

# Los sistemas de contención

## De los guardarruedas, malecones y quitamiedos a los sistemas ensayados



**Carlos Casas Nagore**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

### Los orígenes. Los guardarruedas y los pretilos.

*“En los sitios donde las paredes son muy altas se han puesto unos guarda ruedas, piedras de 4 pies de largo, 2 introducidos en la tierra y lo restante elevadas, para evitar que los carros arruinen las paredes y ellos no se despeñen”* (Tratado legal y político de caminos públicos y posadas, Tomás Manuel Fernández de Mesa, 1755; descripción de la carretera de Reinosa a Santander).

Puede afirmarse que los guardarruedas fueron los primeros sistemas de contención dispuestos en las carreteras. La descripción de Fernández de Mesa es perfecta y muestra su doble objetivo: que los carros no se acerquen a estructuras delicadas (los muros o paredes que sostienen a la carretera en este caso) y de este modo se garantice también la seguridad.

Inicialmente fueron piedras sin excesivo tratamiento. Con el paso de los años se fueron puliendo, si bien sin un diseño uniforme entre las distintas carreteras. A mediados del

siglo XIX la uniformidad fue abriéndose paso, coincidiendo con las sucesivas promociones de ingenieros de caminos, de manera que la inmensa mayoría de guardarruedas de esa



A la izquierda, guardarruedas de finales del XVIII (carretera de Teruel a puerto de Escandón). A la derecha, guardarruedas clásico a partir de mediados del siglo XIX. Museo de carreteras de Teruel

época ya tiene diseño troncocónico y tamaño similar. Así los definió Pardo en su libro "Carreteras" de 1892:

*"Los guardarruedas o guardacantones sirven también de defensas, y se usan aislados o en combinación con malecones o pretilles interrumpidos. Se hacen de sillería, y por lo general troncocónicos y terminados en un casquete esférico muy rebajado; sus dimensiones medias vienen a ser 0,20 m de diámetro en la coronación, 0,30 en la base y de 0,50 a 0,70 de altura, sin contar la parte empotrada en el suelo, que no ha de bajar de 0,40 m. En el interior y proximidad de las poblaciones, se instalan a menudo grandes guardarruedas moldurados, que son ya verdaderas obras de ornato".*

Hacia la década de 1850, una vez superado el reinado de Fernando VII y las agitaciones y guerras civiles posteriores, se reanudó decididamente la construcción de nuevas carreteras en España. Sus sistemas de defensa siguieron siendo los guardarruedas, los malecones (en muchas ocasiones de tierra) y los pretilles. De esa época datan los pretilles discontinuos, que permitían ahorrar material. Así lo describía Espinosa en su Manual de Caminos de 1855:

*"En la obras que se construyen como accesorias de una carretera se incluyen lo guarda-ruedas que se colocan en los terraplenes o inmediaciones de las avenidas de un puente, en el primer caso con el objeto de que no se aproximen a la orilla los carruajes o caballerías evitando así desgracias. Los malecones que sustituyen, cuando es posible, a los guarda-ruedas en los terraplenes o laderas, tienen el mismo objeto y la ventaja de ser más baratos, aunque ocupan mayor espacio. Los pretilles, tanto cuando se construyen en los puentes como en los costados del camino en países de montaña, tienen también el objeto indicado".*



Guardarruedas y pretilles alternados. Carretera de Lapeña a Ansó. Foz de Biniés. Fotografía de 1929. Unidad de Carreteras de Huesca, MITMA.



Pretilles discontinuos en los accesos y continuos en el puente. Carretera de Huesca a la estación de ferrocarril de Sabiñánigo. Puente sobre el río Isuela. Año 1929. Unidad de Carreteras de Huesca, MITMA.

*"La colocación de guarda-ruedas, debe ceñirse a los puntos puramente indispensables, como no sea en países abundantes de piedra; del empleo de estos se ha abusado en la ejecución de las carreteras construidas antiguamente en España, invirtiendo sumas de consideración, tanto por el gran número empleado como por su labra esmerada, cosa inútil en esta clase de objetos. En los terraplenes elevados pueden sustituir a los*

*guarda-ruedas los malecones contruidos de tierra, y cubiertos de tepes para conseguir su mayor duración".*

*"En los caminos abiertos en ladera suele ser indispensable, para la seguridad de los pasajeros, el construir obras de defensa en las márgenes del lado de la caída; en este caso no tienen buena aplicación los malecones por el mucho espacio que ocupan y suelen colocarse guarda-ruedas*



*toscamente labrados, separados de 2 en 2 metros o a mayores distancias; también suelen construirse pretils cuando la mampostería es abundante y en este caso para que sea más económica su construcción se hacen interrumpidos por trozos de 2 metros de longitud próximamente, separados por un intervalo de la misma distancia u otra según convenga; a veces en estos intervalos suelen colocarse guardarruedas”.*

A finales del siglo XIX poco había cambiado, salvo la toma de conciencia de que muchos de estos elementos, en especial los guardarruedas, no eran más que “quitamiedos”. Esta curiosa palabra aparece ya en el citado libro “Carreteras”, de Manuel Pardo (1892), donde incide en que este tipo de protecciones no evitan el accidente, solo lo atenúan:

*“No hay para que decir que los pretils, malecones y guardarruedas no deben considerarse como defensas eficaces para asegurar la circulación, pues no tienen suficiente resistencia para ello: sirven, no obstante, en muchos casos, para impedir o atenuar desgracias”.*

