



Los atenuadores de impacto

SUMARIO

Debido a la revolución de la industria del automóvil, las autoridades se han visto obligadas a mejorar paulatinamente las carreteras, y los fabricantes de vehículos han sido presionados para incorporar sistemas que proporcionan más seguridad. Sin embargo, continúa existiendo un tercer factor no controlable: el conductor, responsable de un gran porcentaje de accidentes.

Para reducir este porcentaje se empezaron a desarrollar, a partir de los años sesenta, los primeros atenuadores de impacto. Se trata de elementos de protección que evitan que los vehículos fuera de control choquen contra objetos estructurales fijos instalados en la carretera.

Fue el organismo norteamericano conocido como Comité de Investigación de Transportes (TRB) el que publicó el Informe 118 del Programa de Investigación Cooperativa Nacional de Carreteras (NCHRP 118), en 1972, en el que se establecían requisitos para que dichos atenuadores de impacto fueran considerados aptos para su instalación.

En España ya han comenzado a instalarse en varios puntos negros de su red de carreteras.

IGNACIO JUAREZ PEREZ

*Jefe Dpto. de Formación-Divulgación.
CEVISMAR*

LOS atenuadores de impacto han salvado, desde el año 1970, más de 12.000 vidas en las carreteras norteamericanas. En España ya han comenzado a hacerlo, tras su instalación en varios puntos negros de nuestras carreteras, gracias a diversas iniciativas de organismos públicos. Se trata de elementos de protección que evitan que los vehículos fuera de control choquen contra objetos estructurales fijos instalados en la carretera.

Después de probar numerosos sistemas, con diferentes diseños, se constató que no todos funcionaban, y surgió la necesidad de elaborar una reglamentación que midiera su comportamiento. Fue el organismo nor-

Palabras clave: seguridad vial, atenuadores de impacto, accidentes de tráfico.

teamericano conocido como Comité de Investigación de Transportes (TBR) el que desarrolló una normativa exigente y realista para los atenuadores de impacto, recogida en el denominado Informe NCHRP 230 (1981); en él se establecieron los requisitos para que dichos atenuadores fueran considerados aptos para su instalación.

Aprovechando la experiencia americana, y ante las dificultades que se presentan a la hora de desarrollar una normativa propia, muchos países se ajustan al NCHRP 230, que se centra en la última generación de atenuadores de impacto.

EL «BOOM» DEL AUTOMÓVIL

A finales del siglo XIX apareció el automóvil, y los modos de vida y usos del ser humano sufrieron modificaciones importantes. A mediados del siglo XX, la industria del automóvil en los Estados Unidos permitía fabricar 24.000 vehículos al día, con 50 millones registrados. Los constructores de carreteras tuvieron que adaptarlas al creciente tráfico, ya que el número de muertes por accidentes de tráfico era de 23 personas por cada 100.000 habitantes. Las autoridades se vieron obligadas a mejorar paulatinamente las carreteras para proporcionar un sistema de comunicación y transporte más seguro.

No obstante, los factores que determinan los accidentes son tres, y no uno solo. Estos son: la **carretera** y su entorno, el **vehículo** en sí y sus características, y el **conductor**. Los fabricantes de automóviles, en respuesta a la presión de los gobiernos, comenzaron a incorporar sistemas que proporcionaban más seguridad. La naturaleza competitiva de la industria del automóvil hizo que el número de víctimas por accidentes de tráfico se redujera notablemente.

Esta reducción es una muestra de los esfuerzos realizados por mejorar tanto las carreteras como los vehículos. Sin embargo, continuaba existiendo un tercer factor que no se podía controlar: el conductor, que seguía siendo responsable de una gran proporción de muertes. Para reducir este porcentaje se empezaron a desarrollar, a partir de los sesenta, los primeros *atenuadores de impactos*.

Los atenuadores de impactos son elementos de protección que evitan que los vehículos fuera de control choquen contra objetos fijos instalados en la carretera. Esto se consigue decelerando al vehículo gradualmente hasta detenerlo con seguridad en impactos frontales, y en muchos



El conductor es en la mayoría de las ocasiones el principal culpable de los accidentes.

casos redirigiéndolo, de una manera controlada, lejos del objeto peligroso, así como impidiendo que impacte contra otros vehículos que circulan en ese momento.

