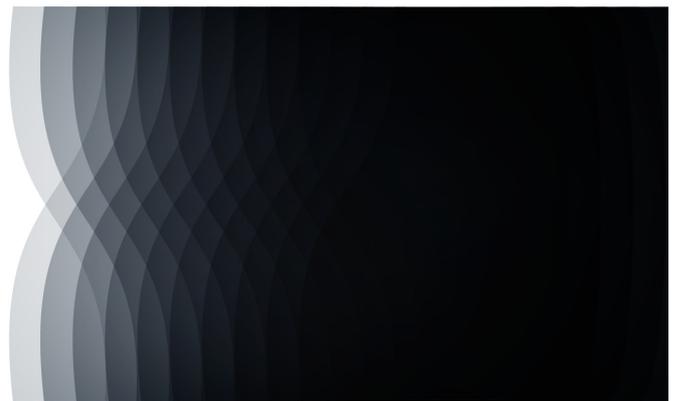


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS 'CROSSAFE'



Protector de pasos salvacunetas
CROSSAFE



ÍNDICE

1. Definición	2
2. Elementos constituyentes del sistema de protección	3
2.1. Soporte transversal	3
2.2. Elementos longitudinales	4
2.3. Elementos de unión y soporte	4
3. Características del sistema de protección de pasos salvacunetas	5
3.1. Relación H:V	5
3.2. Comportamiento ante impacto	6
3.2.1 <i>Ensayos de vehículo tipo turismo</i>	6
3.2.2 <i>Ensayos de motociclista</i>	9
3.3. Flexibilidad	10
3.4. Limpieza	10
3.5. Reparabilidad	11
4. Durabilidad	11
4.1. Tratamiento de Protección contra la corrosión	11
4.1.1 <i>Galvanización</i>	11
4.1.2 <i>Hormigón armado</i>	11
4.2. Vida Útil	11
5. Instalación	14
5.1. Manipulación y transporte	15
6. Mantenimiento y Conservación	15

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS 'CROSSAFE'

1. Definición

El sistema de protección de pasos salvacunetas es un sistema de protección patentado, que está diseñado para proteger a los vehículos de una colisión, tras una salida de calzada, contra los denominados pasos salvacunetas, así como contra otros elementos de drenaje o auxiliares existentes en las cunetas, las medianas y sus alrededores. Por su concepción modular, permite adaptarse a la geometría de cualquier cuneta **sin** realizar **movimiento de tierra**, tanto en cunetas presentes en márgenes laterales como en la mediana de cualquier tipo de carretera.

El sistema de protección de pasos salvacunetas está compuesto por una serie de elementos estructurales dispuestos longitudinalmente a la cuneta, que se describen en detalle en el **apartado 2**, diseñados para soportar los esfuerzos originados en un impacto de un vehículo tras sufrir una salida de calzada y sustentados por una estructura soporte que se instala con independencia de la naturaleza y características de la cuneta.

Se ha demostrado su eficacia mediante la ejecución de ensayos de impacto con vehículos de 1.500 kg a velocidades de 100 km/h en dos configuraciones de cuneta, de 2,7 y 4 metros de anchura y con distintas profundidades.

Los **apoyos** del sistema de separación y el anclaje de los elementos longitudinales a la base de la cuneta se realizan preferentemente mediante el hincado en el terreno de soportes metálicos, garantizando su instalación sin depender de las características resistentes del obstáculo a proteger, si bien también puede ser instalado aprovechando estructuras de hormigón existentes en caso de estimarse necesario¹.



Imagen 1.- Instalación de protector sobre cuneta estándar



Imagen 2.- Instalación de protector sobre paso salvacunetas de hormigón

¹ Este aspecto puede ser conveniente en algunas embocaduras de pasos salvacunetas prefabricadas que presentan paredes laterales de grandes dimensiones y cimentaciones pesadas o en cunetas complejas recubiertas de hormigón.

El sistema de protección Crossafe está concebido para ser instalado con independencia de las características estructurales de los elementos a proteger, al constituirse por elementos modulares, con una masa individual inferior a 250 kg, que pueden ser unidos para cubrir la totalidad de la anchura de la cuneta y se sustentan por una estructura soporte independiente, generando una superficie de protección previa e independiente del obstáculo, adaptada a la geometría del terreno.

