



Barrera de seguridad de hormigón prefabricada. La Albufereta (Alicante).

ARTICULO

BARRERAS RIGIDAS DE HORMIGON POR SEGURIDAD

POR JOSE MANUEL LOZANO MARTIN Y CARLOS JOFRE IBAÑEZ*

Como consecuencia del aumento del tráfico y de las velocidades de circulación, ha ido creciendo la necesidad de la colocación de barreras de seguridad en las carreteras, con el fin de evitar los accidentes que se pueden originar por la salida de los vehículos de la calzada. De su construcción, emplazamiento y aplicaciones, así como de sus costes y resultados, trata el siguiente artículo.

Las cualidades que debe reunir una barrera de seguridad pueden resumirse en la definición dada por un grupo de investigación de la OCDE:

«Una barrera de seguridad es un dispositivo concebido e instalado para:

1. Impedir a un vehículo dañar a terceras personas, no circulando por la calzada.
2. Impedir a los automóviles y, en la medida de lo posible, a los vehículos pesados, penetrar en una zona peligrosa

(en particular, en la calzada opuesta, en el caso de autopistas y autovías).

3. Reencauzar el vehículo en una dirección casi paralela a la de la barrera.

4. Mantener dentro de los límites tolerables las fuerzas a las que se ven sometidos los ocupantes del vehículo.

5. Reducir los costos de los daños materiales.

6. Resistir los choques de los vehículos, sin que el vehículo o la barrera se conviertan en un peligro para los restantes usuarios de la carretera».

Dentro de los diferentes tipos de barreras de seguridad existentes, probablemente sean las de hormigón, las que mejor cumplan con todo el conjunto de condiciones reseñadas.

La barrera rígida de seguridad de hor-

migón es un dispositivo, que al contrario de la flexible, no se basa en la absorción de parte de la energía cinética del impacto por su propia deformación. Por esta razón, no es necesario prever un espacio detrás de la misma, como ocurre con las barreras semirrígidas (metálicas) tipo doble onda.

El perfil transversal de la barrera hace que la energía cinética del impacto sea absorbida en un primer término por las partes flexibles del vehículo, es decir, las ruedas y la suspensión, para posteriormente redirigir el vehículo impidiendo su salida de la plataforma.

2. ENSAYOS

Ya en el año 1960, las autoridades americanas decidieron estudiar y ensayar, para su posible implantación posterior, un separador de hormigón capaz de resistir mejor y de una manera más eficaz los choques de los vehículos.

Después de ensayar una serie de prototipos, el perfil denominado «New Jersey» (Figura 1) resultó ser el más apropiado.

Este perfil básico tiene una altura total de 80 cm y consta de:

- una cara vertical inferior de 7,5 cm de altura;
- una cara inclinada 55°, con una altura de 25 cm;
- una cara casi vertical de 84° de inclinación y 47,5 cm de altura.

Más adelante, entre los años 1974 y 1976, la ONSER (Oficina Nacional de la Seguridad de la Carretera), efectuó en Lyon (Francia) unos ensayos todavía más severos que los realizados en Estados Unidos. Estos ensayos consistieron en proyectar sobre la barrera de seguridad tres vehículos con ángulos de impacto y velocidades variables con las siguientes características:

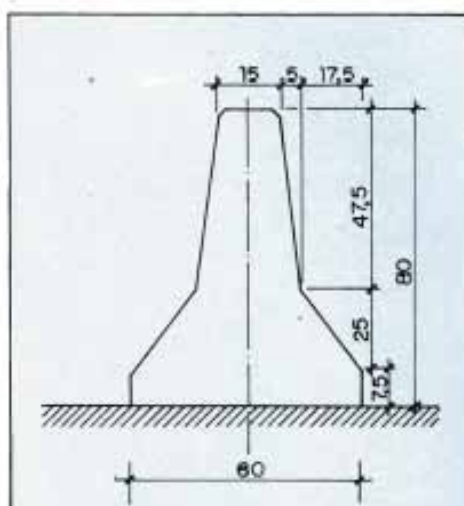


Figura 1: Definición geométrica del perfil New Jersey.

1. Un Peugeot 404 teledirigido, lanzado sobre la barrera a 84 km/h y con un ángulo de 30°: el coche, aunque fuerte y visiblemente deteriorado, no franqueó el separador y permaneció apoyado sobre sus ruedas, circulando paralelamente al eje de la calzada. La barrera no sufrió daño alguno, apreciándose únicamente algunas huellas de neumáticos.

2. Un camión de 10 t, proyectado a 72 km/h con un ángulo de impacto de 20°: en este ensayo especialmente severo, se comprobó que el camión no pasaba al otro lado de la barrera ni volcaba; después del choque continuaba circulando a lo largo de la barrera hasta detenerse a unos 20 m del punto de impacto. La barrera tampoco sufrió vuelco ni fisuración, únicamente una parte de ella (de 1,75 m de longitud y 15 cm de altura) fue arrancada siendo por lo demás fácilmente reparables los desperfectos.

3. Un autobús de 50 plazas lanzado

a 70 km/h y con ángulo de 20°: el comportamiento del vehículo fue el mismo que en los casos anteriores. La barrera tampoco sufrió desperfectos, notándose únicamente algunas trazas de neumáticos y restos de pintura del vehículo.

En estos ensayos cabe destacar la seriedad con que fueron realizados, así como la utilización de vehículos europeos, de concepción diferente a la de los americanos, lo que podía inducir a considerar con ciertas reservas los satisfactorios resultados de los numerosos ensayos similares llevados a cabo en EE. UU. Tampoco han sido los ensayos de la ONSER los únicos efectuados en Europa, sino que también hicieron experiencias similares en países como Inglaterra y Dinamarca, con un completo éxito.

3. PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN

3.1. Forma y dimensiones

Sobre la idea básica de perfil formada por una cara vertical, otra inclinada y una final casi vertical, desarrollada en el estado de New Jersey, se introdujeron algunas modificaciones. Tras una extensa investigación abarcando el desarrollo de modelos en computador y la realización de pruebas a escala real, se estimó como perfil óptimo el denominador «perfil F», aunque sus resultados no son tan superiores a los del perfil básico New Jersey como para hacer necesario el cambio de un perfil a otro en los estados acostumbrados a utilizar dicho perfil.

En España, en la «Nota Informativa para el Proyecto y Construcción de Barreras Rígidas de Seguridad», actualmente en elaboración por el Área de Tecnología de la Dirección General de Carreteras, se recomienda la utilización de di-

SITUACIÓN	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	LONGITUD (KM)	PERFIL TIPO EMPLEADO	MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN
N-IV Vitoria de Segorbe	1979	2,9	New Jersey	Encofrados fijos
A-606 Jorba (Barcelona)	1981	5,5	New Jersey (b=77 cm)	Encofrados deslizables
L-61 Bazañón (Alicante)	1984	0,8	Bloque "B-lo-bloc"	Prefabricado
N-V Valencia-Bombarderos	1984	1	Perfil "F"	Encofrados fijos
N-600 Y-1 (Tenerife)	1985	3,3	O.B.A.	Encofrados deslizables
N-IV Valencia-La Alfranca	1985	2	New Jersey	Prefabricado

Cuadro 1: Barreras de seguridad de hormigón (en medianas) construidas en España.

cho «perfil F», el cual consta de tres partes bien diferenciadas (Figura 2).

a) Una cara vertical de 8 cm de altura nominal con una tolerancia de +3 cm y -1 cm. En el caso de que sea previsible un refuerzo en la calzada a corto o medio plazo, esta cara vertical puede alcanzar de 12 a 15 cm de altura sin que el comportamiento de los vehículos ligeros que choquen con ella, se vea perturbado excesivamente (reventón de neumáticos, vuelco). Por el contrario, cualquier reducción en la altura de esta cara vertical puede perturbar el comportamiento frente al impacto de vehículos pesados.

b) Una cara inclinada 55° respecto a la horizontal, y de una altura de 18 cm sobre la cara vertical, lo que corresponde a un entrante en planta de 12,5 cm. Esta altura está más adaptada a los vehículos usuales en Europa que la de 25 cm del perfil «New Jersey».

c) Otra cara situada a continuación de la anterior, preferiblemente unida a ella mediante un acuerdo circular de 25 cm de radio y cuya inclinación es de 84° respecto de la horizontal, hasta completar la altura real de la barrera.

La altura de la barrera se establece en 80 cm, como suma de las tres partes a, b y c anteriormente descritas, con una tolerancia de +3 cm y -2 cm. Caso de preverse refuerzos en la calzada, dicha altura debe entenderse referida a la situación final después del refuerzo. En zonas urbanas y con velocidades limitadas por la semaforización, puede disminuirse la altura en 10 cm.

El remate de la barrera será generalmente horizontal, con una anchura mínima de 15 cm, redondeando las aristas con un radio de 2 cm.

Así, en el momento del choque, la rueda frontal del vehículo se pone en contacto con la parte vertical de 8 cm de altura que tiende a frenar y enderezar el vehículo. Si esta resistencia inicial es vencida, la rueda asciende por la cara inclinada 55° y una o ambas ruedas y el costado del vehículo son levantados hasta 26 cm por encima de la calzada. Esta elevación absorbe la energía del impacto y equilibra el momento de vuelco mediante la compresión de la suspensión del vehículo. Con pequeños ángulos de impacto esto sucede sin que la carrocería golpee la barrera. Si la velocidad del vehículo y el ángulo del impacto son suficientemente altos, la rueda continúa ascendiendo por encima del talud de 55° , poniéndose en contacto con la parte superior casi vertical de la barrera, lo que completa el frenado y encauzamiento del vehículo, redirigiéndolo al carril contiguo a la barrera, paralelamente a la misma.

En Francia se emplea el denominado perfil DBA, cuyas características geométricas son las mismas que las del perfil «New Jersey».

