC). This work has been developed according to the criteria of establishing a safety zone on the roadsides and two specific aspects for upgrading road edges: ditches and slopes and the current state of standardization and recommendations for their design at national and international level.

Prólogo

Hace ya tiempo que apareció en el mundo tecnológico ingenieril el concepto de “forgiving roads” y también denominadas en terminología castellana “carreteras benignas o que perdonan”. Dentro de este concepto, un elemento fundamental lo constituye el tratamiento seguro de las márgenes y, claro está, dentro de éstas, las cunetas y los taludes. En el presente artículo se abordan estos elementos concretos desde un punto de vista de la seguridad vial.

Debe tenerse presente que las salidas de las vías son una de las tipologías de accidente más frecuente en nuestras carreteras. Aproximadamente un tercio de la accidentalidad mortal en las carreteras tiene lugar como consecuencia de la salida del vehículo de la calzada. Por ello de la importancia de disponer unas márgenes de las vías libres de obstáculos y elementos que puedan conllevar vuelcos o colisiones graves.

En los modernos diseños de carreteras ya se tienen en cuenta muchos de los principios de las forgiving roads y se implementan, de acuerdo con su viabilidad técnica-económica, medidas que eliminan o minoran las consecuencias de las salidas de la vía. Pero todavía queda por hacer, especialmente en las carreteras existentes, diseñadas y construidas hace muchos años con la técnica y bajo otros principios al uso en aquella época. Hay que tener presente que el conocimiento y técnica va evolucionando con el desarrollo de la humanidad y también van cambiando y evolucionando con el tiempo las demandas y prioridades de la sociedad en cuanto a la movilidad.... ¿Quién podría aventurar hace siglos que llegaríamos a una evolución del automóvil tal que no solo alcanzasen una gran velocidad sino que pronto podrán llegar a ser autónomos?..., y esto ya no nos parece actualmente una utopía, sino que estamos desarrollando y estableciendo protocolos para regular una circulación muy cercana de vehículos con un grado de automatización ya muy elevada.

Dentro del Comité de Seguridad Vial que presido se ha venido trabajan-

do sobre este concepto, sus principios y medidas y procedimientos para su implantación, para lo que se constituyó un grupo de trabajo que ha venido siendo coordinado por José M^a Pardillo desde sus inicios. Resultado de esta labor se han venido publicando diversos artículos en RUTAS.

La publicación del presente artículo es el colofón al trabajo realizado en este último periodo de actividad del Comité y en él, tras unas breves consideraciones sobre el surgimiento y concepto de las forgiving roadsides (márgenes que perdonan) pasa a abordar el tema de las cunetas y taludes de las márgenes. Se pasa revisión a la normativa y guías tanto nacional como internacional, haciendo una breve reseña a las investigaciones llevadas a cabo sobre las márgenes en el proyecto OASIS, para finalmente plantear unas recomendaciones a modo de conclusiones finales. Hay que tener presente que la disparidad en algunos casos entre las diferentes normas y estudios analizados deriva a la complejidad del tema y a cuestiones técnico-económicas que hacen que cada país lo regule de diferente modo, si bien siempre hay unos intervalos en los que situándose los parámetros correspondientes se está de acuerdo que son adecuados desde un punto de vista de la seguridad. Por ello, para cada caso concreto deben realizarse los análisis correspondientes para valorar un tratamiento u otro, dependiendo de cada situación y disponibilidad económica y del terreno suficiente.

Por último y como Presidente del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de la Carretera, quisiera expresar mi agradecimiento a todos los miembros que de alguna manera han participado y contribuido al trabajo desarrollado por el grupo anteriormente citado, y en especial al autor de este artículo por su esfuerzo y dedicación.

**Por Roberto Llamas Rubio,
Presidente del Comité Técnico
de Seguridad Vial de la Asociación
Técnica de Carreteras (ATC)**

1. Introducción

Al tiempo que a lo largo de estos últimos años ha ido disminuyendo el número de accidentes de determinadas tipologías, como por ejemplo las colisiones frontales, ha aumentado el número de accidentes de otros tipos, destacando los accidentes originados por salidas de la calzada, hasta el punto que estos constituyen el tipo de accidente más frecuente en España, suponiendo la tercera parte de todos los accidentes con víctimas que se producen en la red y aproximadamente un 30% de los accidentes mortales.

Clear zone o zona despejada, forgiving roadsides o márgenes que perdonan, son conceptos aparecidos en Estados Unidos en los años 60 tras las investigaciones desarrolladas por la “American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO” para accidentes por salida de vía (la tercera parte de los accidentes mortales en EE.UU. en esa época eran como consecuencia de salidas de la calzada). En este sentido, hay que destacar que los primeros estudios sobre espacios laterales en las carreteras fijaban una zona de despeje de 30 m desde el borde de la carretera, para velocidades entre 55 y 65 km/h, libre de cualquier tipo de obstáculo, siendo el resultado de los ensayos realizados por General Motors en Estados Unidos. Tales cifras se han reducido considerablemente en la actualidad, llegando a distancias de despeje entre 5 y 16 m en función de determinados parámetros influyentes. Ya originalmente en Estados Unidos, se bajó de los 30 m mencionados a 9 m desde el borde de la calzada para las autopistas. Actualmente, la elección de la anchura de esta “zona despejada” depende de la velocidad, tipo de margen desmonte/terraplén, pendiente transversal y la IMD. Por ejemplo, para carreteras locales se suelen usar unas anchuras mínimas de la zona despejada de 2,1 m a 3 m en secciones sin bordillo. Aunque tales valores son orientativos y las diver-



Zona despejada en autovía



Cuneta de seguridad en mediana



Cuneta de seguridad en mediana

sas guías de diseño indican que el responsable del proyecto es el que debe estudiar las condiciones particulares del diseño y adoptar una anchura determinada en función de las mismas.

Aunque los errores de los conductores expliquen la gran mayoría de los accidentes de la circulación, no se debe creer que los proyectistas y responsables de las actuaciones sobre la infraestructura existente tienen poco que hacer en el campo de la seguridad. Un buen proyecto, que incorpore unos conceptos de seguridad, no sólo puede ayudar a los usuarios a evitar esos errores, sino que puede mitigar sus consecuencias en el caso de que se produzcan. En esta línea se encuadra, entre otras medidas, la disposición de unas márgenes indulgentes, sin obstáculos ni desniveles bruscos. Actualmente parece que la Sociedad está cada vez más sensibilizada y demanda la mejora de los estándares de seguridad en este sentido.

En Estados Unidos, la AASHTO publicó por primera vez en el año 1988 la Guía de proyecto de las márgenes de la carretera (*Roadside Design Guide*), siendo su última versión la publicada en 2011, con correcciones en 2012 y 2015.

En Europa, por parte de la Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR, Noviembre 2012), también se ha desarrollado una guía (*Forgiving Roadside Design Guide*) para la implantación de elementos de seguridad en las márgenes de las carreteras.

Igualmente, en Australia y Nueva Zelanda también disponen de guías para el diseño de márgenes de carreteras (*Guide to Road design, Part 6: Roadside design, safety and barriers, 2009-2011*).

En Latinoamérica, con un fuerte desarrollo de sus carreteras en los últimos años, las normas y guías de diseño, en general, suelen basarse en la normativa de Estados Unidos.

Tanto las cunetas como los taludes se presentan en las márgenes de las carreteras y como tales elementos continuos de riesgo, pueden provocar o aumentar los efectos en los accidentes por salida de vía.



Zona despejada en desmonte

Las cunetas, salvo que tengan un diseño de “seguridad”, pueden provocar el vuelco de los vehículos que se salen de la calzada hacia las mismas.

Los taludes de desmonte y terraplén tienen relación con la posibilidad de recuperación del control del vehículo tras una salida de calzada.

En lo que sigue, se pretende recoger varias consideraciones y datos de la normativa y tendencias actuales para el diseño de márgenes de carreteras, fundamentalmente centrándose en cunetas y taludes.

2. La normativa en España

Para hacer un repaso de lo que se indica en la normativa española en cuanto a cunetas y taludes, se han consultado la Instrucción 5.2 IC de Drenaje (anterior [1] y actual [2]), la Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de aplicación de los sistemas de contención de vehículos [3], la Guía de Nudos Viarios [4] y la nueva Norma de Trazado 3.1-IC [6].

Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial, julio 1990

La Instrucción 5.2-IC anterior indicaba que donde se dispusiera una cuneta sin barrera de seguridad, su sección transversal debería tener en cuenta la seguridad de los vehículos que la pudieran atravesar. Según el apartado 3.6.3 se denominaba cuneta de seguridad a la siguiente:

Esta norma consideraba franqueamiento seguro de la cuneta para los vehículos que se salgan de la plataforma cuando la cuneta tuviera unos taludes cuya inclinación fuese

inferior a $1/6$ y sus aristas estuvieran redondeadas con un radio mínimo de 10 m. En caso de no poder adoptar estos parámetros habría que acudir al gráfico que se adjunta a continuación.

En cuanto a los arcenes, la norma indica que podrían tener igual o mayor pendiente transversal que la parte contigua de la calzada, donde esta vierta hacia el exterior; donde esta vierta hacia el interior, el arcén debería ser prolongación de ella.

Respecto a la berma, esta norma indica que deberían verter hacia el exterior de la plataforma y su pendiente transversal no debería rebasar $1/6$, redondeándose sus aristas con un radio mínimo de 10 m.

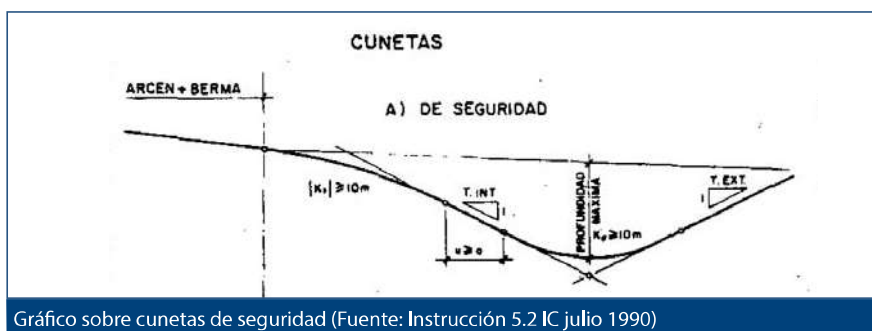


Gráfico sobre cunetas de seguridad (Fuente: Instrucción 5.2 IC julio 1990)

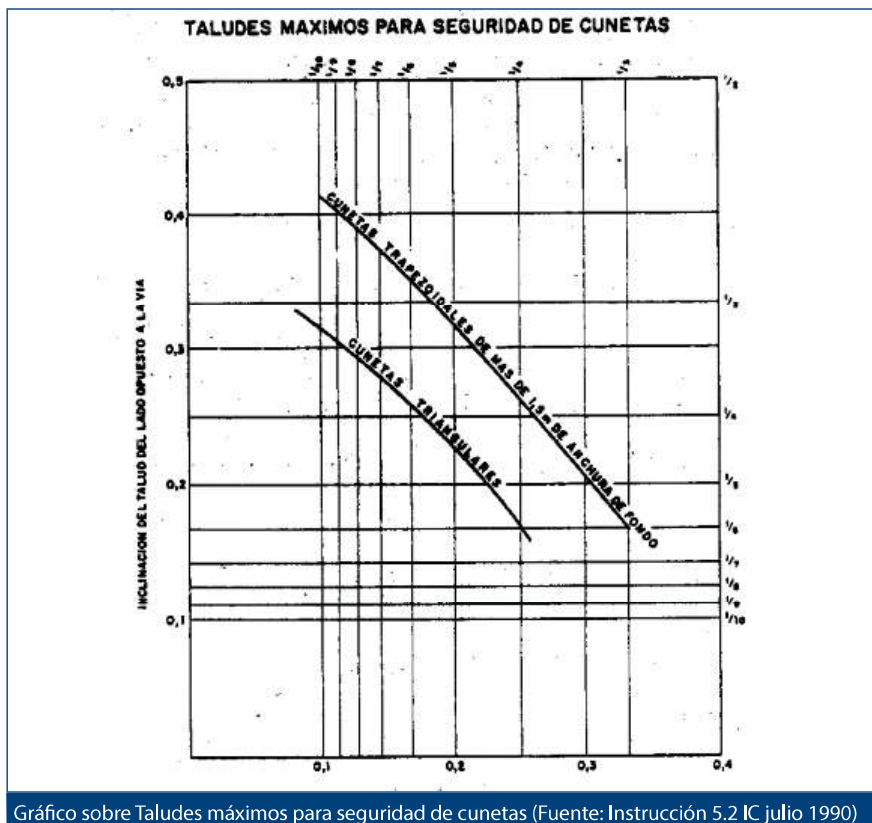


Gráfico sobre Taludes máximos para seguridad de cunetas (Fuente: Instrucción 5.2 IC julio 1990)



Cuneta y taludes "no seguros"

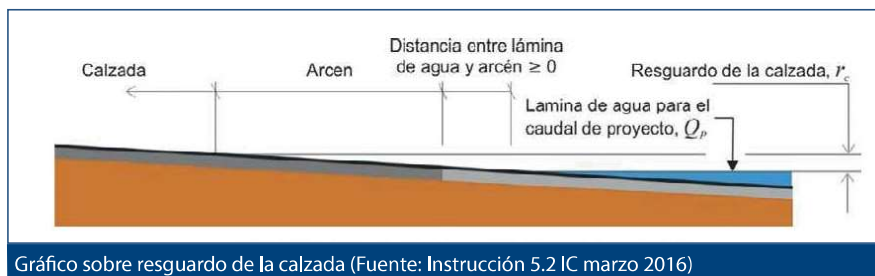


Gráfico sobre resguardo de la calzada (Fuente: Instrucción 5.2 IC marzo 2016)

Las cunetas reducidas solo podrían emplearse en terreno accidentado, y deberían siempre cubrirse o protegerse con barreras de seguridad.

Según el gráfico, para cunetas triangulares habría que disponer taludes 1/5 para estar dentro de la zona considerada de seguridad. Para el caso de cunetas trapeziales con base mayor de 1,5 m, taludes 1/4 quedarían ya dentro de la zona de seguridad.

Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial, marzo 2016

Según indica la propia Orden FOM/298/2016 por la que se aprueba la nueva Norma 5.2-IC, el capítulo de drenaje de la plataforma y márgenes recoge la experiencia acumulada en estos años.

Analizando la misma se encuentran diversos apartados relaciona-

dos directamente con la seguridad vial y que a continuación desarrollamos con mayor detalle.

El resguardo de la calzada deberá ser superior o igual a 5 cm, o asegurar que la lámina de agua no alcanza el arcén.

Con la finalidad de evitar que se formen láminas de agua que alcancen la calzada y tratando de limitar el tiempo de recorrido del agua sobre la calzada, se indica la posibilidad de disponer hendiduras transversales o esviadas en la superficie del pavimento.

En medianas, se indica que los elementos de drenaje a disponer deben estar acordes con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos. Como criterio general, cuando la anchura lo permita, se dispondrá una cuneta revestida, de sección triangular, con taludes iguales o más tendidos que el 6H/1V.

En desmontes, se indica que los elementos de drenaje a disponer deben estar acordes con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos. Como criterio general, cuando la anchura lo permita, se dispondrá una cuneta revestida, con taludes iguales o más tendidos que los que resultan de la aplicación del diagrama siguiente:

Según el gráfico, para cunetas triangulares habría que disponer taludes 1/5 para estar dentro de

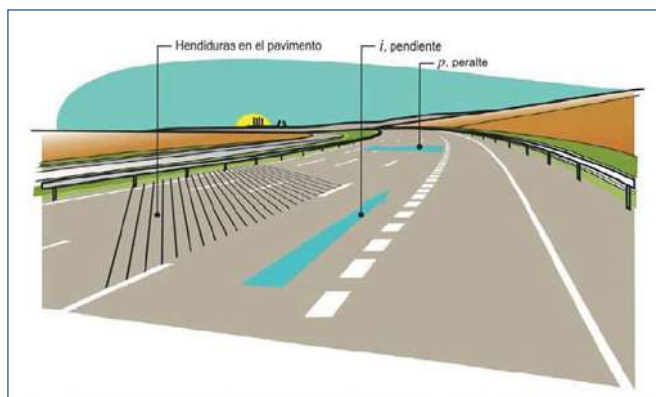


Gráfico sobre resguardo de la calzada (Fuente: Instrucción 5.2 IC marzo 2016)