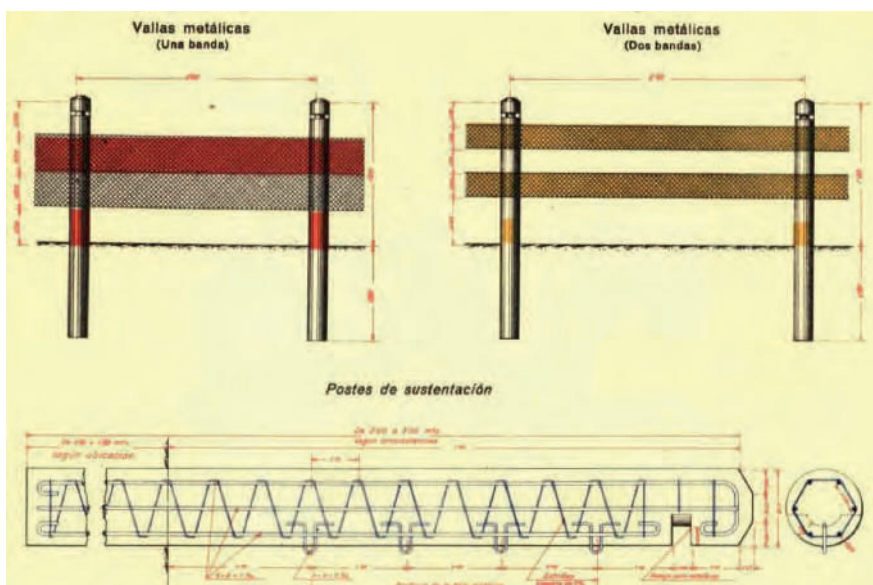
Ya en el siglo XX, muchos guardarruedas y pretils se fabricaron de hormigón en masa. En el museo de carreteras de Teruel se expone un molde, procedente de la provincia de Huesca, para fabricar este tipo de elementos.

## Las vallas metálicas de protección.

Con el desarrollo de los vehículos automóviles y el incremento de la velocidad el problema de las salidas de la vía se agudizó. Inicialmente en algunos tramos se colocaron vallas de madera en el exterior de algunas curvas peligrosas. Evidentemente, representaban el auténtico concepto de “quitamiedos” al que se refería



Barrera de madera y vehículo en la Ridge Road. California, Estados Unidos. Hacia 1920.



Modelos de vallas ancladas directamente a poste circular de hormigón armado. Instrucción de Carreteras de 1939. El color (rojo o amarillo en las figuras) corresponde al de la carretera en la que estuvieran instaladas.

Pardo. Como sistemas de contención no eran eficientes.

En la década de 1930 aparecieron en las carreteras españolas las vallas de protección del tránsito, inicialmente con postes de madera. Fueron bendecidas y normalizadas por la Instrucción de Carreteras de 1939. Se disponían en el exterior de las curvas que presentaran mayor peligro y también en tramos rectos, donde pudiera haber desniveles importantes.

Las posteriores a 1939 eran mallas metálicas que se sujetaban a postes de hormigón armado, espa-

ciados entre 2 y 2,5 metros. El anclaje a los postes podía ser directo mediante grapas o bien incluyendo muelles. En el primer caso los postes tenían la sección circular, mientras que en el caso de anclaje con muelles la sección del poste era cuadrada. Lo normal es que los postes sobresalieran del terreno 1,20 m y estuvieran empotrados hasta una profundidad de entre 0,80 a 1,80 m, en función del tipo de suelo.

Por su parte, la malla metálica era de alambre galvanizado de 5 mm de diámetro, formando cuadrículas de 5 cm de lado. La Instrucción admi-



D. Gil Garrido Oliver, constructor del puente de Santa Cruz de Moya, en un tramo de los accesos al puente protegido con valla metálica acorde con las Instrucción de Carreteras de 1939. El puente se inauguró en 1963.



Cañón de la Vid. Grapevine (California). Barrera de separación. Año 1947.

tía disponer el sistema con una sola banda (de 0,60 m de ancho) o con dos bandas (en este caso de 0,20 m cada una).

### La evolución de pretilos y malecones: las barreras de hormigón tipo New Jersey.

Un problema que se planteó en tramos con alta intensidad de tráfico y trazado complicado fue encontrar

una barrera que permitiera separar ambos sentidos de circulación. En 1946 se instaló el primer modelo de barrera de hormigón en una zona montañosa de Grapevine, en la carretera US99 (California). Se trataba de un modelo parabólico con 71 cm de altura.

Actualmente no se permite la colocación de un sistema de contención que no haya superado un ensayo de choque, llevado a cabo lógicamente

en instalaciones especializadas y homologadas. En el caso de las primeras barreras de hormigón también se siguió esta práctica, solo que en tramos de carretera abiertos al tráfico.

Fue en New Jersey. Allí se instalaron este tipo de barreras para intentar rebajar el número de accidentes en la ruta US22, a su paso por el condado de Hunterdon. Inicialmente se colocaron barreras de hormigón de 48 cm de altura y 76 cm de anchura, también con sección parabólica. Estas barreras se comportaron bien frente al impacto de vehículos ligeros, ya que conseguían redirigirlos. No obstante, el resultado con camiones no era aceptable. El diseño se fue modificando y poniéndolo en práctica, en un proceso de prueba-error que duró hasta 1969, cuando se diseñaron definitivamente unas barreras de 81 cm de altura y 60 cm de ancho con ángulos de inclinación de 84 y 55 grados en sus caras. Son las conocidas desde entonces como "barreras New Jersey". En España se colocó la primera barrera de este tipo en la carretera N-IV, cerca de Madrid.

Con posterioridad a esas primeras experiencias aparecieron otros diseños alternativos para las barreras de hormigón. En 1971 se publicó la primera Orden Circular española relativa a sistemas de contención. Al tratar sobre las barreras rígidas de hormigón distinguía dos tipos: las barreras bajas de apoyos discontinuos ensayadas en diversos países europeos y las barreras altas continuas. No se consideraban adecuadas las primeras, salvo en casos de velocidades muy pequeñas y ángulos de impacto muy bajos. Respecto a las segundas, con un diseño similar al de las barreras New Jersey, se recomendaban para su colocación como pretilos de puentes, teniendo en cuenta su rigidez. Para el resto de casos, en tramos fuera de estructuras e incluso en medianas, ya se recomendaban las barreras metálicas, que habían hecho su aparición unos cuantos



años antes. Los dibujos de la Circular se tomaron de publicaciones de 1967.

En mayo de 1986 se publicó una Nota Informativa sobre el proyecto y construcción de barreras rígidas de Seguridad. Se apostó por una barrera similar a las New Jersey, pero adaptada al tipo de vehículos europeos de la época, con menor altura de la parte inclinada a 55°. El modelo preveía la posibilidad de un recrecimiento del firme, permitiendo dejar un resguardo en la parte inferior de la barrera.