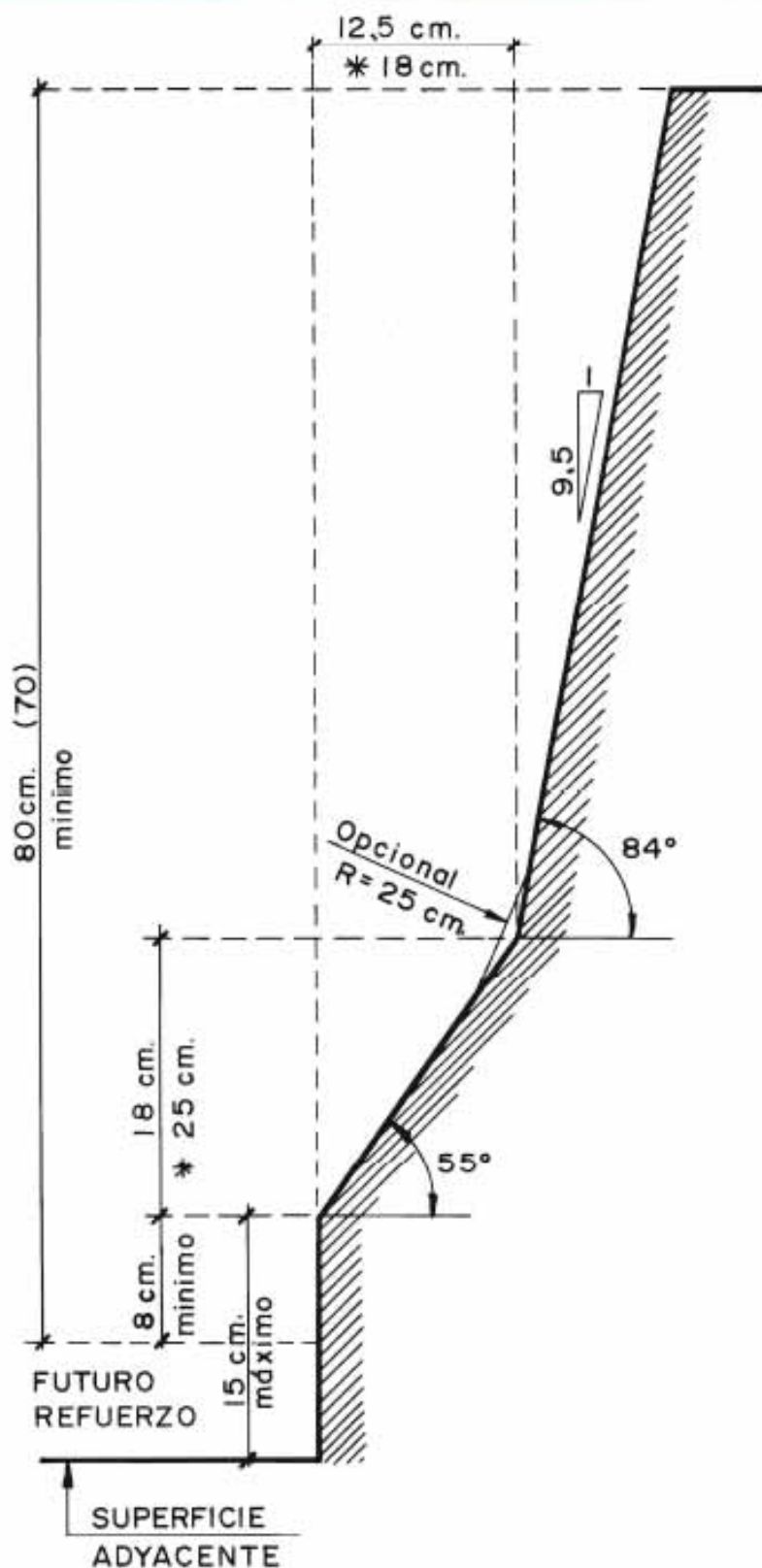


Figura 2: Forma y dimensiones del perfil de la barrera rígida de seguridad.

*Para perfil «New Jersey».



Construcción de la barrera con una máquina de encofrados deslizantes. Acceso Norte, Alicante.



Barrera con elementos prefabricados (La Albufereta, Alicante).

3.2. Emplazamiento

Siguen vigentes los criterios para emplazamientos de «Consideraciones precisas» y «Prioridad» establecidos en la O.C. 229/71 C.U. «Normas sobre barreras de seguridad», actualizadas por la «Nota Informativa» anteriormente citada.

De todas formas hay emplazamientos en donde la barrera de seguridad está especialmente indicada. Tal es el caso de las estructuras y muros sobre los que pasa la vía, en donde la barrera puede continuarse en forma de pretil infranqueable, sobre todo si no existe una acera de anchura suficiente como para alojar la deformación de una barrera semirrigida. Se pueden presentar problemas de aspecto exterior de la estructura al aumentarse el canto aparente de ésta con la altura del perfil, cosa que puede solucionarse, por ejemplo, tratando adecuadamente el pavimento exterior del

pretil, jugando con texturas y colores, etc. Debido también a su rigidez, puede incluso integrarse con un obstáculo fijo, próximo a la calzada, como es el caso de pilas y estribos de estructuras, hastiales de muros, postes, edificios, etc.

3.3. Métodos de construcción

Para la construcción de barreras rígidas de seguridad pueden emplearse tres métodos:

- Hormigonado «in situ» con encofrados deslizantes;
- Hormigonado «in situ» con encofrados fijos;
- Colocación de elementos prefabricados.

El primer método es el más utilizado, siendo además el más recomendado en Francia por sus resultados de calidad. Para su ejecución se emplean bordilla-

doras o pavimentadoras de encofrados deslizantes a las que se les acoplan los elementos necesarios, debiendo estar todas ellas equipadas con vibradores internos. Incluso existen equipos especialmente concebidos para la ejecución de barreras de hormigón que permiten, por la división del molde conformador en dos mitades con movimientos independientes, el ir ajustando automáticamente la forma del perfil hormigonado, durante la ejecución de la barrera de mediana situada entre dos calzadas a diferente nivel. Así se han conseguido construir barreras con una altura superior a 1,5 m. El rendimiento obtenido es alto, pudiendo oscilar entre 500 y 900 m en una jornada de trabajo (avance normal en una semana en la instalación de barreras metálicas flexibles). En carreteras de alta intensidad de tráfico, es posible incluso ejecutar la barrera por la noche. Para conseguir estas elevadas producciones es indispensable que el suministro del hormigón sea regular y que no se produzcan detenciones que puedan perjudicar también a la calidad de la obra. Además es importante que el contratista tenga experiencia en la utilización de estos equipos, de forma que los retoques manuales sean mínimos. Estos deben ser evitados en la medida de lo posible, pues suelen originar superficies poco resistentes. Hay que procurar, por tanto, que la única operación a efectuar sobre la barrera a la salida de la máquina de encofrado deslizante sea la de curado.