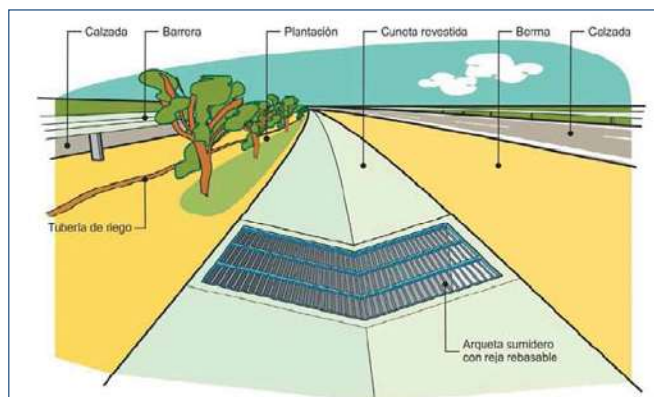
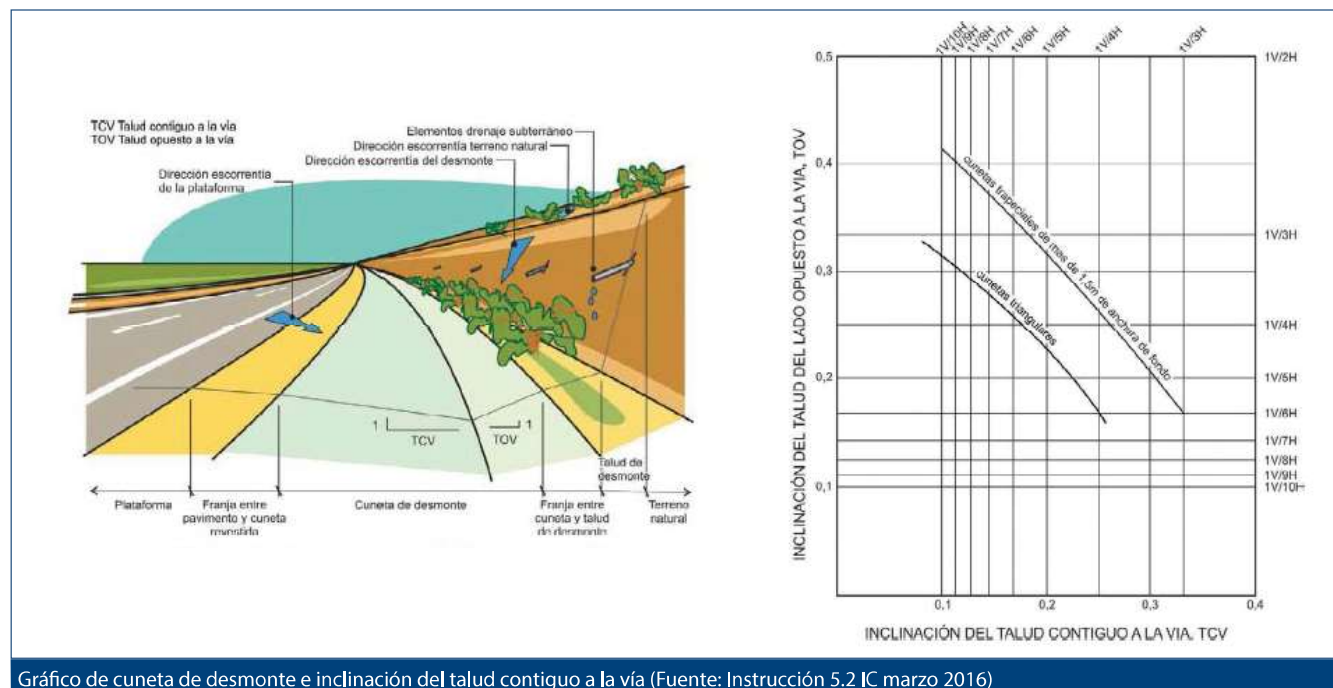


Gráfico de hendiduras en el pavimento (Fuente: Instrucción 5.2 IC marzo 2016)



la zona considerada de seguridad. Para el caso de cunetas trapezoidales con base mayor de 1,5 m, taludes 1/4 ya quedarían dentro de la zona de seguridad. Idéntico gráfico al que incluía la normativa anterior.

La nueva norma de drenaje trae consigo un aumento en el grado de seguridad frente a las acciones del agua muy importante, el cual se puede observar en aspectos muy diversos como los resguardos del nivel de agua hacia la calzada, disposición de los caces de borde de plataforma en rellenos, criterios de revestimiento de cunetas, resguardo en los tableros de puentes, resguardo en los rellenos, etc. Sin embargo, en el tema de taludes y configuración de cunetas, así como en general en todos los elementos del sistema de drenaje en medianas, desmontes y rellenos, la nueva norma se ampara en "... debe resultar acorde con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos.", aunque propiamente la nueva norma en temas de taludes de cunetas de desmonte sigue manteniendo el mismo gráfico de la norma anterior.

Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.

La Orden Circular 35/2014 incluye un anejo de recomendaciones a modo de guía para los técnicos de carreteras en sustitución de toda la normativa anterior, para el proyecto y la puesta en obra de los sistemas de contención de vehículos en las carreteras de la Red del Estado.

Según tales recomendaciones, en cuanto a cunetas y taludes, se consideran elementos o situaciones potenciales de riesgo, al menos, las siguientes:

- Las cunetas que no estén suficientemente tendidas. Se podrá considerar que una cuneta es suficientemente tendida si la relación H:V de los taludes es superior o igual a 6:1 y sus aristas están suavizadas.
- Los desmontes cuyos taludes (H:V) sean inferiores al 3:1, si los cambios de inclinación transversal no se han suavizado, o al 2:1, si están suavizados.
- Los terraplenes de altura superior a 3 m y aquellos de altura inferior pero cuyos taludes (H:V) sean inferiores al 5:1, si los cambios de inclinación transversal no se han suavizado, o al 3:1, si lo están.



Cuneta y talud de desmonte protegidos con barrera de seguridad

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE ALINEACIÓN	TALUD ⁽¹⁾ TRANSVERSAL DEL MARGEN ⁽²⁾ Horizontal:Vertical	RIESGO DE ACCIDENTE	
			GRAVE O MUY GRAVE	NORMAL
CARRETERAS DE CALZADA ÚNICA	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	7,5	4,5
		8:1 a 5:1	9	6
		< 5:1	12	8
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
		< 5:1	16	14
CARRETERAS CON CALZADAS SEPARADAS	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	10	6
		8:1 a 5:1	12	8
		< 5:1	14	10
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
		< 5:1	16	14

⁽¹⁾: en todo el texto de estas recomendaciones los taludes transversales del margen se expresan mediante la relación "horizontal:vertical".
⁽²⁾: entre el borde exterior de la marca vial y el obstáculo o desnivel. Los valores indicados corresponden a una pendiente transversal, es decir, donde la cota del margen disminuya al alejarse de la calzada; para el caso opuesto (rampa transversal) se emplearán los límites dados para un talud transversal > 8:1. La rampa transversal podrá incluir una cuneta, siempre que sus taludes sean más tendidos que 5:1. En todo caso los cambios de inclinación transversal se suavizarán, particularmente para valores < 5:1.

Cuadro sobre distancia a obstáculo o desnivel (Fuente: OC 35/2014)

Sin embargo, no se indica en las recomendaciones qué criterios hay que atender para considerar "suavizados" los cambios de inclinación.

Tales situaciones potenciales de riesgo en cuanto a cunetas y taludes, se consideran "riesgo de accidente normal" para velocidad de proyecto superior a 80 km/h.

En cuanto a los taludes transversales del margen en medianas, las inclinaciones varían entre >8:1 y <5:1 en función de la distancia de la marca vial al obstáculo o desnivel.

Se indica asimismo que para el caso de rampa transversal (donde la cota del margen aumente al alejarse de la calzada), podrá incluir una cuneta siempre que sus taludes sean más tendidos que 5:1. En todo caso los cambios de inclinación transversal se suavizarán, particularmente para valores <5:1.

Cuadro sobre distancia a obstáculo o desnivel (Fuente: OC 35/2014)

Del cuadro anterior se deduce que la zona despejada en España, como distancia a un obstáculo o desnivel, varía entre 4,5 m y 16 m.



Obstáculos en la margen de la carretera

Orden Circular 32/2012 Guía de nudos viarios

Según esta Guía, se recomienda que la inclinación transversal de una zona de seguridad no sea superior a 4H/1V. En un talud de inclinación 3H/1V, es difícil que un conductor recupere el control de su vehículo sobre todo si en él hay obstáculos o desniveles, aunque sean pequeños. También se recomienda desplazar fuera de la zona las dotaciones viarias, a no ser que sus características no revistan peligro, como los hitos de arista.

En cuanto a las cunetas, se indica que deben ser amplias, con cajeros de inclinación reducida y poca profundidad, de manera que un vehículo que las atraviese no vuelque ni decelere bruscamente. En caso contrario, se debería considerar:

- Su desplazamiento fuera de la zona de seguridad.
- La construcción de un sistema de desagüe subterráneo, como el representado por un caz provisto de un sumidero continuo, que desagua a un colector situado bajo él.