Los sistemas más antiguos se diseñaban aplicando el concepto de energía de un vehículo en movimiento sobre una masa expandible, normalmente contenedores rellenos de arena, que carecían de capacidad de redirección.

Posteriormente, se llevaron a cabo diseños más avanzados bajo el principio de la absorción de la energía cinética (atenuadores de compresión). De los múltiples estudios realizados por agencias privadas y públicas se desarrollaron una serie de sistemas

básicos, como las barreras de acero de Texas, las barreras inerciales, los tubos telescópicos y los sistemas de agua.

EVOLUCION NORMATIVA

Una vez instalados estos sistemas, se comprobó que no todos funcionaban. Así, surgió la necesidad de elaborar una reglamentación rigurosa que midiera su comportamiento en diversidad de condiciones antes de aceptar un sistema determinado. En Estados Unidos, tras una investigación federal llevada a cabo por la Asociación de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales (AASHTO), en

coordinación con la Administración Federal de Carreteras (FWA), el organismo conocido como Comité de Investigación de Transportes (TRB) elaboró el Informe 118 del Programa de Investigación Cooperativa Nacional de Carreteras (NCHRP 118), en noviembre de 1972. El NCHRP 118 establecía los requisitos necesarios para que un atenuador de impactos fuera aprobado por la Administración como apto para su uso.

La seguridad del funcionamiento de una instalación de este tipo en carretera no puede medirse directamente, pero puede juzgarse en base a tres factores: *adecuación estructural, riesgo hacia el ocupante y trayectoria del vehículo tras la colisión*. Sin embargo, las especificaciones eran algo vagas y subjetivas en muchos aspectos. El ratio de deceleración permitido para impactos frontales estaba basado en la evidencia de que los ocupantes sin sujeción podrían sufrir lesiones, aunque la mayoría de éstas no fueran mortales. El NCHRP 118 indicaba que los daños a los pasajeros estaban en función de cuatro factores:

1. Gravedad del accidente (p.e., intensidad y duración de la deceleración).
2. Condición física de los pasajeros antes del impacto.
3. Grado de sujeción del pasajero.
4. Resistencia del vehículo.

Los ratios G venían determinados por la siguiente fórmula.

$$G = \frac{V^2}{2g(X)}$$

V= Velocidad de impacto del vehículo (m/sg).

g= Aceleración debida a la gravedad (9,8 m/sg²).

X= Penetración del vehículo o distancia de frenado tras el golpe.

EL EFECTO «SPIKE»

Durante los análisis de las pruebas del choque, los ratios de deceleración se evaluaron aproximadamente cada milisegundo (mseg). Un golpe normal duraría unos 350 mseg, por tanto fueron considerados 350 datos. Utilizando el método del porcentaje G, se sumaron los 350 datos y después se dividieron entre 350 para alcanzar una media. No obstante, esta metodología no toma en consideración los *spikes* (deceleración anormalmente alta que suele producirse durante un choque en un breve