Se establecieron criterios para la colocación de este tipo de barreras, tanto en medianas como en estructuras o márgenes de la carretera. En el caso de estructuras se distinguía entonces entre los casos con resguardo detrás de la barrera (en la que se permitía un sistema basado en barrera semirrígida y una barandilla) y en los que no existía dicho resguardo, en cuyo caso se propuso una solución de pretil ligero, con la cara típica de estas barreras de hormigón, rematado con una baranda.

Como novedad, en 1986 se diseñaron modelos para los extremos de estas barreras de seguridad, así como diseños para el anclaje de barreras semirrígidas (metálicas) a una barrera rígida.

## Las barreras metálicas.

Durante la década de 1960 se colocaron en España tramos de barrera metálica de una sola onda, con postes de madera. Se abrió así el paso de las que serían denominadas “barreras semirrígidas”.

A finales de esa década se fueron ensayando nuevos perfiles metálicos de sección abierta, con la novedad de que se analizó la efectividad de muchos de ellos mediante ensayos de choque. La Orden Circular 229/71



Barrera metálica de una sola onda y postes de madera. Antigua carretera N-211; puerto de Bañón (Teruel).

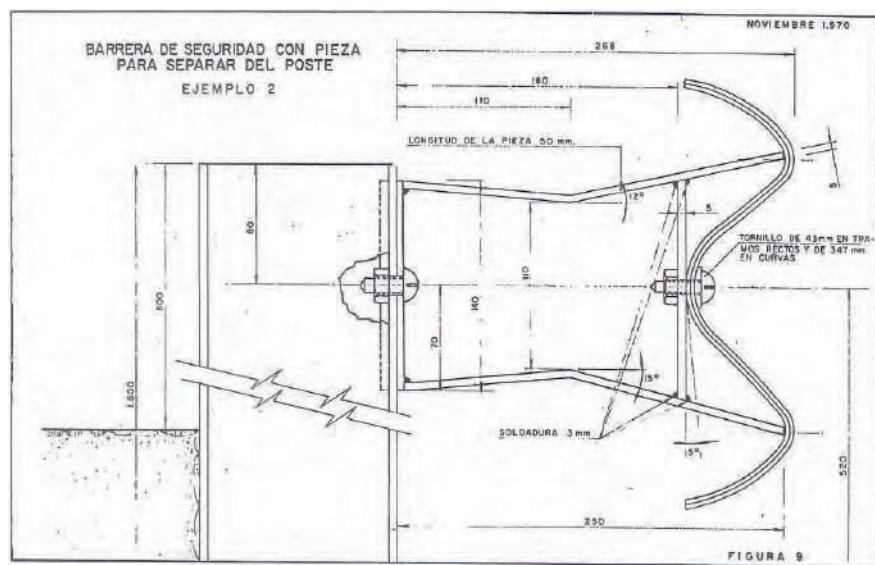
C.V. de febrero de 1971 describía el funcionamiento de este tipo de barreras: *“la resistencia a flexión del elemento continuo se agota pronto ante un impacto, quedando entonces resistiendo a tracción sujeto a los postes. Éstos suelen deformarse e incluso desprenderse en las zonas próximas al impacto, pero la barrera de seguridad continúa resistiendo atirantada por los postes más alejados de uno y otro lado del punto de choque”*.

Entre los nuevos perfiles diseñados y ensayados se fue imponiendo el de doble onda, originario de Estados Unidos. Durante muchos años ha sido el perfil más utilizado en España.

Los postes que se proponían para este tipo de perfiles eran variados. Se continuaba con los de madera, tan utilizados en las primeras barreras de una sola onda, otros eran de hormigón (herencia de las vallas metálicas) y se implantaron los primeros perfiles metálicos, alguno de sección circular, pero en el caso de la barrera bionda, tan utilizada posteriormente, con perfiles tipo IPN.

Como ya se ha citado, en Estados Unidos y en varios países europeos comenzó en la década de 1960 el análisis del comportamiento de las barreras mediante ensayos de choque, lanzando expresamente vehículos de diversos tipos contra dichas barreras, con distintas velocidades y ángulos de impacto.

En 1971 se fijaron oficialmente, por primera vez en España, una serie de criterios para analizar la conveniencia o no de instalar una barrera de seguridad, o al menos para establecer las prioridades. En medianas, se obligaba a colocar barrera de seguridad cuando la anchura de dicha mediana fuera inferior a 5 m y no hubiera separación arbustiva; en los márgenes de carreteras se podría instalar una barrera en función de la caída vertical y de la distancia (y se incluyó un gráfico para determinarlo); en obras de fábrica debían colocarse siempre, pudiendo elegir entre una barrera rígida o una metálica, y finalmente se daban criterios para proteger a los usuarios frente a los obstáculos fijos.



Barrera de seguridad metálica con perfil de doble onda. OC de 1971.

La inmensa mayoría de las carreteras españolas no habían sido acondicionadas en aquella época con criterios modernos, de manera que sus márgenes eran un continuo serial de obstáculos. La Orden Circular de 1971 tuvo en cuenta este hecho e incluyó un texto propio de una rendición ante la evidencia: *“Este criterio solo deberá aplicarse a aquellas carreteras modernizadas donde ya se haya tenido en cuenta el alejamiento o supresión de todos los obstáculos fijos peligrosos. No tiene sentido aplicar este criterio a una carretera, por buenas que sean sus características geométricas, si a lo largo de ella existen infinidad de árboles, postes, obras de fábrica, casas, zanjas, cunetas profundas, aceras, etc., que harían costosísima la instalación”*.

En cuanto al diseño y colocación de las barreras, se incluyeron separadores *“para amortiguar el impacto, disminuir el peligro de que el vehículo quede detenido instantáneamente en el poste y lograr que el punto de gravedad de la barrera suba ligeramente después del impacto”*. Por otra parte, se aumentó la altura de las barreras sobre la calzada hasta los 65-70 cm. Puede observarse en tramos abandonados de carretera en los que todavía están instaladas barreras anteriores

(por ejemplo, las de una sola onda) que la altura de estos sistemas era escasa, del orden de 10 cm más bajas.