El método de hormigonado «in situ» con encofrados fijos suele emplearse únicamente cuando hay que disponer la barrera en lugares especiales o en la construcción de tramos cortos.

La utilización de elementos prefabricados para la construcción de barreras tiene diferentes ventajas, como son la de una mayor uniformidad en la resistencia del hormigón y en el aspecto de la obra. Su principal problema es el asegurar una adecuada transmisión de esfuerzos de unos bloques a otros y a la superficie de apoyo. La longitud normal de cada elemento suele oscilar entre 2 y 4 m, disponiéndose normalmente en su interior un mallazo para resistir los esfuerzos del montaje.

Entre los dos elementos consecutivos se suele recurrir a la utilización de juntas como las de bulón y pasador o ranura y lengüeta, pudiendo disponerse en la base una capa de mortero con una llave que encaja en la barrera. La colocación se realiza con equipos convencionales de elevación.

Este método es particularmente adecuado para su empleo como barrera temporal (desvíos de tráfico, protección de obras, etc.).

En junio de 1984 se presentó en Francia por primera vez una nueva máquina que permite transportar con gran facilidad y de forma continua bloques prefa-

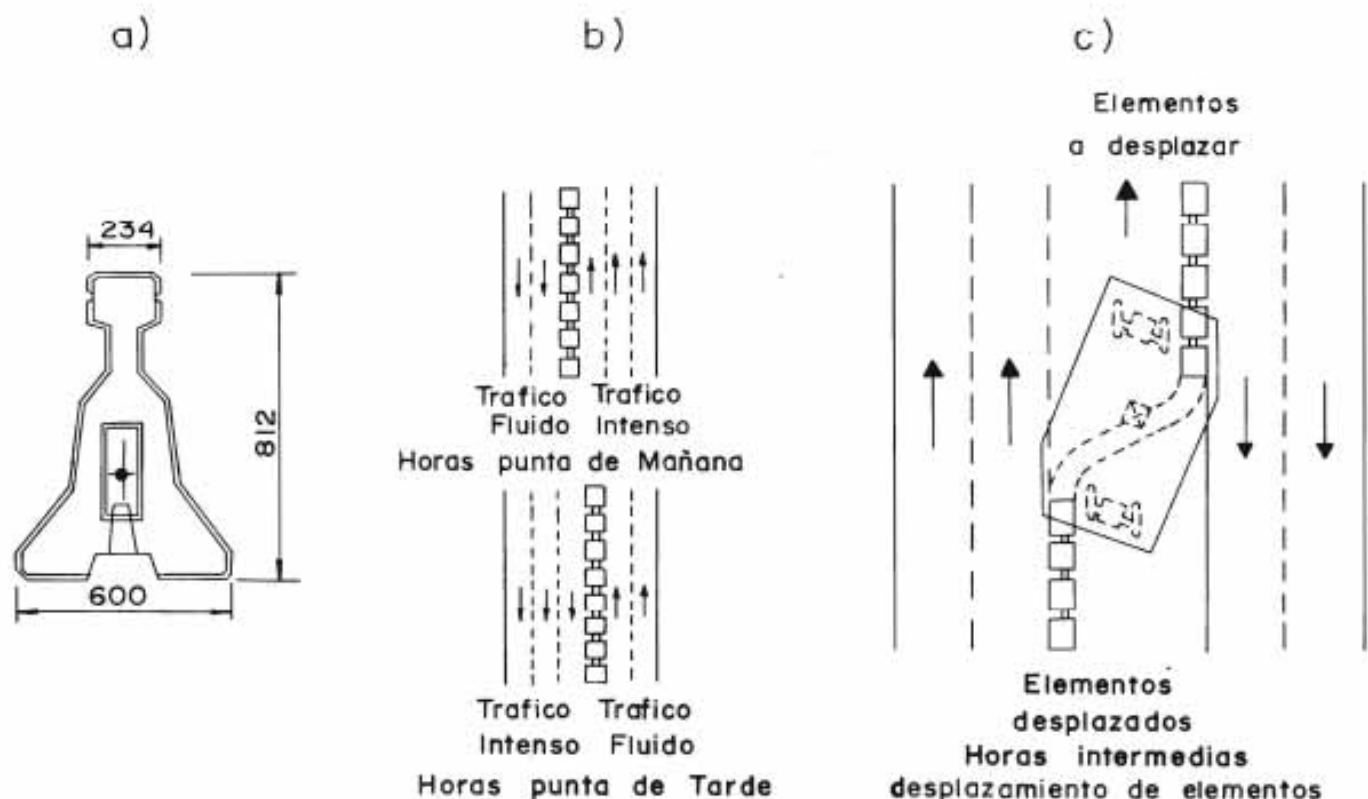


Figura 3: Barrera prefabricada desplazable.

bricados de hormigón entre sí por bulones formando una cadena.

Cada bloque, con un perfil New Jersey, pesa 650 Kg y mide 1,10 m de longitud acabando en una cabeza de diseño especial que permite su manipulación por la máquina (Figura 3a).

La originalidad del sistema es su capacidad de desplazamiento a una velocidad de avance de 12 a 20 km/h con un ancho de desplazamiento ajustable entre 2,5 y 5 m.

La máquina, totalmente reversible, posee un sistema de transposición consistente en un carril en forma de «S» (Figura 3c) equipado con pinzas que sujetan y levantan los bloques.

