

## 1.- OBJETIVOS

Los márgenes de las carreteras van cobrando importancia en la medida que van mejorando nuestras carreteras. Esta mejora otorga una mayor participación a los usuarios, cuyo comportamiento en la carretera viene fuertemente condicionado por su trazado y sus características. Por ello, un diseño adecuado de la carretera es crucial para evitar el error humano.

De los cuestionarios estadísticos de accidentes redactados por los agentes se deduce que la mayor parte de ellos son por infracción a normas, o pérdidas de la capacidad de conducción del usuario. Sin embargo, nos vemos obligados a insistir: Debemos diseñar las carreteras para evitar dichos errores y, en caso de que tengan lugar, minimizar en lo posible sus consecuencias.

En el correcto cumplimiento de estos dos objetivos juegan un papel fundamental los márgenes de nuestras carreteras.

Es objetivo del presente anexo, por tanto, realizar una reflexión sobre la influencia de los márgenes de las carreteras en la accidentalidad, así como recopilar una serie de recomendaciones con los criterios básicos para su tratamiento.

Como fuentes de dichos criterios se pueden citar, básicamente, la Instrucción de Trazado 3.1-IC, la Orden Circular 321/95 “Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos”, la Instrucción de Drenaje Superficial 5.2-IC, y la Guía Intersafe (Guía Técnica de Seguridad para el diseño de carreteras interurbanas). Sobran comentarios respecto de las tres primeras normas citadas, y sobre la última, tan sólo citar que se trata de un intento de armonización de la normativa existente en Europa en cuanto a diseño de carreteras.

Por último hay que añadir respecto al término “protección”, utilizado con frecuencia a lo largo de este anexo, que debe entenderse dirigido a todos los usuarios de nuestras carreteras. Y esto incluye a los motoristas, parientes pobres de nuestros márgenes, a los que ni tan siquiera les vale para su protección las barreras de seguridad que propone la normativa en vigor. Se aconseja la lectura del anexo, dentro de este Plan, dedicado a ellos para una comprensión del problema que suscitan y las soluciones que se proponen para este tipo de usuarios.

## 2.- FUNCIONES DE LOS MÁRGENES

Los márgenes de nuestras carreteras tienen una gran influencia sobre la accidentalidad. Por una parte, hay que considerar una afección visual del entorno, de la que se deriva un tipo de actitud del usuario y, por tanto, una forma de conducción; pero, sobre todo, hay que tener en cuenta la influencia de los márgenes de las carreteras en la gravedad de la accidentalidad que se produce por salidas de vía descontroladas de vehículos.

En cuanto a los márgenes como zona de influencia de vehículos que salen erráticamente de la vía, los técnicos tenemos una importante labor en el sentido de reducir al máximo las consecuencias de una salida de vía mediante la construcción de las denominadas “carreteras

clementes". En éste sentido se va a analizar la accidentalidad ocasionada por salidas de vía según los obstáculos que ocasionan la colisión, aportando recomendaciones en cada caso.

La afección visual del entorno, por su parte, puede favorecer una conducción más acorde con la funcionalidad de la carretera en cuestión, pudiéndose conseguir una reducción de la velocidad y, por tanto, reduciendo el número de salidas de vía (resolución del problema en su origen). La Guía Intersafe para el Diseño de Carreteras Interurbanas incluye el tratamiento de márgenes junto al trazado y la sección transversal dentro de los aspectos a considerar en un proyecto de carreteras. La citada Guía recomienda al respecto que en el proyecto de una carretera se debe considerar no sólo el dimensionamiento geométrico de la sección transversal, sino también la armonización del conjunto de sus elementos con la zona en que se ubica la carretera. Mediante esta armonización es posible mostrar a los usuarios de forma mucho más clara no sólo el trazado, sino también el tipo de carretera de que se trata funcionalmente, consiguiendo una unidad entre la construcción y la explotación de la misma que se considera beneficiosa desde el punto de vista de la seguridad vial.