2. Elementos constituyentes del sistema de protección

El sistema de protección de pasos salvacunetas posee una concepción modular de forma que pueden unirse diferentes módulos para cubrir cunetas de diferentes anchuras. Cada módulo se constituye por los elementos que se detallan a continuación:

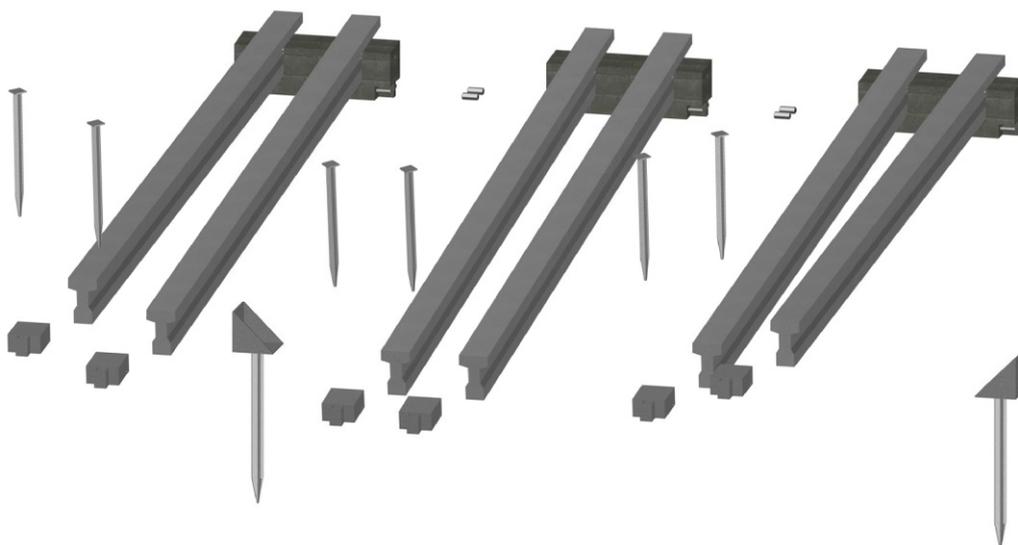


Imagen 3.- Despiece de un sistema de protección formado por tres módulos

2.1. Soporte transversal

Cada módulo se constituye por un elemento soporte fabricado en hormigón armado de 600 mm de longitud, denominado **soporte transversal**, que sirve para sustentar dos elementos longitudinales, fijados al soporte transversal mediante un **pasador de unión** de acero galvanizado que garantiza que no se desplacen durante un impacto.



Imagen 4.- Soporte transversal



Imagen 5.- Pasador de unión

2.2. Elementos longitudinales

Los elementos longitudinales, fabricados en hormigón armado, se presentan en diferentes longitudes, **desde 2,5 m hasta 6,6 m**, para garantizar que la inclinación máxima de cada uno de ellos sea inferior al 16% (pendiente 6:1) con independencia de la profundidad de la cuneta del paso a proteger.

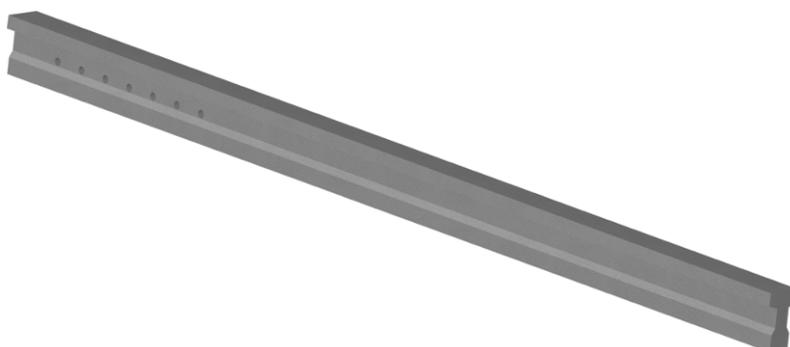


Imagen 6.- Elemento longitudinal

Estos elementos longitudinales disponen a su vez de orificios para modificar la posición de acoplamiento del **pasador de unión** a los soportes transversales, de forma que se puedan cubrir instalaciones complejas con estructuras de hormigón existentes de geometría irregular, como la que se ilustra en la imagen 2.

2.3. Elementos de unión y soporte

En caso de necesitar unir varios módulos, esta unión se realiza mediante la conexión de los soportes transversales a través de **unos manguitos de empalme** de acero galvanizado que garantizan la transmisión de los esfuerzos en caso de impacto de un vehículo.