Gracias a este sistema, los elementos prefabricados constituyen por su robustez una protección eficaz para el personal de la obra pudiéndose utilizar también para el establecimiento de carriles reversibles (Figura 3b).

3.4. Materiales

3.4.1. Hormigón

El material constitutivo de la barrera rígida de seguridad es el hormigón. Por



Dificultad de transmisión de esfuerzos en las barreras prefabricadas.

tratarse de un elemento a la intemperie y que puede verse sometido a fuertes choques, deben utilizarse hormigones de calidad con una resistencia característica mínima a los 28 días de 200kp/cm² a compresión simple. La dosificación usual de cemento suele oscilar entre 300 y 350 kg por metro cúbico.

La consistencia debe de ser la adecuada al método de ejecución. Si se emplean máquinas de encofrado deslizante, es muy importante asegurar la regularidad de la misma; en este caso el asiento en el cono de Abrams oscila entre 2,5 y 4 cm según la naturaleza de los áridos disponibles.

Suele ser también usual la incorporación de un aireante-plastificante.

3.4.2. Armaduras

Con el fin de aumentar el monolitismo de la barrera rígida y su buen comportamiento frente al choque, cuando esta se coloca por extrusión con encofrado deslizante, es conveniente la disposición de armaduras. En las últimas realizaciones francesas y en la más reciente española en la autopista TF-1 en Tenerife, se han dispuesto dos barras longitudina-

les centradas $\varnothing 12$ a 15 y 30 cm de la coronación de la barrera. Esta misma circunstancia es también recomendada en la «Nota Informativa sobre el Proyecto y Construcción de Barreras Rígidas de Seguridad» anteriormente citada (Figura 4a). Los solapes entre armaduras son los normales de la EH-82.

Cuando la barrera se construye con encofrados fijos es más normal la utilización de un mallazo de $\varnothing 8$, con retícula 15×15 cm situado en el plano medio de la barrera (Figura 4b).

Un caso aparte es la construcción de defensas de puentes con perfil New Jersey, en donde se suelen disponer fuertes cuantías de armadura.

3.5. Juntas

Un elemento indispensable para asegurar el buen funcionamiento de las barreras, estructuras largas y estrechas, son las juntas. Al igual que en los pavimentos de hormigón, puede ser preciso, cuando se ejecutan «in situ», disponer en ellas juntas de contracción y construcción o de dilatación. En el caso de barreras prefabricadas casi todas las juntas son de construcción.

No suele ser necesario disponer juntas de contracción, dejándose que la barrera se fisure libremente.

Las juntas de construcción, como las de fin de día, cuando se utilizan bordilladoras, se realizan empleando una plantilla con la forma del perfil, anclada en la base. Para asegurar la continuidad estructural de la barrera puede disponerse de una llave, o dejar agujeros en la plantilla para permitir el paso de anclajes.

Las juntas de dilatación deben dispo-

nerse en localizaciones especiales (p. ej. encuentros con obras de fábrica) o bien para acomodarse a juntas de dilatación existentes en el pavimento o mediana sobre la que se haya construido la barrera.

En el caso de que la barrera rígida de seguridad franquee una junta de dilatación correspondiente a una estructura se tendrá en cuenta lo siguiente:

— Cuando el movimiento previsto de la junta no rebasa los 2 cm, bastará con un corte vertical en la barrera, en correspondencia con la junta, y de dicha amplitud.

— Caso contrario, la continuidad de la barrera debe asegurarse mediante un manguito metálico.

3.6. Curado

Al igual que en los pavimentos de hormigón, se debe evitar la desecación brusca de la superficie de la barrera por efecto del viento y del sol.

Lo más usual es la pulverización de productos filmógenos de garantía reconocida con una dosificación que puede oscilar entre 250 y 300 g/m². Pueden emplearse también membranas impermeables (hojas de polietileno por ejemplo) debidamente sujetas por sus extremos.

3.7. Otros detalles constructivos

En el caso de que la barrera esté armada según se indica en 3.4.1., no es necesario cimiento alguno, ya que las armaduras mejoran la estabilidad de la barrera frente al vuelco, apoyándose ésta

directamente sobre un pavimento de hormigón o bituminoso e incluso sobre una capa granular bien compactada. En los extremos de la barrera (en los 3 últimos metros) debe preverse un cimiento de hormigón monolítico con la barrera de al menos 15 cm de profundidad en la capa granular o bien un recubrimiento lateral de al menos 3 cm de mezcla bituminosa.

Un detalle importante es el tratamiento de los extremos de la barrera. Así, en el extremo de cara al tráfico, se debe proceder a un desvanecimiento en altura (Figura 5a). En otros casos es suficiente el efectuar un desvanecimiento lineal (Figura 5b).

En las barreras de mediana deben preverse arquetas y sumideros para la evacuación de la escorrentía superficial teniendo en cuenta para su dimensionamiento el mantenimiento de la continuidad de la barrera. Además se pueden situar troneras transversales para permitir el paso del agua de una cara a otra, sin más que dejar embebidos los encofrados perdidos oportunos.

Es conveniente también en las barreras de mediana instaladas permanentemente, interrumpir de vez en cuando su continuidad, con el fin de que en el caso de accidente o de operaciones de conservación, el tráfico pueda ser transferido de una calzada a otra.

Con el objeto de mejorar el aspecto estético del paramento de hormigón, puede ser interesante el proceder a su pintura o decoración. A este respecto, una solución muy interesante es la utilizada en algunas realizaciones españolas consistente en el trazado de franjas horizontales de intensidad creciente hacia arriba, con un tono dependiente del predominante en el paisaje.