Nueva Norma de Trazado 3.1-IC

En cuanto a desmontes, rellenos, cunetas y otros elementos, la nueva Norma de Trazado indica en su apartado 7.3.6 que para el proyecto de las secciones tipo se tendrán en cuenta los desmontes, rellenos, cunetas, barreras, etc., sin que se indique nada al respecto de inclinaciones de taludes y anchuras de despeje.

Por otra parte, la Norma también habla de obstáculos en las márgenes de la carretera, en su apartado 7.6, principalmente enfocado hacia la visibilidad. No obstante, simplemente indica que se realizará un análisis de aquellos obstáculos que puedan suponer un riesgo de accidente en caso de colisión contra los mismos, por salida del vehículo de la plataforma, llegando a considerar posibles obstáculos hasta una distancia de 20 m desde el borde de la calzada.

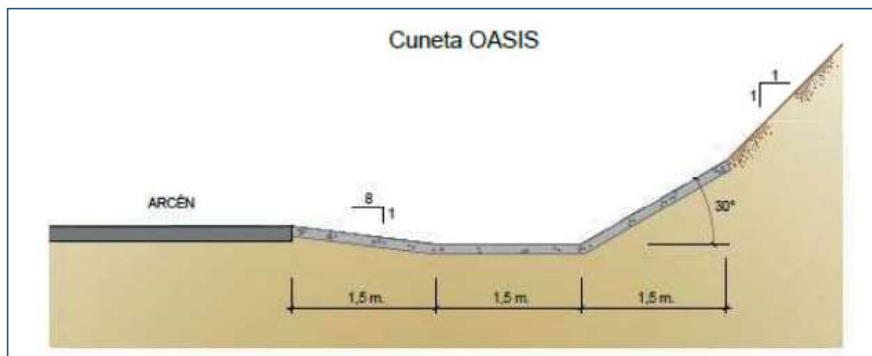
3. Investigaciones sobre márgenes de desmonte y terraplén en el proyecto oasis

Con el objetivo de abordar el diseño de la autopista del futuro (aquella que en su operación presentará niveles diferencialmente superiores de seguridad, servicio al usuario y sostenibilidad), algunas empresas y grupos de investigación del sector (un total de 16 empresas y 16 universidades y grupos de investigación), desarrollaron hace unos años (2008-2011) el proyecto de I+D+i OASIS (Operación de Autopistas Seguras, Inteligentes y Sostenibles), seleccionado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial CDTI y financiado dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011.

El proyecto, desde una perspectiva global, pretendía alcanzar niveles de seguridad, servicio al usuario y sostenibilidad muy superiores a los del momento, teniendo en cuenta las diferentes fases del ciclo de vida de una autopista: planificación, diseño, construcción, explotación y deconstrucción, aunque prestando especial atención a la fase de explotación por su mayor peso.

La reducción de la siniestralidad en las autopistas, uno de los objetivos fundamentales del proyecto, se lograría combinando aspectos revolucionarios en seguridad pasiva, como la mejora de las secciones de la calzada o la reducción de los obstáculos en las márgenes de la vía, con las últimas tecnologías al servicio de la prevención de accidentes o reducción de tiempos en la atención de los mismos (Mijangos et al, 2013 [7]).

Para poder hacer todo esto posible, se está llevando a cabo una profunda revisión del marco normativo, así como la definición de un conjunto de indicadores que se ajustaran más a la realidad del funcionamiento de las autopistas y recogiesen las innovaciones que habían sido obtenidas como fruto de la investigación realizada en el proyecto.



Croquis de la cuneta OASIS (Fuente: VI Congreso nacional de seguridad vial mayo 2013)



Lechos de frenado proyecto OASIS (Fuente: Mijangos et al., 2013)

Los ensayos realizados en el proyecto OASIS, en cuanto a salidas de vía hacia cunetas en desmonte, dieron lugar a la definición de una cuneta cuyos resultados de ensayos frente a salidas de vía fueron satisfactorios, evitando el vuelco de los vehículos que acceden a ella de forma descontrolada, permitiendo además la reconducción del vehículo descontrolado antes de su vuelta a la calzada.

Croquis de la cuneta OASIS (Fuente: Mijangos et al., 2013)

En cuanto a márgenes en terraplén, el proyecto ensayó medidas como lechos de frenado laterales con arena y trozos reciclados de neumáticos, aunque los resultados no fueron concluyentes ni a nivel de diseño del lecho ni desde el punto de vista de la seguridad en las salidas hacia el mismo.

4. Guía Europea

La Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR) publicó en noviembre de 2012 una guía [8] para los profesionales dedicados a la seguridad vial, sobre las mejores prácticas para el diseño de márgenes de carreteras, partiendo de una visión general del estado de la técnica y una descripción detallada de los estudios realizados con el fin de evaluar la efectividad de diferentes tratamientos recomendados.

Tanto las cunetas como los taludes se presentan en las márgenes de las carreteras y como tales elementos continuos de riesgo, pueden provocar o aumentar los efectos en los accidentes por salida de vía.

La peligrosidad de un talud, ya sea de terraplén o desmonte, depende principalmente de su altura, su pendiente y la distancia al borde de la calzada.

El estudio europeo del CEDR se ha basado en diversos estudios e investigaciones internacionales, y aunque no desarrolla el tema de taludes y cunetas, sí que da una visión global del mismo. Se resumen a continuación algunas de las indicaciones incluidas.

De acuerdo con el estudio "European Best Practice for Roadside Design Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads" [9], taludes de terraplén o taludes de cunetas H/V 1:4 o mayores, se consideran como taludes por los que un vehículo proveniente de salida de calzada es recuperable. Pendientes



Figure 4.21. Recoverable ditch shapes: 1:4 fore slope, rounded bottom and 1:2 back slope. (Photo, HUT)



Figure 4.22. Recoverable fill slope; bottom of the ditch is rounded, no hazardous obstacles in fill slope. (Photo, HUT)

Cunetas y taludes de desmorte (Fuente: European Best Practice for Roadside Design Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads)

entre 1:3 y 1:4 se consideran no recuperables aunque podrían ser rebasables. Pendientes por debajo de 1:3 se

consideran críticas y por tanto con un alto riesgo de provocar el vuelco del vehículo.

En este sentido, las recomendaciones de este estudio para taludes de terraplén o taludes iniciales de cunetas son:

Para carreteras con una baja intensidad de tráfico, diseñadas para 70 km/h o menos:

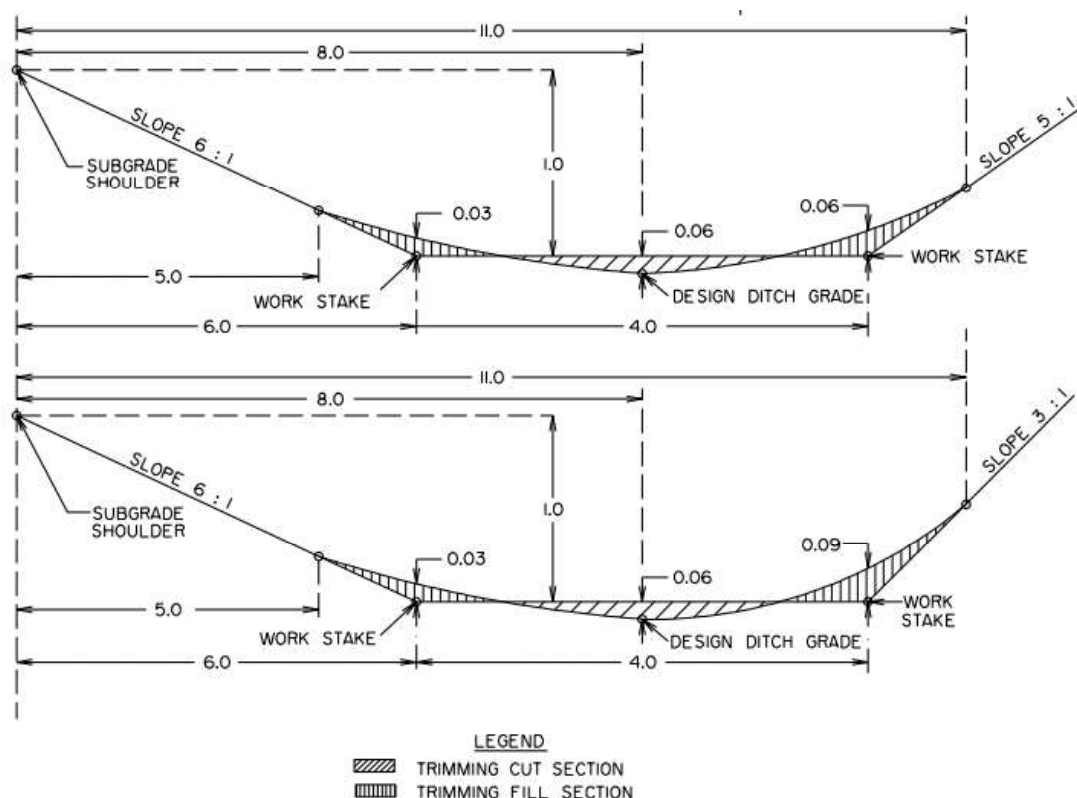
- Altura del talud < 3 m: pendiente 1:3 o menor.
- Altura del talud ≥ 3 m: pendientes de 1:3 o mayor podrían usarse con protección.