Finalmente, en esta época aparecen los anclajes de los extremos de la barrera al terreno. La Orden de 1971 obligaba a anclar los extremos iniciales y dejaba abierta la opción de solo atirantar los extremos finales. El objetivo era doble: eliminar el peligro de choque contra el afilado terminal (las famosas “colas de pez” o el simple perfil de la barrera) y robustecer dichos extremos para que el sistema funcionara perfectamente en toda su longitud. Por desgracia, cincuenta años después, todavía se pueden ver sistemas sin anclaje en el extremo de la barrera en algunas carreteras secundarias.

### 1991. La era de los Catálogos y del integrismo.

En julio de 1991 se redactó la Orden Circular 317/91TyP, antecesora de la OC 321/95TyP, de Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos. Se introdujo el concepto de nivel de contención basado en ensayos a escala real de acuerdo con el Comité Europeo de Normalización. Para seleccionar en la práctica

el nivel de contención de la barrera a colocar se introdujo la clasificación del tipo de accidente entre tres opciones: muy grave, grave o normal, y se definieron diversos aspectos hoy básicos, como la anticipación del comienzo de los sistemas, la prolongación de la terminación y la disposición transversal de las barreras, teniendo en cuenta su deformación en el caso de proteger un desnivel.

Una de las novedades fue la modificación de los anclajes de los extremos, abandonando los esquemas de 1971 que habían provocado algún accidente al tener forma de rampa (con la barrera girada), inadecuada si un vehículo se salía de la vía junto en ese punto.

Ahora bien, la gran novedad fue la inclusión de un Catálogo de sistemas de contención, aconsejando utilizar solamente los sistemas incluidos en él. Dicho Catálogo se actualizaría periódicamente para eliminar sistemas obsoletos o para recoger *“únicamente aquellos sistemas cuya eficacia haya sido comprobada experimentalmente y sancionada por la práctica”*. Durante más de diez años, sucesivas resoluciones fueron incluyendo en el Catálogo nuevos sistemas patentados que habían superado los ensayos de choque.

No pasaban de ser unas Recomendaciones, pero en los años siguientes se registraron posturas integristas en cuanto a la obligación de seguir estrictamente lo indicado en ellas.

Evidentemente, parece lógico que un sistema de contención que vaya a instalarse en una carretera haya sido ensayado previamente a escala real y se hayan analizado las consecuencias del choque. No obstante, a nadie se le escapa que es imposible ensayar todos los casos que se dan en la práctica ya que aparecen múltiples variables, comenzando por el tipo de terreno en el



que se hincan los postes, la longitud real a implantar, los diversos tipos de vehículos del mercado (muchos más que los que se ensayan), los ángulos de impacto, la velocidad de los vehículos, la disponibilidad de bermas en las carreteras, muchas de ellas con un ancho estricto, etc.

Como es lógico, las Normas europeas y las propias Recomendaciones tuvieron que simplificar todas esas variables, estableciendo unos ensayos normalizados limitados para que un nuevo sistema obtuviera la homologación.

Por otra parte, la implantación de sistemas tan variados provocó un problema serio a la hora de mantener las barreras, en especial cuando resultaba obligado reponer algún tramo en plazos muy cortos (como suelen ser todas estas operaciones).

Como remate de una situación tan incierta, el número de variables y las indefiniciones para la aplicación de las Recomendaciones en casos concretos aumentaron notablemente al añadir a los sistemas originales los de protección de motociclistas.

En definitiva, en la década de 1990 se produjo un gran avance para implantar, lo mejor posible, los sistemas de contención en unas carreteras que cada vez registraban mayor tráfico y mayores velocidades. Eso sí, siempre que no se abandonase el sentido común a la hora de implantar unos sistemas tan variados y que habían superado unos ensayos complejos, pero limitados. La lucha entre ese sentido común y el integrismo duró años.

## Usuarios olvidados: los motoristas.

La elección de una barrera de seguridad tiene que tener en cuenta muchos factores, en un delicado

equilibrio que afecta a la seguridad. Un sistema muy rígido puede servir para contener el accidente de un vehículo pesado, pero aumentar notablemente la lesividad de los ocupantes de un vehículo ligero que impacte contra ese sistema. Por su parte, un sistema con menor nivel de contención favorece la seguridad de los automóviles ligeros pero puede ser incapaz de contener adecuadamente a un camión. La decisión no es sencilla y actualmente las Recomendaciones tienen en cuenta, entre otros factores, la gravedad del posible accidente y la distribución de las intensidades de tráfico.

No obstante, desde que se desarrollaron las barreras metálicas, unos usuarios se vieron afectados negativamente en todo caso: los motoristas. Por una parte, el sistema no contenía al motorista que pudiera colarse bajo la barrera y precipitarse por el talud o impactar con el obstáculo que supuestamente protegía dicha barrera. Por otra parte, el impacto del cuerpo del motorista con los postes de la barrera provocó accidentes gravísimos.

Inicialmente se trató de evitar el perfil IPN con sus cortantes aristas. Los sistemas incluidos en el Catálogo desde 1991 excluían la utilización de ese tipo de poste, proponiendo la utilización de postes tipo C o posteriormente perfiles cerrados (tubulares).

Aparecieron en el mercado diversos elementos que recubrían los proscritos postes IPN, intentando disminuir la gravedad del impacto y evitar aristas cortantes. Hay que tener en cuenta que la inmensa mayoría de sistemas de barrera metálica de doble onda que se habían colocado en España durante muchos años utilizaban postes IPN.

En octubre de 1997 el Congreso de los Diputados instó al Gobierno a que *“utilicen en la elección de futuros sistemas de contención vial criterios*

*que contemplen no solo la protección de los vehículos sino también la protección de la integridad física de los motoristas con sistemas sobradamente conocidos y utilizados en otros países”*.

En el caso de las carreteras estatales españolas, siete años después se publicó la Orden Circular 18/2004 (de 29 de diciembre de 2004) sobre criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas. Si bien los sistemas podían ser continuos o puntuales, se limitaba la implantación de estos últimos para casos excepcionales.