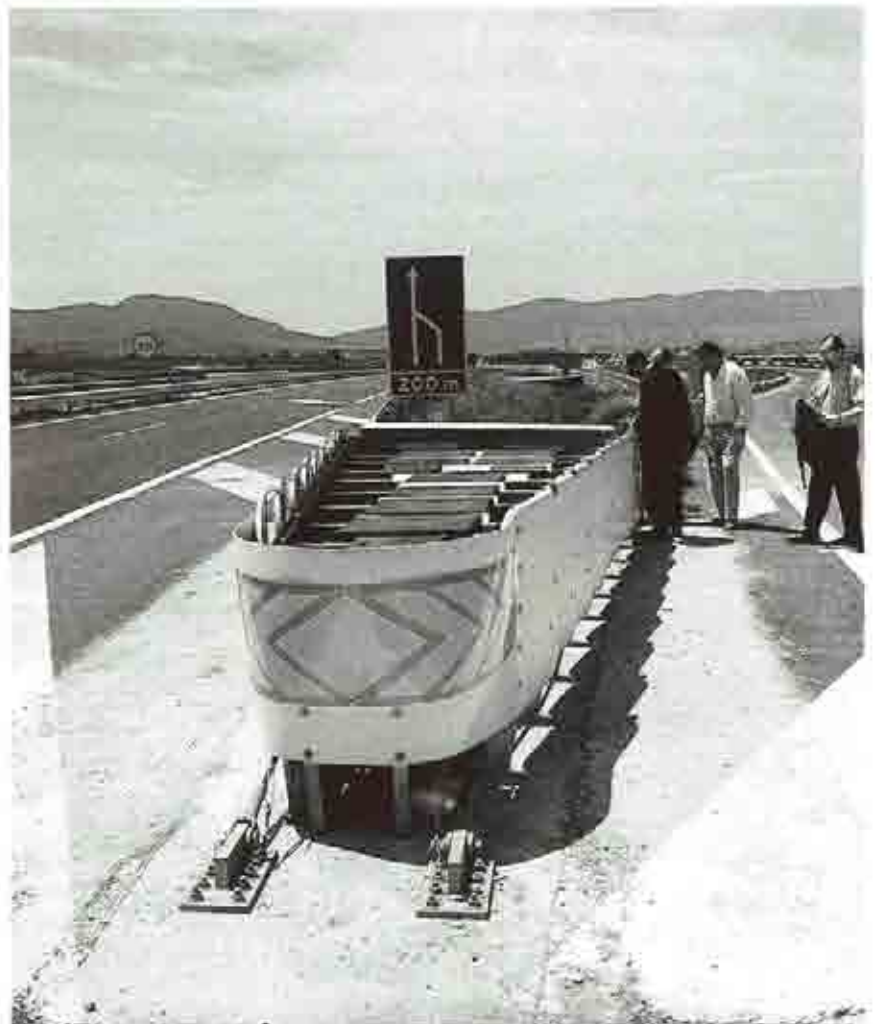
Los atenuadores de impacto son elementos de protección que evitan que los vehículos fuera de control choquen contra objetos fijos instalados en la carretera.

lapso de tiempo). En otras palabras, un *spike* de 10 mseg y 30 G de intensidad, en un impacto que durara 350 mseg, no alteraría significativamente el porcentaje G, pero podría causar daños.

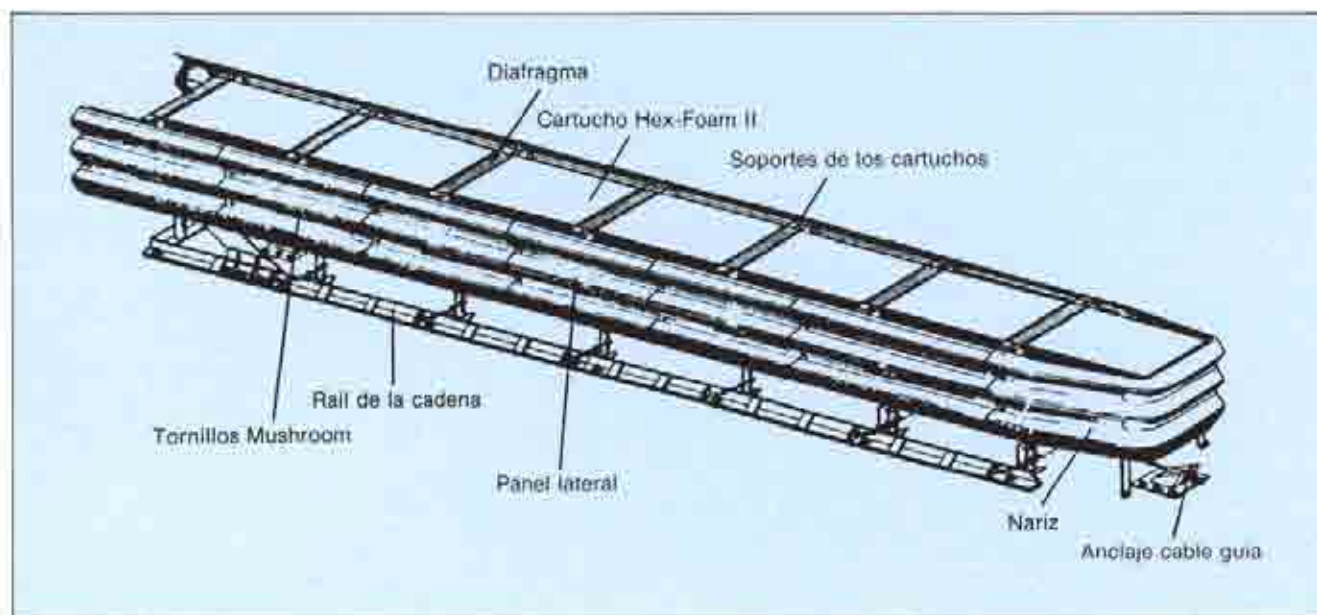
$$\frac{((12 (340 \text{ mseg}) + 30 (10 \text{ seg}))}{350 \text{ mseg}} = 12,5 \text{ G}$$