Carreteras de alta intensidad de tráfico:

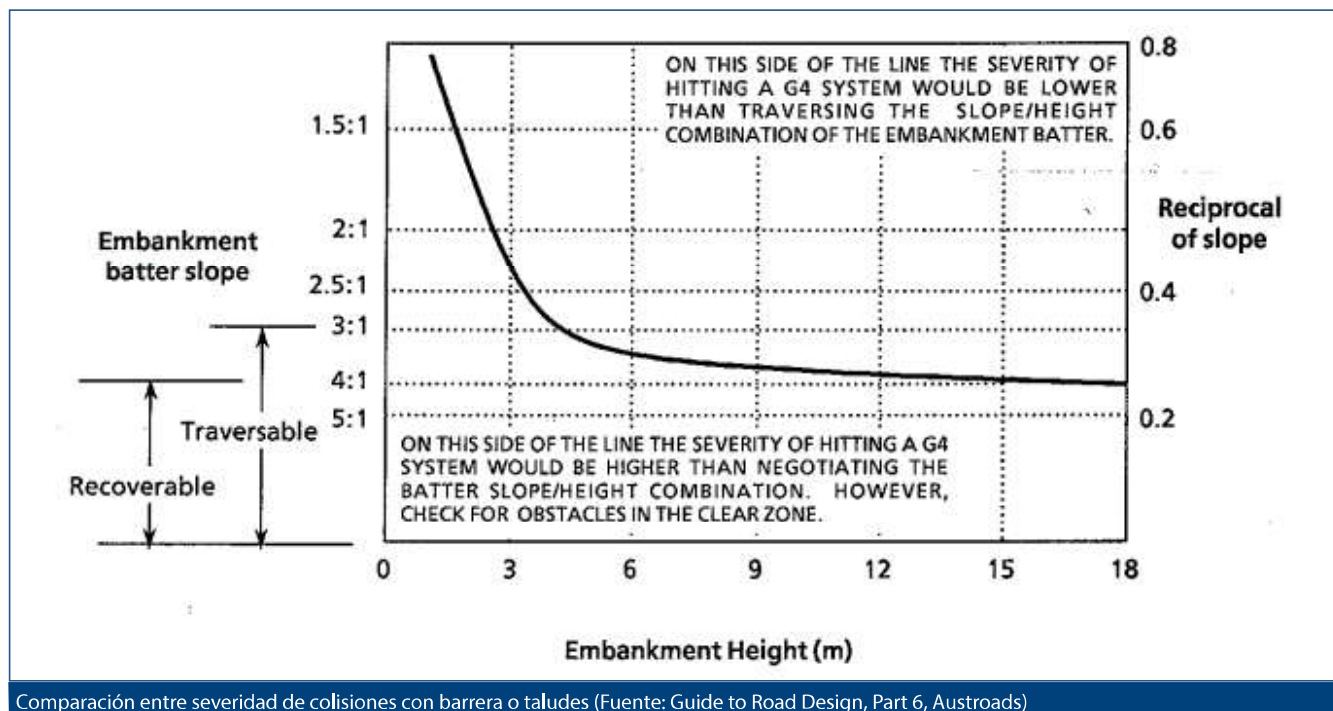
- Altura del talud < 3 m: pendiente 1:4 con aristas redondeadas.
- Altura del talud ≥ 3 m: pendientes de 1:3 o mayor podrían usarse con protección.

En cuanto a las cunetas y taludes de desmorte:

- Para cunetas se llegó a la conclusión de que lo más apropiado resultaba un talud inicial de 1:4, base redondeada de 1 m de anchura y talud final 1:2.
- Para los casos en los que se necesite una cuneta profunda, se reco-



Diseño de Cunetas (Fuente: Highway Geometric Design Guide Alberta Infrastructure)



Comparación entre severidad de colisiones con barrera o taludes (Fuente: Guide to Road Design, Part 6, Austroads)

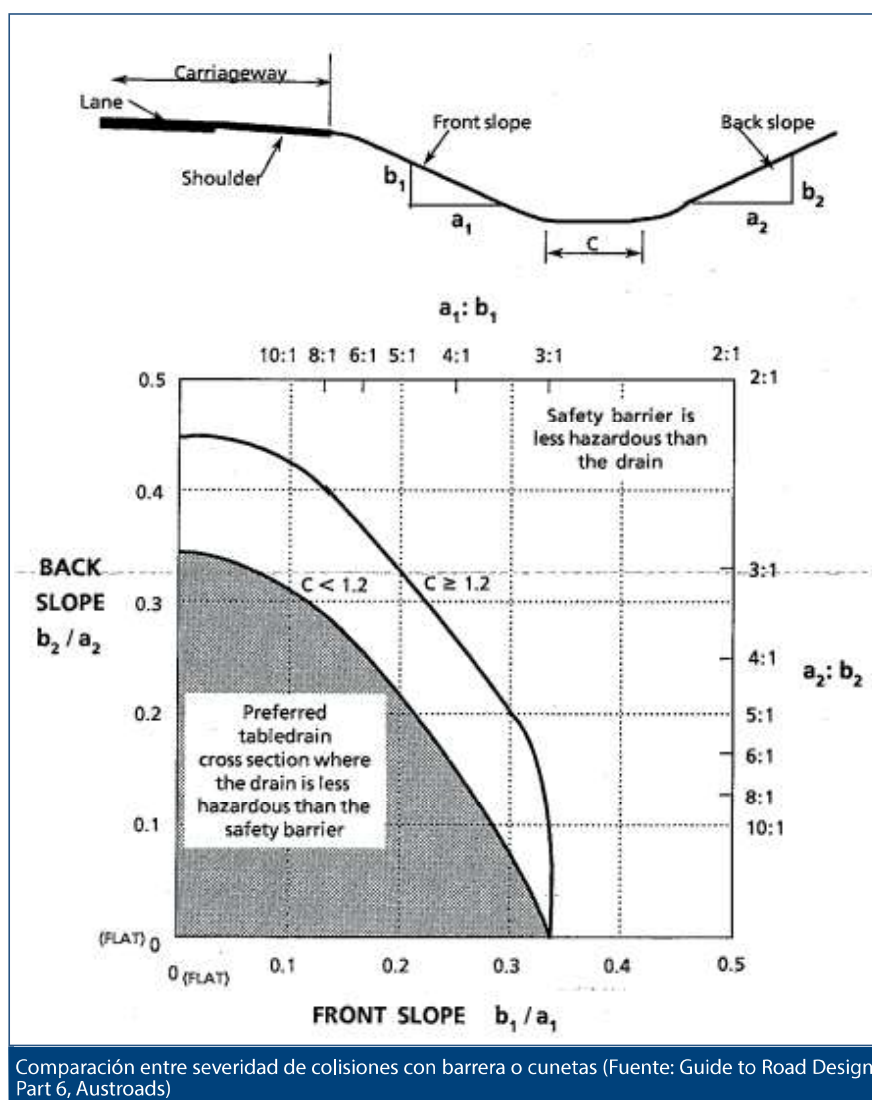
mienda el estudio de sistemas de drenaje cubiertos.

En este sentido, las recomendaciones de este estudio para cunetas y taludes de desmonte son:

- Carreteras de alta intensidad de tráfico, si el área posterior permite un diseño rebasable, entonces pendiente inicial 1:4 o más tendida, anchura de la parte inferior 1 m o más ancha, talud final 1:2 o más tendido.
- Para carreteras con una baja intensidad de tráfico, diseñadas para 70 km/h o menos, se pueden considerar cunetas en V con talud inicial 1:3 y talud final 1:2.