Figura 4: Armado de la barrera rígida de seguridad.

4. APLICACIONES

La barrera de seguridad de hormigón, debido a sus características, puede ser perfectamente incorporada a otros elementos de seguridad vial, siendo entonces sus misiones completamente diferentes a las de su concepción como barrera de mediana separando dos corrientes de tráfico.

Así, nos encontramos con aplicaciones tan distintas como:

- Protección de obstáculos localizados en la mediana o márgenes de la carretera, tales como pilas de estructuras, pórticos de señalización e incluso báculos de iluminación. En este último caso puede ser necesario el adaptar la anchura de la coronación de la barrera a las necesidades del pie del báculo, pudiéndose situar las canalizaciones eléctricas en el interior de la barrera.

- Parapetos de puentes, terraplenes altos, etc., formando un pretil infranqueable en evitación de la posible salida de vehículos de la calzada.

- Protección de las partes bajas de los muros de contención, de los pies de taludes, e incluso de los revestimientos de túneles, evitando los choques de los vehículos contra ellos, etc.

Como ya se ha mencionado, dada la práctica indeformabilidad que poseen las barreras de hormigón, puede resultar muy ventajosa en lugares donde no son admisibles las fuertes deformaciones que se producen en otros tipos de barreras como consecuencia de choques violentos y que suelen anular, en general, la eficacia de las mismas hasta su reparación; esto no ocurre, por el contrario, con las barreras de hormigón que siguen cumpliendo su misión después de un impacto.

5. REALIZACIONES

La utilización de las barreras de seguridad en hormigón es cada vez mayor, desde su aparición en el estado de New Jersey en 1955. Ya en el año 1974, la longitud instalada en EE.UU. ascendía a 2.250 km (160 km contruidos sólo durante ese año en California). A finales de 1979 la cifra era de 5.800 km (643 km contruidos ese año) y prácticamente todos los estados norteamericanos contaban con alguna realización de este tipo.

En Francia, posteriormente a los ensayos de la ONSER en 1974, se construyeron dos barreras de seguridad. A finales de 1983 ya contaban con 590 km de barreras contruidas por el método de hormigonado «in situ» con encofrados deslizantes (**Figura 6**).

También se tienen noticias del empleo, no sólo en Europa (Bélgica, Inglaterra, Suiza, Alemania...), sino también en países de localización geográfica tan diferente como Australia, Marruecos, Nue-



Estética de la barrera de seguridad de hormigón (Acceso Norte. Alicante)



Barrera de seguridad de hormigón en el Acceso Norte a Alicante

va Zelanda, Costa de Marfil, Brasil e Israel, entre otros.

En España su utilización ha experimentado un impulso considerable ya que después de la primera realización en 1970 en la N-IV, a la salida de Madrid, se han construido una serie de tramos que resumidamente se detallan en el Cuadro 1.

Por otra parte son muy numerosos los ejemplos de aplicación en defensas para puentes.

6. RESULTADOS Y ESTADÍSTICAS

La mejor prueba de la eficacia de las barreras de seguridad en hormigón la constituyen las espectaculares reducciones de accidentes que se han conseguido en los tramos peligrosos de carreteras, tanto europeas como americanas, en las que se han instalado; por el contrario, cuando se han mantenido otros tipos de barreras, el número de accidentes ha aumentado normalmente en proporción directa al incremento del tráfico.

Así, en el estado de Wisconsin, en un periodo de dos años y medio previo a la

instalación de una barrera New Jersey, en una quinta parte de los 505 accidentes, en los que intervino la mediana, los vehículos atravesaron esta completamente, y la mitad de ellos (51) chocaron con los vehículos que circulaban en sentido opuesto, lo que originó un total de 9 muertos. Un año después de la colocación de la barrera, solamente se había constatado un cruce de medianas, provocando una muerte.

Las estadísticas americanas muestran asimismo que en el 80 por 100 de los casos, los choques contra las barreras se realizan con ángulos de impacto inferiores a 5°, lo que es favorable para la seguridad del viajero ya que los ángulos de impacto elevados resultan perjudiciales para los vehículos, sobre todo si estos son ligeros.

En Francia, en un tramo de 9,5 km, después de un periodo de dos años de servicio, se ha podido constatar lo siguiente:

- La ausencia de accidentes mortales;
- Una disminución del orden del 85 por 100 (de 27 a 4) del número de heridos;
- Un descenso del 90 por 100 (de 41 a 4) del número de accidentes.

Es también interesante destacar la mejora de la seguridad obtenida en el túnel de la autopista A-6, cerca de París, en donde todos los meses se registraban varios accidentes que causaban grandes daños en los vehículos y en las paredes del túnel. Desde la instalación de un perfil New Jersey a lo largo de dichas paredes, en noviembre de 1974, el número de accidentes se han reducido en más del 50 por 100, apreciándose numerosas huellas de vehículos que han chocado con el perfil y han proseguido su camino sin que se hayan producido desperfectos.

Asimismo, el ingeniero M. Christian Laproye, que dirigió los estudios del SETRA entre los años 1975 y 1979, afirmó que la barrera de seguridad de hormigón suprime totalmente los franqueamientos de mediana; que los accidentes no declarados y descubiertos únicamente por las huellas de los neumáticos sobre la barrera, alcanzan el 60 por 100 de los accidentes que antes eran declarados, y que además se disminuye, en comparación con la barrera metálica, en un 75 por 100 el número de muertos y en un 13 por 100 el número de heridos.