El presente documento se va a enfocar, por tanto, tomando como punto central del análisis las salidas de vía, estableciendo medidas para evitarlas, así como para minimizar sus consecuencias en caso de que no puedan evitarse, aspectos ambos en los que aparece involucrados los márgenes de nuestras carreteras.

### 3.- ACCIDENTES CON SALIDAS DE VÍA

Del análisis de la accidentalidad realizado en el Anexo I, se deduce la importancia de los accidentes que tienen como consecuencia la salida de vía de vehículos, que supone el 37% de la accidentalidad con víctimas en toda la red de la Generalitat Valenciana en 2001 y que ha aumentado en los últimos años.

	<b>Accidentes con víctimas</b>	<b>Nº de Muertos</b>	<b>Nº de Heridos</b>
<b>2001 (total)</b>	1044	82	1641
<b>Con salida de vía</b>	384 (37%)	28 (34%)	469 (28,5%)

Estas cifras son similares, incluso algo menores, a las que se dieron en 1999 según datos de la DGT para todas las carreteras españolas: un 39% de accidentes fueron por salida de vía, y un 39% de las víctimas resultaron mortales.

Esta importante accidentalidad trae como consecuencia que nos realicemos, sobre todo, dos preguntas: ¿Por qué se salen los vehículos de la calzada?. Y, ya que se salen, ¿cómo es que la gravedad es tan alta?.

#### 4.- ¿POR QUÉ SE SALEN LOS VEHÍCULOS DE LAS CALZADAS?

Para analizar porqué se producen las salidas de vía, distinguiremos donde se producen:

	Accidentes con víctimas	Nº de Muertos	Nº de Heridos Graves
<b>En Curva</b>	<b>194 (51%)</b>	<b>18 (64%)</b>	<b>86 (58%)</b>
<b>En Recta</b>	<b>137 (35%)</b>	<b>7 (25%)</b>	<b>42 (29%)</b>
<b>En Intersección</b>	<b>53 (14 %)</b>	<b>3 (11%)</b>	<b>19 (13%)</b>

Aunque, lógicamente, es superior el número de salidas de vía que se producen en curvas, resulta preocupante la cantidad de salidas que tienen lugar en recta.

#### 4.1.- SALIDAS EN CURVA

##### 4.1.1.- CAUSAS

Las salidas de vía producidas en curva están íntimamente relacionadas con una velocidad inadecuada. Esta velocidad raramente se encuentra dentro de los límites de velocidad legales (bien el específico de la curva, bien el genérico de la carretera), sin embargo, siendo autocríticos, hay algo que falla: no conseguimos convencer a los usuarios para que circulen a la velocidad que queremos. Esto puede producirse por varias razones:

- ◆ Por una heterogeneidad en el trazado. Largos tramos rectos antes de una curva de radio reducido (ver ejemplo a continuación) suele sorprender al usuario, sobre todo en carreteras ejecutadas hace cierto tiempo en las que se observan ciertas insuficiencias de peralte. ¿La señalización que se coloca en estos casos no siempre es suficiente?.



- ◆ Porque una curva puede estar trazada mediante distintos radios. Esto suele ocurrir con trazados antiguos. El usuario entra en la curva dispuesto a recorrerla con una determinada información (señalización, “medición visual” del radio de la curva...), y una vez dentro de ella el radio se cierra, sorprendiendo al usuario. Ver la siguiente secuencia de recorrido de una curva con estas características



1.- Vamos por una recta. Se vislumbra una curva cerca



2.- No parece muy cerrada. Dejamos de acelerar



3.- Sin embargo, a mitad de curva, ésta se cierra



4.- Debemos frenar a fondo. A partir de ahí.....

Desde el Servicio de Seguridad Vial se detectan las acumulaciones de accidentes en determinadas curvas, y se propone su resolución, pero el hecho de que las salidas de vía se produzcan con cierta aleatoriedad dentro de la red, refuerza las razones anteriores.