Según los estudios del *Insurance Institute for Highway Safety IIHS* y *Highway Loss Data Institute HLDI* (<http://www.iihs.org/>), más de la tercera parte de los accidentes mortales que se producen por colisiones con taludes se deben al vuelco del vehículo, que a su vez está directa y especialmente relacionado con la pendiente del talud.

En cuanto a cunetas y de acuerdo con un amplio abanico de estudios consultados, se consideran peligrosas aquellas cunetas con profundidad mayor de 1 m o inclinaciones de taludes más inclinadas del 1:4, y por tanto deben ser tratadas de alguna u otra forma.



Comparación entre severidad de colisiones con barrera o cunetas (Fuente: Guide to Road Design, Part 6, Austroads)

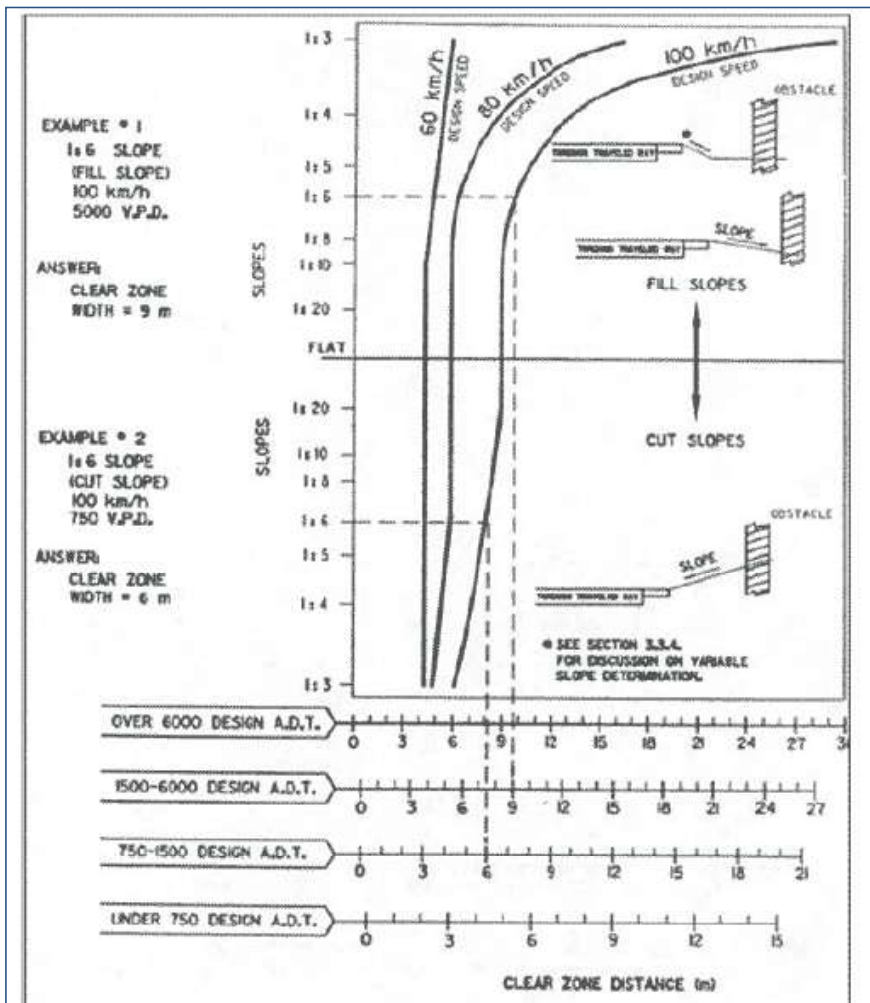


Gráfico para determinación de la anchura del área despejada (Fuente: Roadside Design Guide, AAHTO 2011)

Según los estudios del "Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation" en Canadá [10] (una de las referencias bibliográficas consultadas por la CEDR), se confirman los parámetros anteriormente expuestos, considerando taludes 1:4 o más tendidos como taludes deseables al reducir considerablemente la peligrosidad de la colisión contra ellos y las posibilidades de vuelco del vehículo en su salida hacia la cuneta.

5. Guía en Oceanía

En Australia y Nueva Zelanda, si nos fijamos en la parte 6 del Manual de Diseño de Carreteras, la que se refiere a las márgenes (Guide to Road Design, part 6: Roadside Design, Safety and Barriers; Austroads 2010) [11], se indican diversas opciones de diseño que no requieren de la disposición de barreras de seguridad.

Concretamente para los taludes se muestra una tabla que divide la severidad de una colisión contra un sistema de barreras de seguridad y la severidad de salida de vía hacia un talud sin barreras.

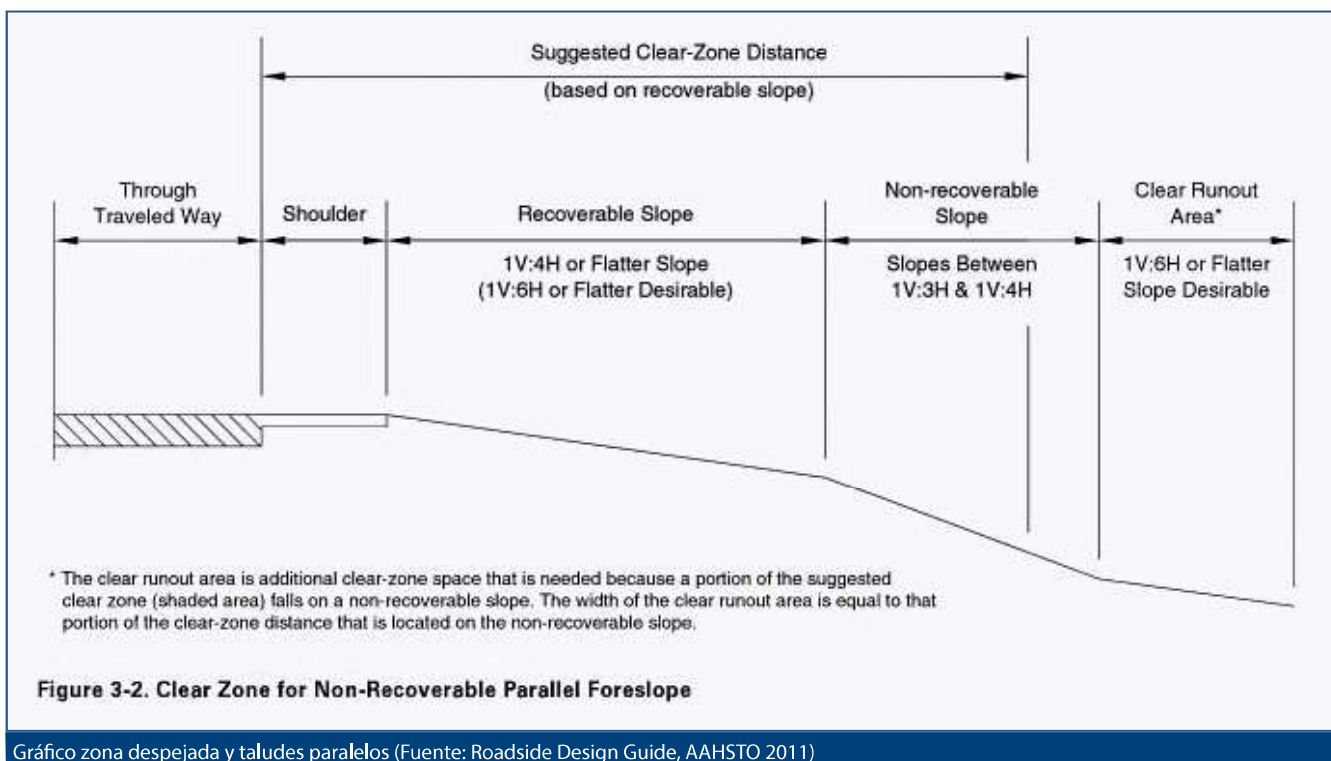


Gráfico zona despejada y taludes paralelos (Fuente: Roadside Design Guide, AAHTO 2011)

Table 3-1. Suggested Clear-Zone Distances in Meters (Feet) from Edge of Through Traveled Lane (6)