En España, en la barrera colocada en el acceso Norte a Alicante, en diciembre

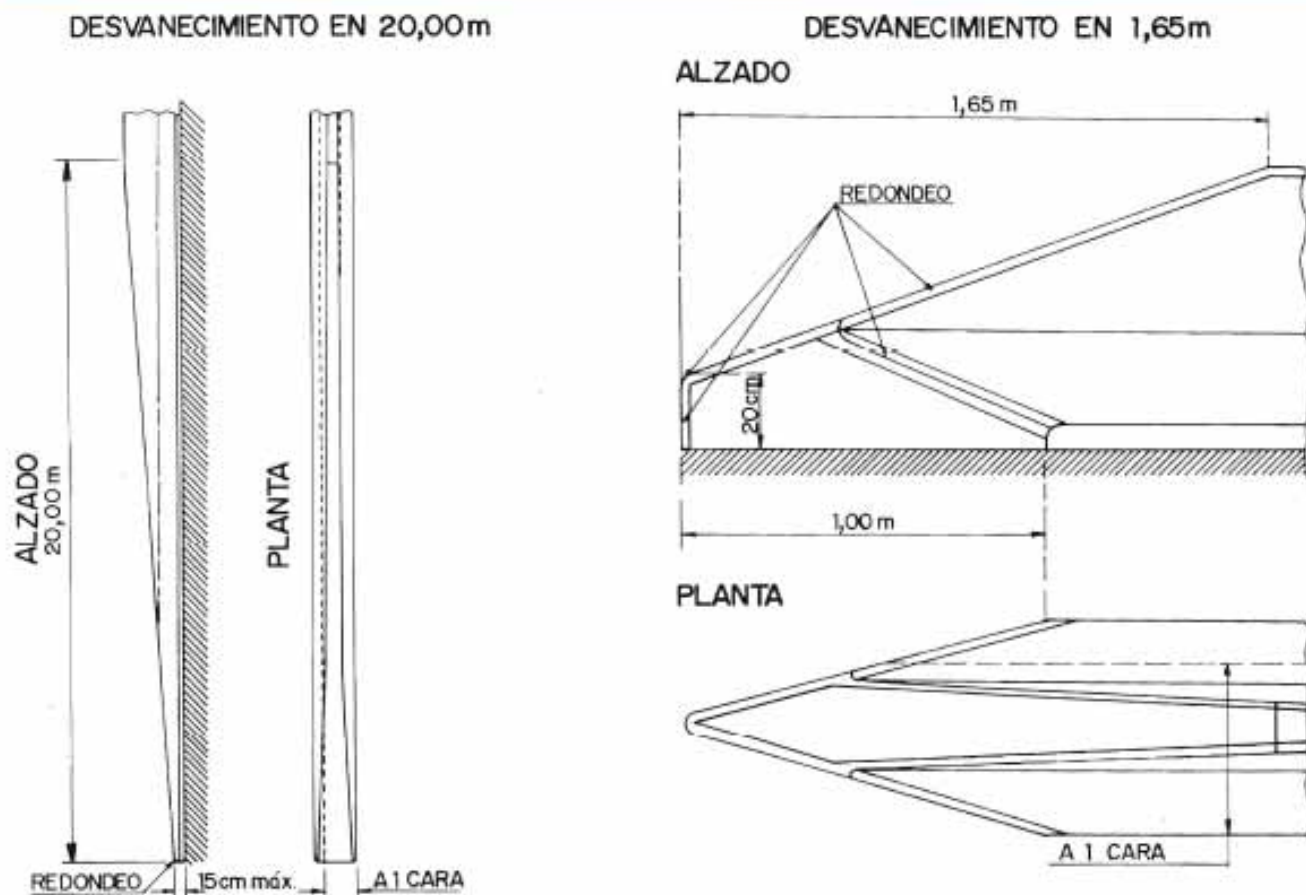


Figura 5: Extremos de barreras rígidas de seguridad.



Construcción de una barrera de seguridad en Alicante (Acceso Norte)



Barrera de seguridad de hormigón en la Autopista TF-1 (Tenerife)

de 1981, se ha comprobado su buen comportamiento frente a los accidentes, observándose muchas huellas en la misma sin declaración de siniestros, además de una aceptación notable, en cuanto a impacto ambiental se refiere, por parte de los usuarios y medios de comunicación. Desde que esta barrera está en servicio, el número de accidentes y de muertos ha descendido notablemente.

Es de destacar también que en la barrera situada en la N-IV todavía no se ha registrado franqueamiento alguno.

7. ASPECTOS ECONOMICOS

En lo que al aspecto económico se refiere, actualmente, el coste de ejecución de las barreras de hormigón en la mediana, es igual o ligeramente inferior en comparación con las barreras metálicas normalmente utilizadas. En el caso de las barreras situadas en los márgenes de la

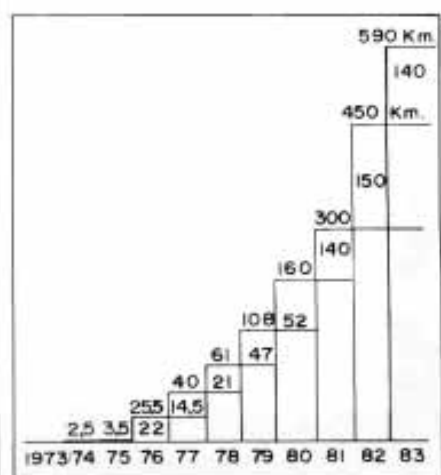


Fig. 6: Realizaciones francesas de barreras de seguridad en hormigón con máquinas de encofrado deslizante.

via el coste de la barrera de hormigón es algo superior.