En España hay miles de kilómetros de barrera metálica colocada en los márgenes de la calzada. Un primer problema era definir en qué lugares estaría justificada la colocación de estos sistemas continuos de protección. Se eligieron el exterior de curvas de radio inferior a 400 m en autovías o autopistas (en 2008 se aumentó a 750 m) y de 250 metros en el resto de carreteras; también se incluyeron el exterior de curvas que tuvieran una velocidad específica inferior a 30 km a la del tramo colindante y determinados ramales de enlace.

El sistema continuo a colocar debía ser inicialmente el incluido en el Catálogo. Por supuesto, como sucedía con el resto de sistemas, se actualizaría el Catálogo con nuevos sistemas que hubieran pasado los ensayos según la Norma Europea. De hecho, en los años siguientes se fueron incluyendo varios sistemas patentados (en el año 2006 ya había tres en el Catálogo).

Mientras tanto, se mantuvieron los sistemas de protección puntuales y se instaba a que los postes se adecuara a los incluidos en la Orden de 1995. En 2009 se propició la utilización de sistemas con marcado CE, que fue obligatorio desde el 1 de enero de 2011.

## 2001. Colorido corporativo.

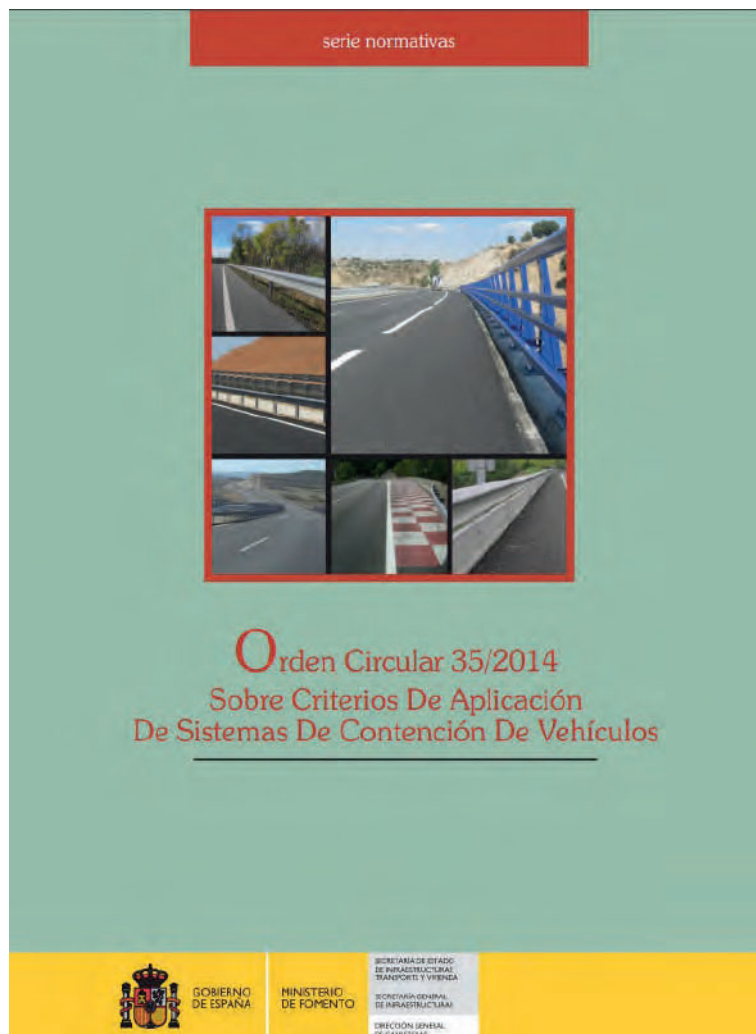
Una Nota de Servicio del Ministerio de Fomento en el año 2001 estableció el color Ral 5002 azul nuclear para las barandas, pretilos metálicos y barandillas de la red estatal de carreteras. Fue el comienzo de la adopción de su propio color por otras Administraciones. El colorido llegó a los citados sistemas de contención abandonando el habitual verde de camuflaje natural que estos elementos solían tener.

## 2014. El proyecto de instalación de sistemas de contención en España, hoy día.

Los sistemas de contención son elementos de las carreteras que se disponen para proporcionar cierto nivel de contención a un vehículo que circule fuera de control, limitando los daños a los ocupantes del vehículo, a otros usuarios y a personas u objetos próximos.

Limitan los daños, es decir, no los evitan totalmente. Cuando un vehículo impacta con un sistema de contención ya existe el accidente y una alta probabilidad de que se produzca algún daño, aunque sea pequeño; de lo que se trata es de que ese accidente sea menos grave que el que se produciría si no existiera el sistema. De ahí se obtiene la primera conclusión: no se deben colocar sistemas de contención donde el accidente provocado por una salida de la vía sea previsiblemente más leve que el que supone impactar contra el sistema.

Hay que señalar que en España es obligatorio que los sistemas de contención que se coloquen tengan el marcado CE y que se empleen según las disposiciones empleadas en los ensayos acreditados. Para conseguir ese marcado CE deben llevarse



Orden Circular 35/2014.

a cabo una serie de pruebas que incluyen ensayos de choque. Las Normas que evalúan el comportamiento de las barreras y establecen las condiciones para los ensayos de choque son la serie UNE-EN 1317.

La UNE-EN 1317-2 define las clases de comportamiento, los criterios de aceptación para el ensayo de choque y los métodos de ensayo para barreras de seguridad. En esta Norma aparecen unos conceptos que luego serán necesarios para definir el sistema a colocar: los niveles de contención, la deformación del sistema de contención cuando recibe el impacto y la "severidad" del impacto. Este último concepto utiliza una palabra inexistente en el idioma español. Sería más correcto que se

hubiera traducido como "lesividad". En este caso, el traductor ha sido poco severo.