#### 4.1.2.- RECOMENDACIONES

Se recomiendan trazados más homogéneos, de modo que el conductor tenga claro el tipo de carretera por donde circula y no se vea sorprendido por elementos de trazado no acordes con aquella. Conviene destacar la inconveniencia de trazados con largas rectas antes de una curva de radio reducido, recordando que la 3.1-IC limita la longitud máxima en alineaciones rectas en función de la Velocidad de Proyecto ( $L_{\max} = 16,70 \cdot V_p$ )

Este aspecto, aunque fácil de cumplir en nuevas carreteras, tiene difícil aplicación en carreteras existentes, en las que habrá que recurrir a la señalización para informar al usuario cada vez que un tramo de una carretera cambia de características. Como información básica al respecto puede ser suficiente con la señalización de la característica que mayor peligro pueda suponer, una recomendación de velocidad (o intervalo de velocidades), así como la longitud en la que nos vamos a encontrar estas características. A efectos de una mayor comprensión, se aconseja la agrupación de esta señalización en un cartel.

## 4.2.- SALIDAS EN RECTA

Los accidentes en la red de la Generalitat Valenciana se distinguen según su causa del siguiente modo:

	<b>Inherente al conductor</b>	<b>Velocidad Inadecuada</b>	<b>No respetar prioridad</b>	<b>Invasión de otro carril</b>	<b>Otras</b>
<b>Porcentaje</b>	48%	24%	12%	6%	10%

De éstas, las causas que pueden provocar salidas de vía en recta serían “Inherente al conductor”, “Velocidad Inadecuada”, e “Invasión de otro carril”. A continuación se analizan cada una de ellas.

### 4.2.1.- CAUSA: “INHERENTE AL CONDUCTOR”

Dentro de la causa “inherente al conductor” se incluye cualquier circunstancia que reduce la capacidad del usuario para conducir (distracción, inexperiencia, alcohol o drogas, cansancio, sueño o enfermedad...).

En muchas ocasiones esta causa no tiene relación directa con la carretera por la que se circula, sin embargo puede haber algunas situaciones que favorezcan cierto cansancio o distracción, como trazados excesivamente monótonos, si bien las propias características de la red de GV (itinerarios, como máximo de medio recorrido) nos hace pensar que no es un aspecto excesivamente preocupante.

En otros casos, la existencia de tráfico nocturno y festivo trae como consecuencia una siniestralidad cuyo tratamiento, en ocasiones multidisciplinar, resulta ciertamente complicado.

Como recomendaciones que mejoren este aspecto, habría que solicitar a las Jefaturas Provinciales de Tráfico una vigilancia periódica de las zonas reconocidas con este tipo de tráfico que favorezca el cumplimiento del Reglamento de Circulación. Respecto a las medidas a tomar por el gestor de la carretera, se requiere un estudio especial para el tratamiento de dichas zonas que vaya más allá de una correcta señalización, introduciendo medidas especiales para captar la atención de este tipo de usuario y destacar los puntos más conflictivos mediante elementos luminosos, marcas viales con resalto, etc....

#### 4.2.2.- CAUSA: VELOCIDAD INADECUADA

La velocidad inadecuada puede deberse asimismo a trazados excesivamente cómodos, donde un régimen de velocidades poco homogéneo (siempre hay vehículos que sí cumplen las limitaciones genéricas, o por presencia de vehículos lentos, bicicletas o ciclomotores), o bien, cualquier circunstancia no esperada (cruce de animal, peatón cerca de la calzada, defecto puntual del firme) puede provocar maniobras evasivas, con la correspondiente salida de vía.

Las recomendaciones en este sentido pueden ir encaminadas a un intento de la homogeneización de la velocidad de los distintos vehículos que circulan por cada tramo. Las medidas pueden consistir en reducir la anchura de carril (procurando no bajar de 3.2 m), extendido de lechadas bituminosas gruesas, marcas viales longitudinales con resalto, etc....