Imagen 7.- Conexión de los módulos

Los extremos del conjunto de módulos conectados utilizados para cubrir la anchura de la cuneta se apoyan sobre unos soportes denominados **soportes laterales** que se insertan mediante hincado en el terreno de la cuneta, manteniendo el conjunto a una altura tal que el obstáculo no represente un riesgo, y que transmiten al terreno los esfuerzos de un impacto.



Imagen 8.- Soportes laterales

El extremo inferior de cada elemento longitudinal se inserta en la superficie de la cuneta fijándose al terreno mediante un **anclaje** hincado denominado **anclaje inferior**, que limita los desplazamientos tanto longitudinales como transversales de los elementos longitudinales. Por último, se entierran los extremos inferiores, quedando completamente cubiertos.



Imagen 9.- Fijación de los extremos inferiores de los elementos longitudinales



Imagen 10.- Detalle del estado final de los extremos inferiores de los elementos longitudinales

3. Características del sistema de protección de pasos salvacunetas

3.1. Relación H:V

El conjunto de los elementos estructurales longitudinales genera una superficie de protección del obstáculo con una inclinación máxima individual inferior al 16% (pendiente 6:1), que se adapta a cualquier geometría de cuneta aprovechando el diseño modular que permite disponer tantos elementos longitudinales como sean necesarios para cubrir diferentes anchuras de cuneta.



Imagen 11.- Configuración de cuneta de 2,7 metros de anchura (protector formado por tres módulos)



Imagen 12.- Configuración de cuneta de 4 metros de anchura (protector formado por cinco módulos)

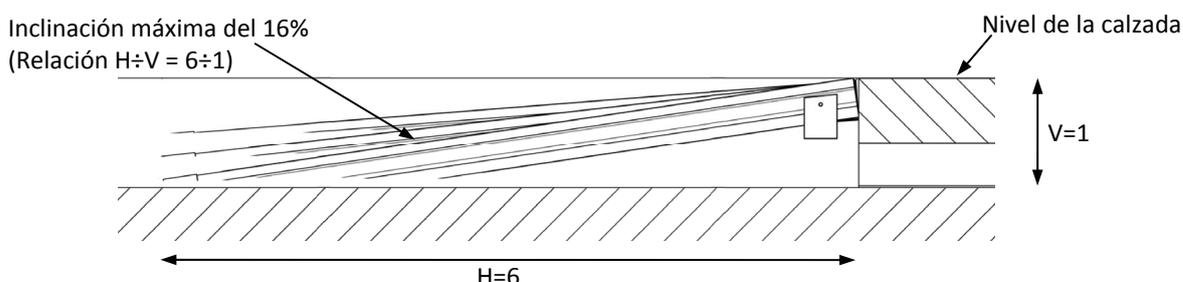


Imagen 13.- Vista en sección de un sistema de protección de pasos salvacunetas

3.2. Comportamiento ante impacto

3.2.1 Ensayos de vehículo tipo turismo

El sistema de protección de pasos salvacunetas ha sido ensayado en condiciones reales de impacto de vehículos con masa de 1.500 kg basados en la norma "Sistemas de contención para carreteras" UNE-EN 1317, a velocidades de 100 km/h, sobre diferentes tipos de cuneta y con distintos ángulos (0° y 6°), demostrando su eficacia al **evitar el impacto directo** contra la estructura de un paso salvacunetas, originando únicamente leves deformaciones de los parachoques delantero y trasero y en las ruedas, mientras que un impacto a esas velocidades contra un paso salvacunetas sin protección origina deformaciones en el habitáculo que pueden suponer daños muy graves o mortales para los ocupantes. De hecho, los accidentes reales contra pasos salvacunetas, se saldan en torno al 70% de los casos con heridos graves o víctimas mortales².

A continuación se observan las características y consecuencias de dos ensayos realizadas en las mismas condiciones, con un vehículo de 1.500 kg a 100 km/h y con un ángulo de incidencia de 0°, uno de ellos contra un paso salvacunetas sin proteger y el otro con el sistema de protección Crossafe.

² Datos disponibles en la Base de datos de accidentes analizados en profundidad "DIANA".