Un vehículo pequeño, al impactar contra un atenuador, sufriría el efecto *spike* con frecuencia, y los más grandes tendrían niveles de deceleración iniciales más pequeños, pero podrían sufrir un *spike* si se hiciera preciso utilizar toda la capacidad de absorción del atenuador y el vehículo llegara a alcanzar el obstáculo. En cualquier caso era posible que los ocupantes de los vehículos sufrieran heridas graves o la muerte a causa de los *spikes*, aunque los niveles de deceleración se mantuvieran por debajo del porcentaje permitido de 12 G.

Los autores del NCHRP 118 habían



Atenuador de impactos.



Atenuador de impactos para zonas estrechas.

contemplado la importancia de la reacción de los ocupantes en cada momento del impacto, pero no consiguieron encontrar un método adecuado para cuantificar los ratios de deceleración del vehículo.

Análisis posteriores del funcionamiento de los atenuadores existentes indicaron que era preciso realizar

ciertos cambios para considerar el efecto de los *spikes* en el ocupante. En 1974 se elaboró una versión revisada: el NCHRP 153.

Este nuevo formato incrementaba el peso mínimo de los vehículos de prueba de 907 a 1.020 kg e incluía requisitos más duros para la adecuación estructural del atenuador. Se mantenía el porcentaje de 12 G para calcular la deceleración del vehículo en impactos frontales, pero las instalaciones que podían producir efectos *spike* importantes habían de satisfacer un criterio medio de 50 m/seg.

La experiencia en carretera demostró que los ocupantes de los vehículos que chocaban contra atenuadores de impactos aún experimentaban serios daños. Así, los investigadores siguieron comparando las reacciones reales de los ocupantes durante un impacto con el porcentaje de 12 G para determinar el motivo por el cual este porcentaje, válido en teoría, no se correspondía con la realidad.

Las condiciones fueron incluidas en una guía revisada que data de 1978, denominada «Circular 191 de Investigación de Transportes».

UN CHOQUE: TRES IMPACTOS

De los estudios realizados se dedujo que un vehículo que chocara contra un objeto rígido causaría tres impactos distintos: en primer lugar, impactaría contra el objeto y se detendría; en segundo lugar, los ocupantes del vehículo chocarían contra algún componente del interior del habitáculo,

como el parabrisas, el asiento delantero, el cinturón de seguridad o el volante, deteniendo al ocupante en relación con la inercia del vehículo, y por último, los propios órganos internos del cuerpo del pasajero serían detenidos por la cavidad pectoral, lo que produciría graves daños si se alcanzaran niveles G excesivos.

Los expertos en carreteras y las autoridades pretendían que los atenuadores controlaran con seguridad los efectos de los dos últimos impactos. Los estudios continuaron recogiendo los resultados de los atenuadores ya instalados para estudiar los efectos ocasionados en los ocupantes durante un accidente.

A finales de los años setenta se produjeron más accidentes graves relacionados con vehículos pequeños, cuyo número se había incrementado sustancialmente. El dilema técnico consistía en desarrollar atenuadores de impacto estándar que pudieran ser efectivos tanto en vehículos grandes como en pequeños. El énfasis de la investigación continuaba centrándose en proteger a las personas, no a los automóviles.

Por fin, en 1981, se elaboró un conjunto de normas más exigentes y realistas para atenuadores de impactos bajo la denominación de NCHRP 230.

En la guía de evaluación del NCHRP 230 se especifica que la velocidad del impacto de un pasajero hipotético, situado en el asiento delantero, contra el interior del vehículo, calculado a partir de las deceleraciones del vehículo y establecido en 0,60 m de

Después de probar varios diseños, la administración norteamericana elaboró una reglamentación que midiera su comportamiento. Con el fin de unificar criterios, numerosos países se rigen por esta normativa.

La seguridad de funcionamiento de una instalación de este tipo puede juzgarse en función de tres factores: adecuación estructural, riesgo hacia el ocupante y trayectoria del vehículo tras la colisión.

deceleración de 10 m/seg subsiguiente al instante del impacto del pasajero hipotético debe ser inferior a 20 G en dirección longitudinal y a 20 G en dirección lateral.