Salida de vía (hacia la izquierda) en una larga recta

#### 4.2.3.- CAUSA: INVASIÓN DE CARRIL CONTRARIO

Por último, una invasión de carril contrario en rectas puede estar relacionada con adelantamientos antirreglamentarios. En estos casos, antes de que se produzca el choque frontal, los usuarios evitan el mismo saliéndose de la calzada.

A pesar de que esta invasión se produce por una transgresión de las normas de circulación, ésta puede deberse a que dicha señalización no siempre es suficientemente acertada. Esto el usuario lo percibe y provoca cierta desconfianza al respecto.

Es importante lograr un acondicionamiento de la señalización relativa a prohibidos adelantar en función de las velocidades reales de cada carretera para que los usuarios confíen plenamente en la misma.

### 4.3.- SALIDAS EN INTERSECCIONES

Se trata de un porcentaje importante si tenemos en cuenta que las intersecciones son un elemento puntual.

La razón de las salidas de vía en intersecciones son claramente maniobras evasivas del vehículo que circula por el tronco para eludir a otro que intenta cruzar o incorporarse a éste.

El problema de que se produzca la salida de vía es, por tanto, por un mal funcionamiento de la intersección, problemática cuyo tratamiento excede de los objetivos de este anexo.



Salida de vía en Intersección para evitar un choque frontolateral contra un vehículo que irrumpe desde la secundaria

### 5.- CONSECUENCIAS DE LAS SALIDAS DE VÍA

Los accidentes que tienen como consecuencia la salida de vía podemos clasificarlos según exista o no barrera de seguridad.

	<b>Total Accidentes</b>	<b>Acc con víctimas</b>	<b>Acc con Muertos</b>	<b>Nº Heridos</b>
<b>Colisión contra barrera</b>	85 (100%)	54 (63%)	6 (7%)	55
<b>Salida “literal” de la vía</b>	458 (100%)	330 (72%)	23 (5%)	414

## 5.1.- COLISIÓN CONTRA BARRERA DE SEGURIDAD

Del total de colisiones contra barrera de seguridad, en un 63% de ellas se producen víctimas, y un 7% son mortales. Estas cifras no hablan excesivamente bien de la seguridad que nos ofrece una barrera; de hecho, la mortalidad es superior a las salidas de vía sin barrera. Sin embargo, al analizar los 6 accidentes mortales que han tenido lugar en 2001 con barrera de seguridad, se observa que en tres casos se trataba de motocicletas (choque contra poste de la bionda), y en otro de un vehículo pesado que no es contenido por la barrera.