El entonces Ministerio de Fomento publicó la Orden Circular 35/2014, sobre Criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos, que entró en vigor el 2 de junio de 2014. Sobre esta Circular, a la que acompañaba el anexo con las Recomendaciones, hay que señalar que se refiere a elementos de contención permanentes (es decir, no incluye los elementos provisionales que se instalan en tramos de obra) y que solo aconseja a los gestores de las carreteras estatales (no se entiende por qué no hay normas y recomendaciones únicas para toda la red de carreteras, en lugar de la atomización por



territorios, cuando se trata de algo tan idéntico geográficamente como las carreteras).

Siguiendo la Circular de 2014 se puede proyectar (y conservar) el elemento de seguridad que pueda necesitarse. Veámoslo brevemente en diez pasos:

**Paso 1.-** Identificar los elementos o situaciones potenciales de riesgo. Sin calificar o evaluar de momento ese riesgo, se procede a localizar cuáles son los elementos que pueden precisar la colocación de un sistema de contención.

**Paso 2.-** Evaluar el riesgo en función de la magnitud de los daños y lesiones previsibles, tanto para los ocupantes del vehículo como para terceros. Las Recomendaciones definen tres grados de riesgo: muy grave, grave o normal.

**Paso 3.-** Concretar el riesgo del accidente. Hasta ahora se han detectado los riesgos y se han evaluado en función de la previsible gravedad. No obstante, hace falta concretar un poco más.

Por ejemplo, un árbol de gran tamaño en el margen de una carretera con velocidad de proyecto superior a 80 km/h supone un riesgo (está incluido entre los riesgos potenciales del paso 1) y está calificado como riesgo de accidente normal. Ahora bien, ese árbol puede encontrarse a 25 m del borde de la calzada. ¿Sigue existiendo el riesgo? ¿Debe protegerse? ¿Y si está en un tramo recto?

Aquí entra en juego la tabla nº 1 incluida en las Recomendaciones. En función del tipo de carretera, de su alineación, del talud lateral y del riesgo de accidente establece la distancia por debajo de la cual sí que se debe considerar que existe ese riesgo de accidente.

**Paso 4.-** Estudio de alternativas. Una vez analizada la carretera, de-

tectados los riesgos potenciales, calificada su gravedad y concretados los puntos con riesgo de accidente, debe plantearse en dichos puntos una actuación para mejorar la seguridad.

Como ya se ha comentado anteriormente, la colocación de un sistema de contención limita las consecuencias de un accidente, pero el impacto con el sistema ya es de hecho un accidente. Por eso, su instalación debe ser la última alternativa siempre que no se pueda o no sea económicamente viable otra solución. ¿Qué alternativas se pueden considerar? He aquí unas sugerencias:

- Ampliar la plataforma o la sección transversal cuando el terreno sea llano.
- Eliminar el obstáculo o desnivel (muchas veces es lo más sencillo).
- Diseñar de nuevo el elemento que supone el obstáculo o desnivel.
- Trasladar el obstáculo a otra zona.
- Disminuir la "severidad" del impacto, con estructuras eficaces o seguridad pasiva.
- Estudiar soluciones de drenaje más seguras.

La colocación del sistema de contención debe ser siempre la última solución.

Si finalmente existe una posibilidad de accidente (normal, grave o muy grave) y no se encuentra otra alternativa viable, está justificada la colocación de un sistema de contención.

**Paso 5.-** Variables del sistema de contención. Hay que tener en cuenta que no vale cualquier sistema para cualquier tramo de carretera. Hay una serie de variables que deben tenerse en cuenta.

La primera de ellas es el nivel de contención. Pensemos en la variedad de vehículos que circulan por la carretera. No es lo mismo instalar un sistema para contener a un vehículo pesado que a un automóvil pequeño. En principio, podría pensarse que siempre será conveniente instalar un sistema que "pueda con todos", pero hay que tener en cuenta dos cosas: por un lado el coste y por otro que lo que es bueno para un vehículo pesado puede no serlo para un vehículo ligero. Los sistemas con mayor nivel de contención suelen ser más rígidos y por ello menos seguros para vehículos ligeros.

De todos modos, en este primer momento interesa calificar los sistemas según el nivel de contención. Eso lo hace la Norma UNE-EN 1317, en función de los obligados ensayos de choque. Cada elemento de contención que ofrece el mercado debe tener definido su nivel de contención.

Una segunda variable es el desplazamiento transversal del sistema cuando recibe el impacto. Aparecen dos importantes conceptos, que deben ser facilitados también por el fabricante del sistema:

La deflexión dinámica es el máximo desplazamiento lateral producido durante el impacto, medido desde la cara del sistema más próxima al vehículo. Por decirlo de otro modo, representa el desplazamiento lateral máximo que sufrirá el vehículo que impacta con el sistema. Se mide en unidad de longitud (normalmente en metros).

Por su parte, la anchura de trabajo es la distancia entre la cara más próxima al vehículo antes del impacto y la posición lateral más alejada que durante el choque alcanza cualquier parte esencial del conjunto del sistema de contención y el vehículo. Viene a representar el espacio que necesita el sistema para poder funcionar correctamente. También se mide en

unidad de longitud, solo que se han definido una serie de rangos, de manera que hablaremos de anchuras de trabajo entre W1 y W8.

¿Para qué nos van a servir al diseñar nuestro sistema? Muy sencillo:

La deflexión dinámica la tendremos que considerar cuando tengamos un desnivel lateral (que puede ser un fuerte talud, una estructura o un muro). Se trata de que el vehículo que impacta no termine cayendo por el desnivel si la deformación del sistema es excesiva. Por su parte, la anchura de trabajo es la que necesita el sistema para trabajar bien y está relacionada con la existencia de elementos u obstáculos laterales que pueden coartar el desplazamiento libre del sistema y con él su efectividad.

Porque, ¿cómo funciona una barrera de seguridad? Un ejemplo muy sencillo es el de dos chiquillos que sujetan una cuerda y un tercero llega corriendo y se deja recoger por dicha cuerda. Enseguida nos viene a la cabeza lo importante que es que los niños que sujetan la cuerda lo hagan fuertemente. Si falla un “anclaje” es como si no hubiera sistema (de ahí que en la práctica la zona de los anclajes de las barreras tenga postes más hincados y más próximos entre sí). Solucionado lo anterior, la cuerda se deforma con el impacto y recoge al niño devolviéndolo a la zona por donde había venido. Si los niños están en el borde de un precipicio, el niño caerá por él a causa de la deformación. Si, por el contrario, los niños que sujetan la cuerda están junto a una pared, el pobre niño que impacta topará con dicha pared y el sistema no habrá funcionado.