Design Speed (km/h)	Design ADT	Metric Units					
		Foreslopes			Backslopes		
		1V:6H or flatter	1V:5H to 1V:4H	1V:3H	1V:3H	1V:5H to 1V:4H	1V:6H or flatter
≤60	UNDER 750 ^a	2.0-3.0	2.0-3.0	≥	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0
	750-1500	3.0-3.5	3.5-4.5	≥	3.0-3.5	3.0-3.5	3.0-3.5
	1500-6000	3.5-4.5	4.5-5.0	≥	3.5-4.5	3.5-4.5	3.5-4.5
	OVER 6000	4.5-5.0	5.0-5.5	≥	4.5-5.0	4.5-5.0	4.5-5.0
70-80	UNDER 750 ^a	3.0-3.5	3.5-4.5	≥	2.5-3.0	2.5-3.0	3.0-3.5
	750-1500	4.5-5.0	5.0-6.0	≥	3.0-3.5	3.5-4.5	4.5-5.0
	1500-6000	5.0-5.5	6.0-8.0	≥	3.5-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5
	OVER 6000	6.0-6.5	7.5-8.5	≥	4.5-5.0	5.5-6.0	6.0-6.5
90	UNDER 750 ^a	3.5-4.5	4.5-5.5	≥	2.5-3.0	3.0-3.5	3.0-3.5
	750-1500	5.0-5.5	6.0-7.5	≥	3.0-3.5	4.5-5.0	5.0-5.5
	1500-6000	6.0-6.5	7.5-9.0	≥	4.5-5.0	5.0-5.5	6.0-6.5
	OVER 6000	6.5-7.5	8.0-10.0 ^a	≥	5.0-5.5	6.0-6.5	6.5-7.5
100	UNDER 750 ^a	5.0-5.5	6.0-7.5	≥	3.0-3.5	3.5-4.5	4.5-5.0
	750-1500	6.0-7.5	8.0-10.0 ^a	≥	3.5-4.5	5.0-5.5	6.0-6.5
	1500-6000	8.0-9.0	10.0-12.0 ^a	≥	4.5-5.5	5.5-6.5	7.5-8.0
	OVER 6000	9.0-10.0 ^a	11.0-13.5 ^a	≥	6.0-6.5	7.5-8.0	8.0-8.5
110 ^a	UNDER 750 ^a	5.5-6.0	6.0-8.0	≥	3.0-3.5	4.5-5.0	4.5-5.0
	750-1500	7.5-8.0	8.5-11.0 ^a	≥	3.5-5.0	5.5-6.0	6.0-6.5
	1500-6000	8.5-10.0 ^a	10.5-13.0 ^a	≥	5.0-6.0	6.5-7.5	8.0-8.5
	OVER 6000	9.0-10.5 ^a	11.5-14.0 ^a	≥	6.5-7.5	8.0-9.0	8.5-9.0

Notes:

- a) When a site-specific investigation indicates a high probability of continuing crashes or when such occurrences are indicated by crash history, the designer may provide clear-zone distances greater than the clear zone shown in Table 3-1. Clear zones may be limited to 30 ft for practicality and to provide a consistent roadway template if previous experience with similar projects or designs indicates satisfactory performance.
- b) Because recovery is less likely on the unshielded, traversable 1V:3H fill slopes, fixed objects should not be present in the vicinity of the toe of these slopes. Recovery of high-speed vehicles that encroach beyond the edge of the shoulder may be expected to occur beyond the toe of slope. Determination of the width of the recovery area at the toe of slope should consider right-of-way availability, environmental concerns, economic factors, safety needs, and crash histories. Also, the distance between the edge of the through traveled lane and the beginning of the 1V:3H slope should influence the recovery area provided at the toe of slope. While the application may be limited by several factors, the foreslope parameters that may enter into determining a maximum desirable recovery area are illustrated in Figure 3-2. A 10-ft recovery area at the toe of slope should be provided for all traversable, non recoverable fill slopes.
- c) For roadways with low volumes it may not be practical to apply even the minimum values found in Table 3-1. Refer to Chapter 12 for additional considerations for low volume roadways and Chapter 10 for additional guidance for urban applications.
- d) When design speeds are greater than the values provided, the designer may provide clear-zone distances greater than those shown in Table 3-1.

Tabla para determinación de la anchura del área despejada (Fuente: Roadside Design Guide)

Se puede observar que se consideran críticos no traspasables los taludes 1:3 o más inclinados. Hasta 1:3 se consideran traspasables y a partir de 1:4 se consideran traspasables y recuperables.

Igualmente para las cunetas se muestra una tabla que divide la severidad de una colisión contra un sistema de barreras y la severidad de salida de vía hacia la cuneta.

Se puede observar que varía en función de la base de la cuneta. Si la base de la cuneta es igual o superior a 1,2 m se permiten pendientes

mayores en los taludes de la cuneta. Para bases inferiores a 1,2 m, aproximadamente a partir de taludes 3:1 se considera preferible o menos peligroso la colisión con la cuneta que con la barrera.

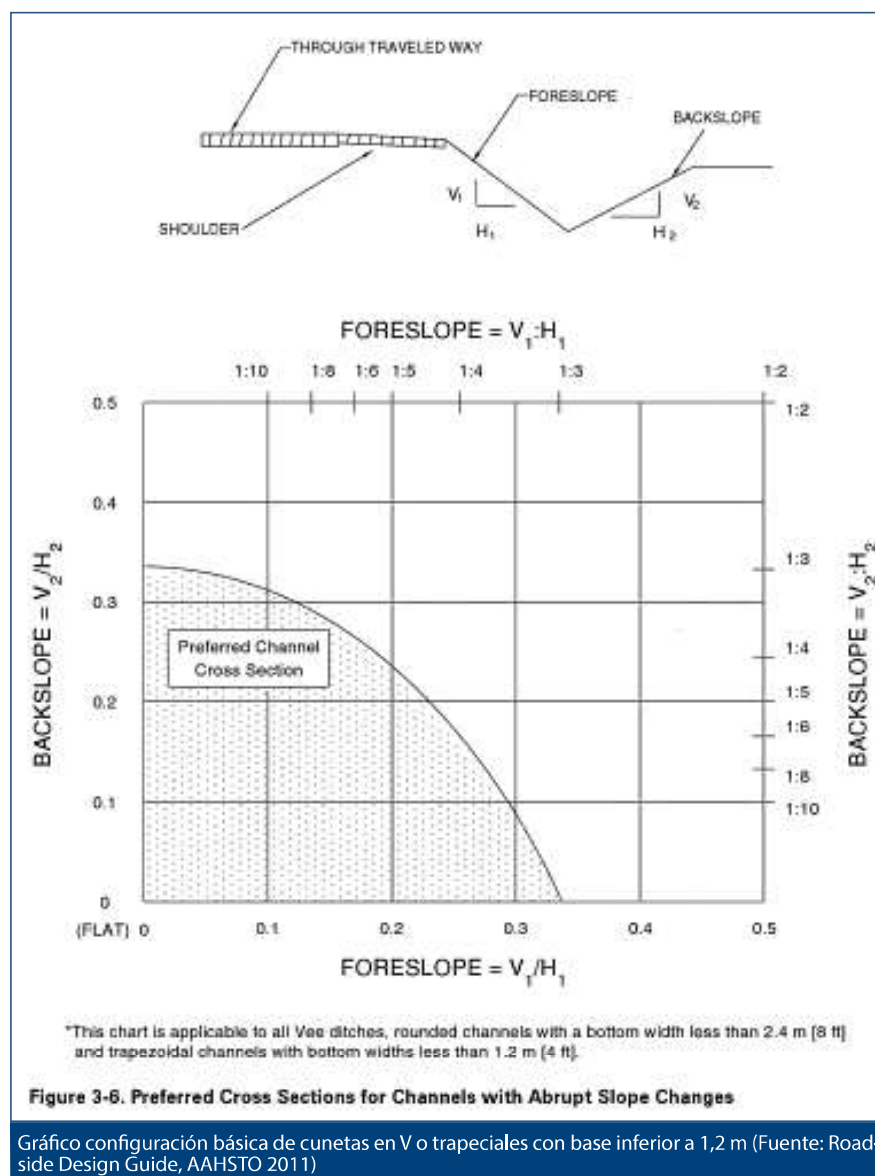
6. Guía en Estados Unidos

La Guía de Diseño de Márgenes (Roadside Design Guide AASHTO 4th Edition 2011) [12] es la referencia en Estados Unidos para el diseño de márgenes de sus carreteras. Gran parte de las publicaciones mundiales al res-

pecto se basan en esta como modelo de referencia.

Aunque el área despejada depende de diversos factores como la velocidad de proyecto, tipo de talud y pendiente, y la IMD, en resumen, para taludes paralelos a la carretera se consideran:

- Talud traspasable y recuperable, 4:1 o más tendido.
- Talud traspasable pero no recuperable, entre 4:1 y 3:1.
- Talud crítico no traspasable, más pendiente del 3:1.