A una velocidad de 12 m/seg, el impacto contra el interior del vehículo no causaría daños serios. Este criterio es el empleado para medir la efectividad del atenuador durante la fase inicial del choque. Cuando más ligero es el vehículo que impacta más difícil resulta para un atenuador ajustarse a las especificaciones.

Una vez que el ocupante choca contra el interior del vehículo, su cuerpo comienza a experimentar la fase de deceleración. En esta posición, el cuerpo es capaz de soportar con seguridad un porcentaje de deceleración de 10 m/seg de 20 G. El atenuador debe detener con seguridad el vehículo, de modo que los ocupantes no experimenten el efecto *spike*.

trayectoria del vehículo. Requiere una prueba de choque en la que el vehículo impacte contra el atenuador en un ángulo de 20° a partir del punto medio del atenuador, debiendo ser redirigido con seguridad a su dirección original en un ángulo igual o menor de 12°.

Francia, la República Federal de Alemania y los Países Bajos emplean actualmente el Índice de Gravedad de la Aceleración (ASI). Esto fue sugerido por H. E. Ross y E. R. Post, del Instituto de Transportes de Texas, en 1972, el mismo año que se desarrolló la primera normativa estatal: NCHRP 118. La gravedad del impacto en el índice ASI se mide de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$ASI = \sqrt{\frac{gx^2}{12} + \frac{gy^2}{9} + \frac{gz^2}{10}}$$

gx = Nivel de deceleración del vehículo en el eje longitudinal.

gy = Nivel de deceleración del vehículo en el eje lateral.

gz = Nivel de deceleración del vehículo en el eje transversal.

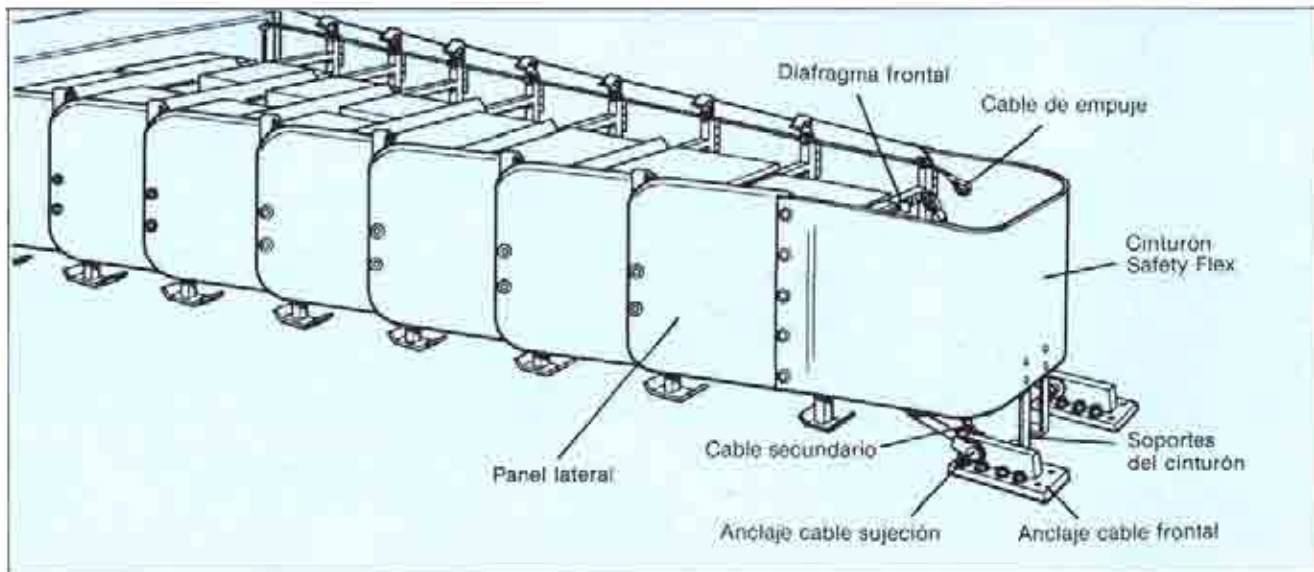
desplazamiento hacia adelante y 0,30 m de desplazamiento lateral, debe ser inferior a 12 m/seg en dirección longitudinal y a 9 m/seg en dirección lateral. Asimismo, el porcentaje de

HACIA LA UNIFICACION DE CRITERIOS

La norma NCHRP 230 establece más especificaciones respecto a la



Las autoridades y los constructores se han visto obligados a mejorar paulatinamente las carreteras para proporcionar un sistema de comunicación y transporte más seguro.