Imagen 14.- Ensayos de impacto de turismo de 1.500 kg a 100 km/h y 0º sin y con sistema de protección de pasos salvacunetas Crossafe

Los daños originados en estos ensayos se limitan a los elementos longitudinales del sistema de protección, que por la naturaleza de los mismos son fácilmente reemplazables, restaurando completamente la capacidad de protección del sistema.

Atendiendo a la gravedad de impacto de los ensayos efectuados en presencia del sistema de protección de pasos salvacunetas, analizados según los criterios de aceptación recogidos en la norma UNE-EN 1317:2011, se registran unos índices de severidad de impacto A que corresponde a valores de ASI (Acceleration Severity Index) inferiores a 1 y de THIV (Theoretical Head Impact Velocity) inferiores a 33 km/h, lo cual indica un riesgo reducido de lesiones hacia los ocupantes. En los vehículos ensayados en presencia del sistema Crossafe no se producen ni deformaciones ni intrusiones que pudieran hacer peligrar la seguridad de sus ocupantes.

Una de las particularidades del **sistema de protección de pasos salvacunetas Crossafe** es que durante su interacción con el vehículo, gracias a sus características resistentes y a la disposición de los elementos longitudinales, **es capaz de reconducir la trayectoria** de este último, consiguiendo, además de evitar el impacto directo contra el obstáculo, que la trayectoria de salida del vehículo esté alineada con la propia cuneta, y así reducir la posibilidad de producirse impactos contra otros obstáculos situados detrás del paso salvacunetas (edificaciones, árboles, estructuras soporte, etc).

Ángulo de salida de la calzada	6°
Ángulo de entrada en el sistema	8°
Ángulo de salida del sistema	2°

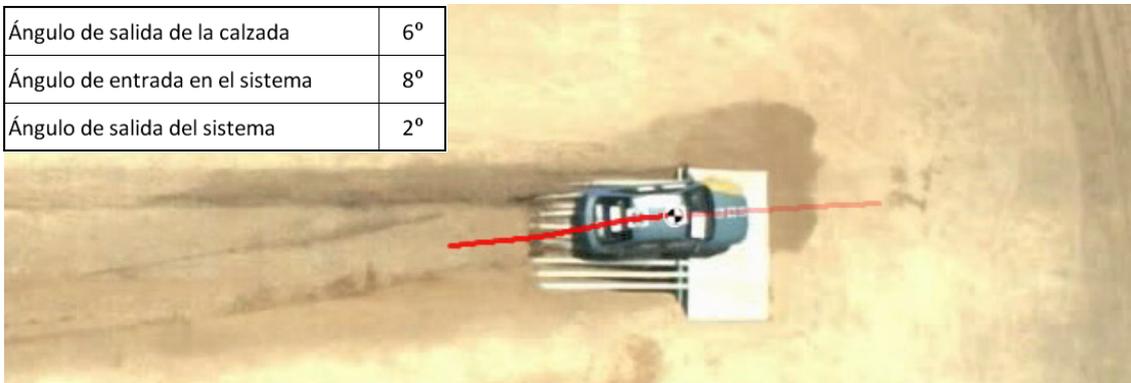


Imagen 15.- Redireccionamiento durante el ensayo de impacto de un turismo de 1.500 kg a 100 km/h contra el sistema de protección de pasos salvacunetas