Finalmente, el tercer concepto que necesitamos manejar es el índice de “severidad” (de lesividad, para entendernos). Imaginemos un sistema de contención consistente en una pared rígida, como la que se utiliza



Ensayo de choque. Cidaut.

en determinados ensayos de seguridad de vehículos. Desde el punto de vista exclusivo de su nivel de contención y de su desplazamiento es el sistema perfecto: es válido para contener todo tipo de vehículos con deflexión dinámica nula y anchura de trabajo igual a su espesor. Ahora bien, el grado de lesividad es máximo. No es admisible.

Aparece por ello el denominado “índice de severidad”. Su definición se encuentra en la Norma UNE-EN 1317 y establece 3 niveles: A, B y C, de menor a mayor lesividad.

**Paso 6.- Elección del sistema.** Llegados a este punto, surgen dos preguntas: ¿qué sistema interesa colocar? ¿Para qué tipo de usuarios?

Existen numerosos tipos de barreras de seguridad y de pretilas. Ahora bien, no todos los sistemas del mercado nos van a servir.

El primer paso es definir el nivel de contención del sistema que se va a instalar. Hemos llegado a un punto crítico y muy difícil. Por una carretera circulan todo tipo de vehículos: camiones articulados, camiones rígidos, autobuses con distintas alturas de su centro de gravedad, vehículos

ligeros de muy distintos tipos y pesos, motocicletas, ciclistas y hasta peatones. Como se ha indicado, la barrera que puede ser buena para un vehículo pesado puede ser lesiva para los ocupantes de uno ligero; aun así, si el riesgo de accidente es muy grave, es probable que interese una barrera con mayor nivel de contención...

Parece evidente que se necesita establecer unos criterios que permitan buscar un equilibrio entre todas las variables, de manera que la seguridad conseguida sea la máxima posible, aun sabiendo que es imposible buscar un sistema que satisfaga a todos. Las Recomendaciones de 2014 han incluido una tabla que, en función del riesgo de accidente y de la intensidad del tráfico pesado, permite obtener el nivel de contención que puede ser instalado.

Estos sistemas no van a servir, en general, para camiones articulados, salvo los de muy alto nivel de contención. La mayor parte de los sistemas instalados en las carreteras pueden ser eficaces para los vehículos automóviles ligeros.

¿Y los motoristas? Las barreras de seguridad metálicas han sido



siempre un problema muy serio para la seguridad de los motoristas, debido al obstáculo que supone cada poste de la barrera. Ha costado mucho evolucionar hacia sistemas continuos, complementarios de la barrera de seguridad, como ya se ha visto. Las Recomendaciones señalan que estará justificado disponer esta protección adicional en el lado exterior de determinadas alineaciones curvas y de ramales de salida, a la par que prohíbe los sistemas que utilicen postes IPN o similares.

A continuación se deben analizar las limitaciones físicas en el lugar donde se va a instalar el sistema que obliguen a limitar la deflexión dinámica (casos de desniveles próximos) o la anchura de trabajo del sistema (si existen obstáculos próximos).

Debe elegirse un sistema con el “índice de severidad” de la clase A; solo en algún caso concreto se puede admitir el B, pero nunca el C. Además, es importante que el sistema sea también seguro para terceros, evitando sistemas que puedan desprender piezas o partes metálicas de más de 0,5 kg o piezas no metálicas de más de 2 kg de peso. Se puede conocer la existencia de este riesgo observando el resultado del ensayo de choque.

Todavía queda algún filtro más. Hay que analizar el tipo de terreno, ya que puede condicionar la elección de un sistema u otro en función de la facilidad para cimentar o anclar; también debe observarse si hay alguna limitación en cuanto a la longitud a disponer (teniendo en cuenta que los sistemas deben disponer además tramos de anticipación), o bien si la zona a proteger es muy corta (no hay que olvidar que la longitud mínima a disponer es la que se haya ensayado).

**Paso 7.-** Comprobación de las características del sistema elegido. De entrada, dos consejos fundamen-

tales: el primero es que no se debe elegir un sistema que no disponga del marcado CE, y el segundo es que debe exigirse siempre la ficha con las características del sistema, deducidas de los resultados del ensayo de choque.

Estas características que el fabricante debe facilitar son el nivel de contención, el “índice de severidad”, la deflexión dinámica, la anchura de trabajo, el material empleado, su durabilidad y unos esquemas que indiquen la longitud mínima del sistema utilizada en el ensayo, los sistemas de anclaje, el tratamiento de los extremos (en el caso de transiciones a otros sistemas) y el detalle de los elementos que componen el sistema, incluso los pares de apriete de las uniones atornilladas.

Exactamente igual hay que proceder cuando se vaya a colocar un sistema complementario para la protección de motociclistas. Se requiere que tenga marcado CE y que la colocación se ciña exactamente a las características de su ficha, coincidiendo con las condiciones del ensayo de choque.

**Paso 8.-** Colocación del sistema. La colocación del sistema debe seguir exactamente las especificaciones de su ficha de marcado CE.

En primer lugar, no hay que olvidar que la longitud a instalar debe ser, como mínimo, la de los ensayos de choque y que habitualmente será necesario disponer además de unos tramos de anticipación.

Históricamente se colocaron sistemas que podrían ser válidos todavía, si no fuera porque su longitud es a veces absurdamente corta. Los vehículos que se salen de la calzada lo hacen con un determinado ángulo, que no es recto y brusco. No tiene sentido proteger un obstáculo con un tramo de barrera que cubra solamente dicho obstáculo. Las Re-

comendaciones vigentes establecen la longitud necesaria para las anticipaciones.