Atenuador de impactos para zonas anchas.

Los componentes g individuales son el porcentaje de los 50 milisegundos durante la deceleración (la misma medida empleada en NCHRP 118, NCHRP 153 y la Circular 191 para deceleración de impactos laterales). Este porcentaje puede incluir un efecto *spike*, como se ha indicado, y seguir por debajo de los límites. La interpretación del ASI, por otra parte, es diferente, dependiendo del país que realice las pruebas.

Dado que ha empezado a hacerse patente la necesidad de utilizar los atenuadores, es necesario atenerse a unas normas únicas.

Asimismo, desarrollar una norma-

La última generación de atenuadores de impacto posee una capacidad de recuperación tras un impacto de, aproximadamente, un 80 por 100. Su coste es bajo en comparación con otras instalaciones evaluadas.

tiva propia puede resultar costoso y lento, por lo que muchos países están utilizando las normas NCHRP 230, aprovechando la ventaja de la experiencia americana.

REPERCUSIONES SOCIALES

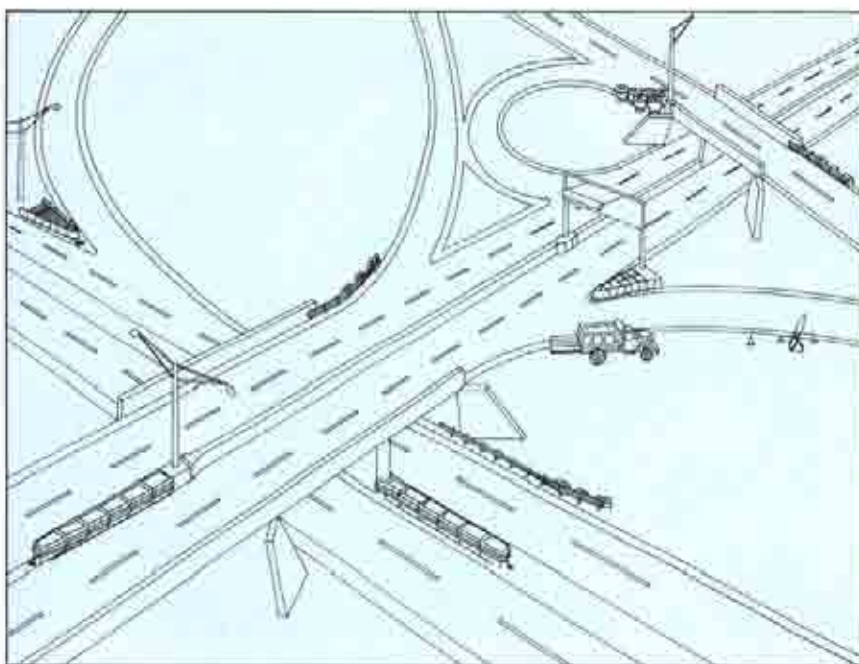
Un informe de la Secretaría de Transportes del Congreso de los Estados Unidos, fechado en 1986, evaluó 22 instalaciones para estudiar el coste de diversas mejoras en comparación con la reducción de muertes y daños, y concluyó que los atenuadores de impacto tienen el coste más bajo, resultando un ratio de efectividad/precio de 1,7.

En nuestro país, estos atenuadores ya están salvando vidas.

El pasado 13 de marzo, Francisco Javier V. no tuvo que pagar con su vida su error al salirse de la carretera e impactar en la N-1 (enlace de Manóteras) contra el sistema de seguridad que el MOPU a instalado en 12 puntos negros de las carreteras.

Estos aparatos instalados son la última generación de atenuadores de impacto y, además de cumplir todos los requisitos imprescindibles que se han comentado anteriormente (NCHRP 230), poseen una inigualable capacidad de recuperación tras un impacto total de aproximadamente un 80 por 100.

Los sistemas fueron diseñados y fabricados por la empresa norteamericana Energy Absorption Systems, pionera en seguridad en carreteras desde hace veinte años, y están siendo introducidos en España y Portugal.



Diferentes tipos de atenuadores de impactos en función de su situación.