Además de ello, los gastos de conservación son mínimos, incluso en zonas con alto porcentaje de accidentes ya que los impactos más frecuentes se producen con un bajo ángulo de incidencia, no produciendo daños en la barrera. Este hecho es importante ya que, aparte de ocasionarse menores gastos, se evitan otro tipo de problemas suplementarios como son la reducción de las demoras causadas al tráfico así como el peligro de accidentes en los obligados y necesarios trabajos de conservación (en especial para el personal encargado de la reparación de desperfectos).

Se ha comprobado también que incluso después de choques violentos (alta velocidad y elevado ángulo de impacto)

BIBLIOGRAFIA

1. O.C.D.E.: Recherche sur les glissières de sécurité, Paris, 1969.
2. FHWA.: Report on Occident Experience — Concrete Median Barriers. Federal Highway Administration, Wisconsin Division, diciembre 1973.
3. LOKKEN, E.C.: «Concrete Safety Barrier Design». Transportation Engineering Journal of ASCE, Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Vol. 100 n.º TEL, febrero 1974.
4. INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO: Barreras de Seguridad de Hormigón para Carreteras, Buenos Aires, 1977.
5. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION: Concrete Safety Barriers, Shokie (Illinois), 1979.
6. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION: Concrete Barrier Awards, mayo 1980.
7. JOFRE, C.: Barreras de seguridad de hormigón, Jornadas sobre pavimentos de hormigón, Barcelona, diciembre 1981.
8. GUIMARHO, C.: «Les séparateurs de sécurité en béton», Revue General des Routes et Aerodromes n.º 507, marzo 1975.
9. LASSERRE, J.F.: «Les séparateurs de sécurité en béton», Revue General des Routes et Aerodromes n.º 554, junio 1979.
10. ADAM, Serge: «Sécurité routière — les séparateurs en béton et les lits diarrêts», Revue General des Routes et Aerodromes, junio 1983.
11. STORA, Guy: «Histoire des glissières en béton en France et à l'exportation», Revue TRAVAUX n.º 594, diciembre 1984.
12. LAPROYE, M.: «Barrières de sécurité en béton», Coloquio Internacional sobre carreteras de hormigón, Besançon (Francia) septiembre, 1978.
13. JOFRE, C.: «Drenaje lateral. Arceles. Barreras de seguridad en hormigón». Curso de Pavimentos de Hormigón, Madrid, febrero 1986 (no publicado).
14. Jornada Técnica sobre Barreras de Seguridad en Hormigón, Madrid, 23 enero de 1986 (no publicado).
15. DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS: Nota informativa sobre el proyecto y construcción de barreras rígidas de seguridad, 1986.



Eficacia de la barrera de seguridad del hormigón. Carretera Nacional IV. Villaverde-Seseña.

las reparaciones que ha sido preciso efectuar han sido mínimas, característica corroborada tanto en ensayos como en tales casos reales. Es importante también destacar que esta barrera no se ve sometida a procesos de oxidación lo que supone una mayor durabilidad.

En el caso concreto de la barrera de seguridad en hormigón, ejecutada en la autopista TF-1 entre Santa Cruz de Tenerife y el Aeropuerto del Sur, abierta al tráfico en noviembre de 1985, las ventajas económicas han sido notables. La conservación de la barrera es prácticamente inexistente, sobre todo si se compara con las reposiciones de vallas metálicas que tienen lugar en un tramo de longitud similar en la misma autopista, y que suelen ser de 800 m al año. Además estas vallas metálicas sufren una gran oxidación agravada por la proximidad del mar.

A todos estos conceptos hay que añadir el coste de los daños humanos y materiales en los accidentes, que es mucho menor en todos los casos con el uso de barrera de seguridad de hormigón.

8. CONCLUSIONES

De todo lo expuesto anteriormente, pueden concluirse como resumen los siguientes puntos de interés de la barrera de seguridad en hormigón:

- Constituye una solución muy estudiada, tanto a nivel de simulaciones teóricas con computador como de tramos de ensayo sometidos a pruebas particularmente severas.
- Las posibilidades de aplicación son muy elevadas: barreras de mediana y de

márgenes, defensa de puentes, muros, túneles, etc., lo cual puede originar a su vez la reducción de los daños causados a otros elementos tales como faros, revestimiento de túneles, pilas de estructuras, etc. Es actualmente el único dispositivo que se adapta bien en las secciones con medianas estrechas.

— Su construcción con máquinas de encofrados deslizantes o con elementos prefabricados no presenta ningún tipo de problemas, obteniéndose en el primer caso rendimientos elevados en puesta en obra.

— Por su peso, puede construirse sin necesidad de anclaje al suelo ya que la inercia que representa su masa es suficiente para resistir los impactos.

— Por su altura (usualmente 80 cm) reduce el deslumbramiento de los coches que circulan en dirección contraria. También puede utilizarse como un soporte de elementos de pantalla antideslumbrante.

— Sus costes de construcción son similares a los de otras soluciones y sus gastos de conservación prácticamente nulos.

— Su eficacia en la reducción de accidentes en situaciones de tráfico real, ha sido plenamente confirmada por las estadísticas traduciéndose en una sensible mejora de la seguridad vial con una notable disminución del número de muertos y heridos. □

* José Manuel Lozano Martín es Ingeniero de Caminos en el Instituto Español de Cemento y sus Aplicaciones. Carlos Jofré Ibáñez es Ingeniero de Caminos en el Instituto Eduardo Torroja.