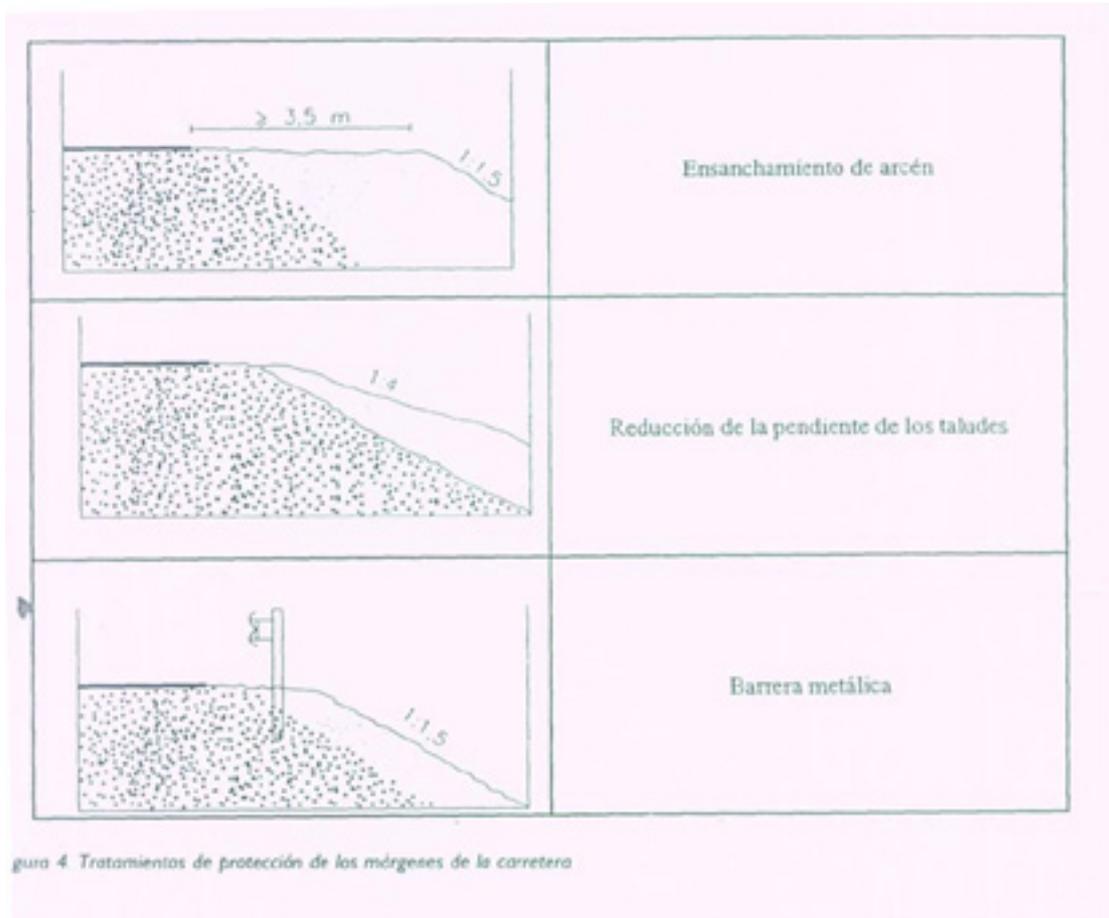
**Bionda después de impedir una salida de vía**

Tanto motocicletas como vehículos pesados son las asignaturas pendientes de las barreras de seguridad, ideadas básicamente para colisiones de turismos. Resulta preocupante que no haya una barrera de seguridad que sea eficaz para todos los tipos de vehículo: las barreras de máxima contención (New Jersey) son las únicas que son capaces de parar a vehículos pesados, pero resultan excesivamente rígidas para motos; por su parte, las biondas, con un menor nivel de contención, no paran a los pesados y resultan mortales para los motoristas que impactan contra los postes de aquellas.

Lamentablemente este aspecto tiene difícil solución a corto plazo, y tan sólo en el tratamiento de las colisiones de motoristas se prevé alguna mejora a medio plazo (ver anexo dedicado a barreras de seguridad).

Como conclusión a este apartado cabe exponer las recomendaciones de la Guía Intersafe sobre las barreras de seguridad:

- ◆ Las barreras de seguridad son obstáculos en si mismos y deben ser utilizadas sólo cuando su ausencia supone más peligro que su presencia.
- ◆ El proyecto de una carretera debe permitir minimizar el uso de barreras de seguridad tanto como sea posible.



Las barreras deben considerarse siempre como la última opción. Es mucho más seguro ensanchar los arcenes, suavizar la pendiente o, cuando se trate de un obstáculo, trasladarlo.

- ◆ El uso de barreras es imprescindible si existe riesgo elevado de que los vehículos pesados (camiones o autobuses) puedan salirse de la calzada.
- ◆ Las barreras pueden ser peligrosas para las motocicletas.

## 5.2.- SALIDAS DE VÍA SIN BARRERAS DE SEGURIDAD

### 5.2.1.- ¿CÓMO SE PRODUCEN?

Respecto de las salidas de vía propiamente dichas, un 72% de las salidas ocasionan víctimas, y en un 5,5% son mortales. Considerando que, en principio, si no hay barrera es porque no se necesita, se observa una lesividad demasiado importante para no mostrar cierta preocupación.