También está regulada la disposición transversal, no solamente en cuanto a la distancia al borde de la calzada (siempre mayor de 0,50 m y siempre dejando completamente libre el arcén), sino también en cuanto a la altura de la barrera sobre la calzada, especialmente si existen bordillos.

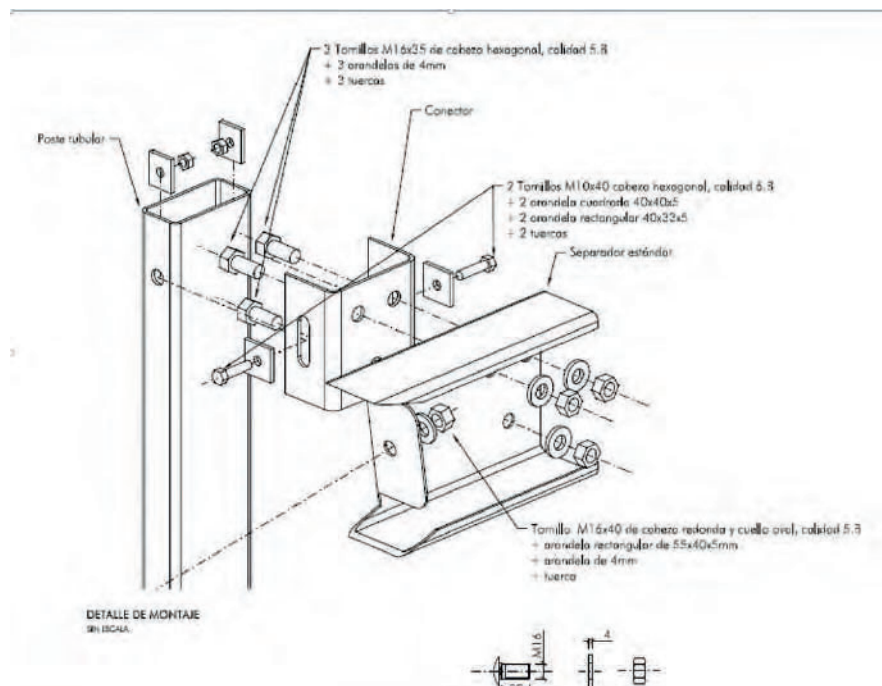
**Paso 9.-** Otros sistemas. No siempre va a ser necesario instalar varias decenas de metros de barrera de seguridad para proteger al usuario del impacto con algún obstáculo. Un caso muy conocido es el de los elementos de drenaje en accesos a la carretera (los conocidos como pasos “salvacunetas”). Normalmente suponen un obstáculo rígido y muy peligroso, próximo a la calzada.

Hace muchos años, en la provincia de Teruel, se instalaron una serie de dispositivos que permitían suavizar la zona del obstáculo (con una inclinación de 1:6) y efectuar la limpieza de la cuneta. Actualmente este tipo de sistemas debe estar homologado y haber superado los ensayos de choque.

Otros sistemas a considerar son los atenuadores de impacto (recogidos en la UNE-EN 1317) y los lechos de frenado, cuyas características están definidas en la Norma de Trazado.

**Paso 10.-** La conservación. ¿Qué sucede cuando un accidente ha dañado un tramo de barrera?

La Orden Circular de 2014 comienza por afirmar que se consideran eficaces los sistemas actuales. En cierto modo, esta prevención evita la inabordable tarea de suprimir todos los sistemas que no se ajusten a las Recomendaciones (de hecho, el marcado CE es relativamente reciente).



Detalle de la ficha de un sistema

te y los sistemas llevan muchos años instalados).

Salvado lo anterior, dicha Orden permite reponer puntualmente los daños causados en un tramo de barrera, siempre que no se utilicen postes IPN. En el caso de pretiles obliga a sustituir totalmente el sistema si se ha dañado más del 50% de su longitud.

Normalmente, estas tareas de Vialidad están gestionadas mediante la Agenda de Vialidad. Este tipo de daños se incluyen en el apartado de "deterioros de Vialidad", para cuya reparación suelen otorgarse plazos muy cortos (del orden de 3 días). No hay que olvidar que un sistema dañado no va a funcionar correctamente en el caso de un nuevo accidente.

Al margen de ese tipo de reparaciones obligadas, hay una tarea

periódica importante: la de inspeccionar el estado de todos los sistemas. Gracias a estas inspecciones se suelen detectar bastantes fallos, la mayor parte de ellos relacionados con el correcto par de apriete de los tornillos e incluso con la ausencia de algunos de ellos. No olvidemos que las barreras están sometidas a esfuerzos térmicos, que a la larga pueden afectar a su inicialmente correcta instalación.

Otro problema que puede surgir es el recrecimiento del firme, en el marco de un proyecto de rehabilitación. El recrecio de los sistemas debería ser completo en estos casos, pues las tolerancias que establecen las fichas de los ensayos de choque raramente son mayores que el espesor recrecido. No obstante, en este caso, las Recomendaciones permiten también cierta tolerancia, indi-

cando que no es necesario elevar las barreras si la diferencia entre la altura teórica del sistema y la real es inferior a 7 cm.

Y un detalle importante: los equipos de conservación deben tener siempre a mano una llave dinamométrica. Recordemos una vez más que los sistemas deben instalarse siguiendo exactamente las características que se indican en su ficha.

## Epílogo.

De los guardarruedas, malecones, pretiles de mampostería o de piedra y quitamiedos hasta los sistemas basados en ensayos reales de choque se ha recorrido un largo camino para mejorar la seguridad vial.

Decidir la instalación de un sistema y las características de éste supone la búsqueda de un difícil equilibrio para satisfacer al mayor número de usuarios, debiendo ser conscientes de que lo que es bueno para unos puede ser menos eficaz para otros. También se debe tener conciencia de que los sistemas existentes han superado unos ensayos de choque limitados a una serie de circunstancias y variables que son menores, como es lógico, que las que se dan en la realidad de nuestras carreteras.

Unas Recomendaciones no son unas Normas. No son un dogma. Su objetivo es dotar de una serie de criterios a los que deben asumir la compleja responsabilidad de instalar un sistema de contención.

Que no nos abandone nunca el sentido común. ❖