Originalmente se consideró que una anchura de 30 pies (9 m aproximadamente) para el área despejada (clear zone), permitía al 80% de los vehículos descontrolados volver a la vía. Actualmente, la distancia de área despejada va variando en función de los parámetros mencionados, disminuyendo para carreteras de baja velocidad y baja intensidad de tráfico, hasta el punto que para velocidades por debajo de 60 km/h e intensidades IMD por debajo de 750 veh/día consideran que la inclinación de los taludes no es un factor crítico para su consideración.

Fuera del área preferente de diseño que se puede observar en los gráficos de cunetas, se recomienda redise-

ñar el sistema para evitar la necesidad de protegerlo o disponer barreras de seguridad para su protección, considerando que la cuneta se encuentra dentro del área vulnerable.

Como conclusión, se puede observar en los gráficos que para taludes iniciales más tendidos se permiten taludes finales más inclinados, y viceversa. Asimismo, para un mismo talud inicial, la cuneta trapecial con base superior a 1,2 m permite un talud final más inclinado que la cuneta en V o trapecial con base inferior a 1,2 m.

Asimismo, la guía recomienda siempre el redondeo de las uniones entre diferentes inclinaciones de taludes, aun cuando estos sean considerados recuperables. Para taludes

traspasables pero no recuperables, la guía recomienda que exista un área libre de obstáculos más allá del pie del talud traspasable pero no recuperable. Para taludes considerados críticos, la guía recomienda el estudio de su protección con barreras de seguridad.

7. Conclusiones

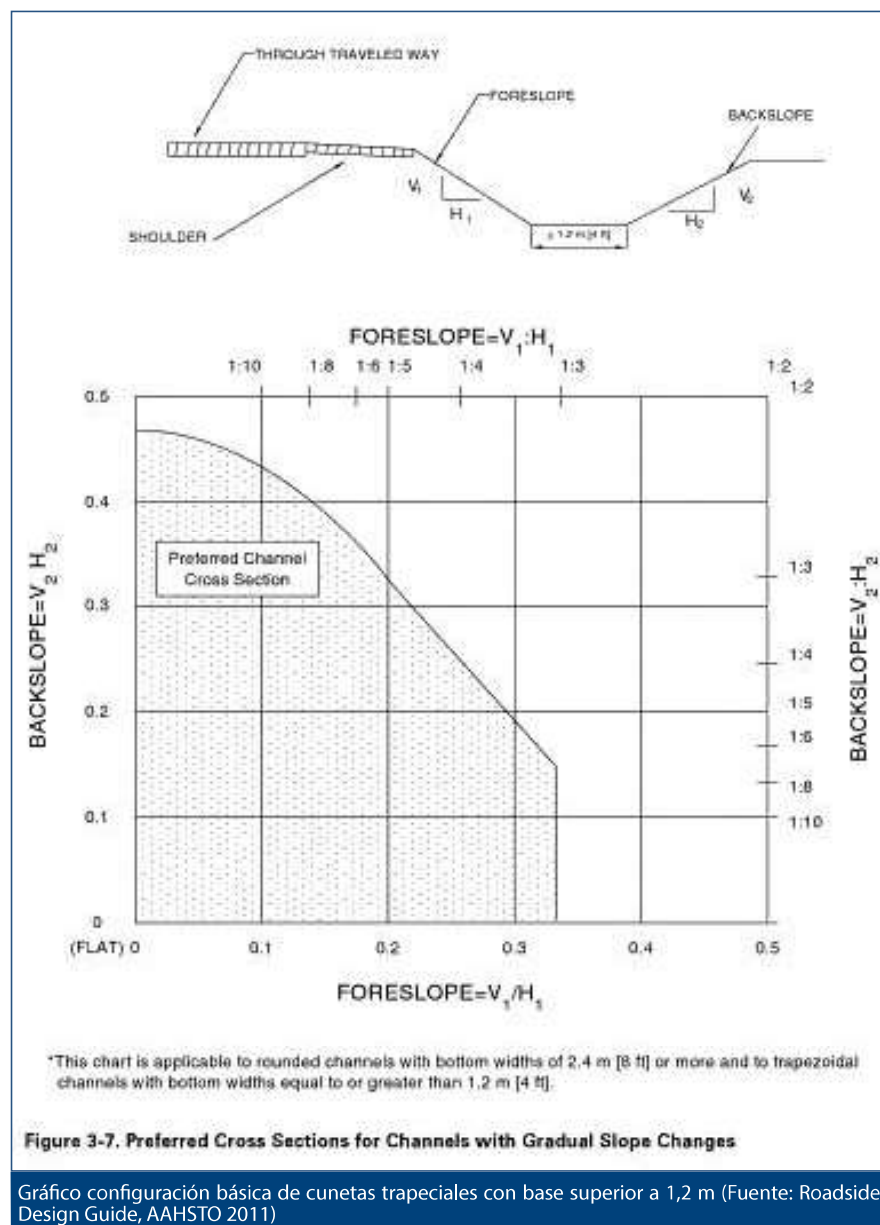
Aunque existe una multitud de estudios sobre el grado de seguridad de los taludes y cunetas, se observa que la "Roadside Design Guide" de la AASHTO, desde su versión original, ha ido marcando el camino en el diseño y estudio de los taludes, tanto para terraplenes y desmontes como para cunetas.

A modo de resumen e intentando aglutinar la disparidad de recomendaciones y resultados de cada uno de los estudios y normas consultadas, se podría afirmar para taludes que:

- Taludes 3H/1V se pueden considerar críticos, con alto nivel de riesgo de vuelco para los vehículos descontrolados que accedan a los mismos.
- Taludes 4H/1V se pueden considerar franqueables, aunque difícilmente se podrá reconducir un vehículo descontrolado que acceda a los mismos.
- Taludes 5H/1V, 6H/1V o más tendidos se pueden considerar taludes de seguridad, que facilitan a un vehículo descontrolado traspasar los mismos e incluso recuperar el control del mismo, siempre que no se encuentren otro tipo de obstáculos en la trayectoria de este.

En cuanto a cunetas, se podría considerar que:

- Existen ciertas ventajas en cuanto al nivel de seguridad de una cuneta trapecial frente a la cuneta triangular.
- Bases de cuneta trapecial a partir de 1,2 m incrementan el grado de seguridad de la misma considerablemente.
- En todo caso se recomienda el redondeo de las aristas que conforman los taludes de la cuneta.



En cualquier caso, los valores de los diversos estudios, normas e investigaciones, se consideran orientativos, de forma que son los responsables del proyecto o actuación los que deben optar por unos diseños u otros, dependiendo de los factores intervinientes en cada situación específica y de un compromiso entre los condicionantes técnico-económicos y la reducción de la accidentalidad.

En ese sentido, se hace necesario el desarrollo de metodologías que consideren los criterios de coste-eficacia, así como los diversos factores intervinientes en el diseño (tipo de carretera, velocidad prevista, IMD, etc.), de forma que ayuden a adoptar el diseño de márgenes

más apropiado en cada caso, incluidos taludes, cunetas u otros elementos del drenaje longitudinal.

8. Referencias Bibliográficas

- [1] Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo; Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial; Madrid 1990.
- [2] Ministerio de Fomento; Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial; Madrid 2016.
- [3] Ministerio de Fomento; Criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos (O.C. 35-2014); Madrid 2014.
- [4] Ministerio de Fomento; Guía de nudos viarios (O.C.32/2012); Madrid 2012.
- [5] Ministerio de Fomento; Norma de trazado 3.1-IC versión provisional Marzo 2015; Madrid 2015.
- [6] Ministerio de Fomento; Norma de trazado 3.1-IC; Madrid 2016.
- [7] Mijangos Linaza, J., Perandones Peidro J.M., Hipólito de Gregorio, L.; El proyecto de investigación OASIS. Mejoras de la seguridad y mantenimiento en los márgenes de las autopistas. Margen en desmonte y terraplén, VI Congreso Nacional de Seguridad Vial; Logroño 2013.
- [8] CEDR Technical Group Road Safety; Forgiving roadsides design guide, November 2012.
- [9] RISER consortium. D06: European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads. RISER deliverable, February 2006.
- [10] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation; Roadside Design Guide; Alberta, Canada, November 2007.
- [11] Austroads; Guide to Road Design Part 6: Roadside Design, Safety and Barriers; Sydney, 2010.
- [12] AASHTO; Roadside Design Guide; American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 2011.
- [13] AASHTO; Highway Safety Manual; American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 2010.
- [14] AASHTO; Highway Design and Operational Practice Related to Highway Safety; American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 1967.
- [15] AASHTO; A Policy on Geometric Design of Highways and Streets; American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 2011.
- [16] AASHTO; Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads (ADT≤400); American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 2011. ❖