Pasamos a analizar cómo se producen (realmente, “contra qué” colisiona) estas salidas de vía, y el porcentaje de accidentes mortales que ocasiona cada tipo de colisión:

- ◆ Muros, vallas de cerramiento: 25% (30% de los mortales con salida de vía sin barrera)
- ◆ Cunetas, pasos salvacunetas o arquetas: 25% (22% de los mortales con salida de vía sin barrera)

- ◆ Señales: 12%
- ◆ Árboles: 11%
- ◆ Bordillos, aceras: 8%
- ◆ Farolas, postes, torres: 7%
- ◆ Desmontes: 6% (9% de los mortales con salida de vía sin barrera)
- ◆ Terraplenes: 6% (26% de los mortales con salida de vía sin barrera)
- ◆ Pilas de puentes: 3%

La ya citada Guía Intersafe recomienda el mantenimiento de zonas libres de obstáculos, considerándose como tales: Cunetas profundas, árboles, rocas, postes de señalización variable, y taludes de desmonte y terraplén.

Además, expone las distintas anchuras utilizadas en Europa para esta zona libre de obstáculos, que van desde 4 m hasta 7 m, o incluso 10 m en caso de condiciones desfavorables. Según el

acuerdo AGR (Acuerdo Europeo sobre las Principales Arterias Internacionales de Tráfico, 1975), la anchura mínima de estas zonas deberá ser 3 m.

Por su parte, la Orden Circular 321/95 es más exigente, con una anchura mínima de 4,5 m en caso de accidente normal, en recta o en interior de curvas de gran radio, y con un talud en el margen igual o más tendido que 8:1. En la siguiente tabla se puede apreciar lo que dispone la citada Orden Circular en cuanto a las distancias de la calzada a un obstáculo.

Distancia (m) del borde de la calzada a un obstáculo o zona peligrosa, por debajo de la cual se justifica una barrera de seguridad

TIPO DE ALINEACIÓN	INCLINACIÓN <sup>5</sup> TRANSVERSAL DEL MARGEN <sup>6</sup> <small>Horizontal:Vertical</small>	TIPO DE ACCIDENTE	
		MUY GRAVE O GRAVE	NORMAL
<b>CARRETERAS CON CALZADA ÚNICA</b>			
Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1500 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 < 1500 m	> 8:1	12	10
	8:1 a 5:1	14	12
	< 5:1	16	14
<b>CARRETERAS CON CALZADA SEPARADAS</b>			
Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1500 m	> 8:1	10	6
	8:1 a 5:1	12	8
	< 5:1	14	10
Lado exterior de una curva de radio < 1500 m	> 8:1	12	10
	8:1 a 5:1	14	12
	< 5:1	16	14

Los objetos que puedan suponer un peligro dentro de estas zonas deberán ser protegidos con algún sistema de contención recogido en la O.C. 321/95, como barreras de seguridad o amortiguadores de impacto.

## 5.2.2.- RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS SEGÚN EL OBSTÁCULO

### MUROS, VALLAS DE CERRAMIENTO

La salida de vía que más accidentes ocasiona (un 30%) y, además, mayor mortalidad (un 25%), es el choque contra muros, edificaciones y cerramientos de parcelas, así como vallas de control de accesos.

Estas cifras se pueden reducir, sobre todo la mortalidad, mediante la protección con barrera de seguridad de los inicios de muros, cerramientos rígidos y edificaciones, eliminando la posibilidad de choques frontales (cuando se comportan como elemento longitudinal funcionan como una barrera muy rígida).

### CUNETAS, PASOS SALVACUNETAS Y ARQUETAS

El caso de salida de vía contra cuneta, pasos salvacunetas y arquetas tiene unas cifras similares, aunque con menor mortalidad.

Hay que intentar solucionar el problema (drenaje), sin crear otro nuevo (obstáculo en margen).

El problema de las cunetas es fácilmente solucionable mediante la utilización de cunetas franqueables, o bien cunetas modulares cubiertas con gravilla.

De las cunetas franqueables habla la Guía Intersafe, aconsejando unas dimensiones de cunetas que funcionen hidráulicamente y que no supongan un obstáculo a un vehículo que la franquee.

Por su parte, la Instrucción 5.2-IC sobre Drenaje Superficial exige que se atiendan las condiciones de franqueamiento seguro del perfil transversal de la cuneta por los vehículos que se salgan de la plataforma, considerando que se dan tales condiciones donde la inclinación de los taludes de la cuneta sea inferior a 1/6 y sus aristas estén redondeadas con un radio mínimo de 10 m.

En cuanto a las citadas cunetas modulares, con patente comercial en España, están constituidas por un “canal celular” envuelto en geotextil, y recubierto todo el conjunto por gravilla u otro material de alta drenabilidad. El resultado es una cuneta con la necesaria capacidad hidráulica (calculada previamente) y con un pequeño desnivel respecto de la superficie de rodadura, evitando discontinuidades de cota que puedan suponer un obstáculo.



Cuneta modular en ejecución

En arquetas y pasos salvacunetas, aunque se traten de elementos puntuales, el efecto de guiado que pueden ofrecer las cunetas aumenta su influencia como obstáculos que pueden propiciar choques frontales a vehículos que salen de la calzada.

Se pueden evitar estos choques frontales mediante arquetas que van embebidas en la cuneta sin que sobresalgan respecto de éstas y tapadas con una rejilla, y con la utilización de distintas soluciones para resolver los pasos salvacunetas. Entre éstos se pueden citar:

- ◆ Pasos salvacunetas con “pico de flauta”. Evitan choques frontales, permitiendo que el vehículo pueda ir reduciendo la velocidad.
- ◆ Badenes franqueables. Consiste en suavizar las dimensiones de la cuneta en el punto del acceso para permitir su franqueo con cierta comodidad.
- ◆ Desvíos de la cuneta en planta, de modo que, aunque supone un obstáculo, éste se aleja de la calzada, suprimiéndose el efecto de guiado de la cuneta contra el obstáculo.



**Paso salvacunetas en pico de flauta**

## TERRAPLENES

Resulta preocupante la altísima mortalidad existente en salidas de vía y posterior despeñamiento (un 26% de los accidentes mortales por salida de vía), sobre todo por lo indiscutible que resulta en estos casos la necesidad de la colocación de barrera de seguridad, además, con la debida antelación respecto del inicio del desnivel.



**Desnivel importante sin proteger con barrera de seguridad**

## **BÁCULOS, FAROLAS, POSTES, SEÑALES VERTICALES**

Se trata de elementos cuya existencia es imprescindible en los márgenes de carreteras, además, sin posibilidad de que sean alejadas de éstas, ya que no cumplirían su función.

Hay que intentar reducir al máximo el número de elementos en los márgenes, eliminando los que no resulten necesarios (en ocasiones se implanta una nueva señalización en algún tramo y no se retira la antigua que resulta obsoleta), agrupando señales (cuando tengan alguna relación entre ellas) en el mismo poste o en carteles, retirando carteles publicitarios, etc...



**El problema no es la farola destrozada, sino el coche que impactó contra ella por no estar protegida**

Respecto de los elementos que no puedan evitarse, se puede atenuar las consecuencias de los impactos contra los más robustos (no sería necesario, por tanto, tenerlos en cuenta para señales verticales) mediante sistemas de contención de vehículos (barreras de seguridad o amortiguadores de impacto), o bien mediante postes abatibles o fusibles. Estos últimos presentan el inconveniente de que pueden provocar accidentes secundarios a vehículos o peatones que puedan circular por los alrededores.