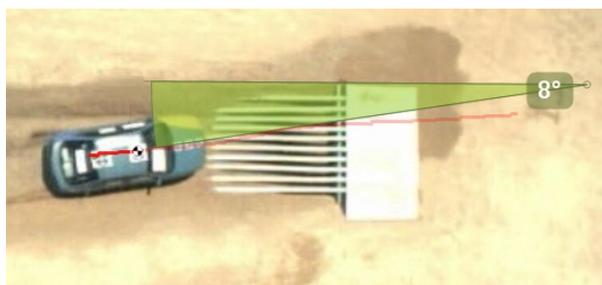


Imagen 16.- Ángulo de entrada en el sistema 8°

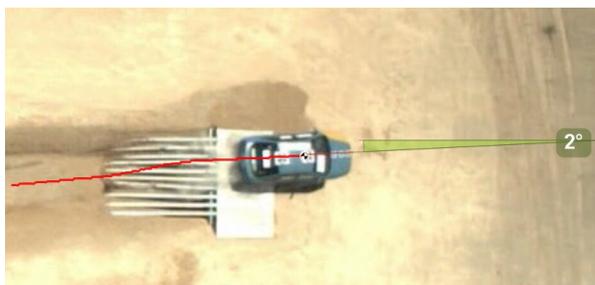


Imagen 17.- Ángulo de salida del sistema 2°

3.2.2 Ensayos de motociclista

Del mismo modo que el sistema de protección de pasos salvacunetas Crossafe ha sido ensayado con vehículos tipo turismo, se ha comprobado su eficacia frente al posible impacto de un motociclista. Los ensayos efectuados, basados en la norma “Evaluación del comportamiento de los sistemas para protección de motociclistas en las barreras de seguridad y pretilas” UNE 135900, han consistido en el lanzamiento, a una velocidad de 60 km/h, de un maniquí contra el sistema de protección de pasos salvacunetas, en distintas configuraciones de trayectorias y ángulos de aproximación.

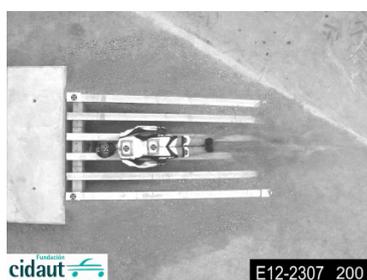


Imagen 18.- Secuencia de ensayo

Ensayo a 60 km/h donde el eje longitudinal del maniquí y la trayectoria de aproximación coinciden con el punto medio del hueco generado entre dos elementos longitudinales contiguos y un ángulo de trayectoria y de posición igual a 0°.

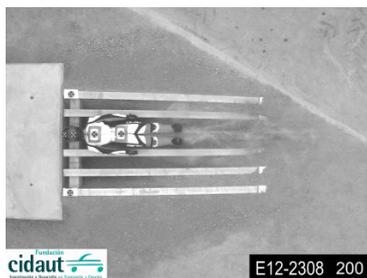


Imagen 19.- Secuencia de ensayo

Ensayo a 60 km/h donde el eje longitudinal del maniquí y la trayectoria de aproximación coinciden con el punto medio de un elemento longitudinal y con un ángulo de trayectoria y de posición igual a 0°.



Imagen 20.- Secuencia de ensayo

Ensayo a 60 km/h donde el centro de gravedad del maniquí y la trayectoria de aproximación coinciden con el punto medio del hueco generado entre dos elementos longitudinales contiguos y con un ángulo de trayectoria y de posición igual a 0° y 30°, respectivamente.

Atendiendo a la evaluación de la severidad del impacto en los ensayos efectuados y analizados según los criterios de aceptación recogidos en la norma UNE 135900, se registran unos niveles de severidad de impacto “1”, el mínimo que contempla esta normativa, por lo tanto se tiene del mismo modo un riesgo reducido de producirse lesiones por parte de un motociclista durante el impacto contra el sistema de protección de pasos salvacunetas. De la misma forma, en ninguno de los ensayos se han producidos intrusiones, cortes, roturas o enganchamientos por parte de los maniqués contra este sistema.

3.3. Flexibilidad

Los elementos estructurales están concebidos de tal forma que permitan al sistema adaptarse completamente a distintos tipos de geometrías de cuneta, minimizando tanto el tiempo de instalación como la afección a la circulación, al no requerir hormigonado³, excavación o maquinaria pesada adicional al propio sistema de transporte para su instalación.

Cada módulo posee en conjunto un peso máximo de aproximadamente 250 kg permitiendo por tanto su manipulación con maquinaria ligera, bastando un simple camión pluma tanto para su transporte como instalación. Del mismo modo, las características resistentes de los módulos y de los elementos de unión de los mismos, permiten que puedan ser transportados y manipulados en conjunto, facilitando la protección de los accesos en tiempos reducidos.



Imagen 21.- Manipulación de sistema de protección formado por dos módulos

3.4. Limpieza

La separación existente entre los elementos longitudinales, que contribuye a la reconducción del vehículo en caso de impacto, permite a su vez disponer del acceso necesario para realizar la correcta limpieza y mantenimiento de los elementos de drenaje existentes en los pasos salvacunetas.

³ En caso de cuneta con base de hormigón se prevé el uso del mismo para su instalación.

3.5. Reparabilidad

En caso que se produzca un accidente de un vehículo contra el sistema de protección, gracias a las características de los elementos constituyentes y sistemas de unión, resulta de extrema facilidad la sustitución de eventuales elementos dañados sin ser necesaria la sustitución completa del sistema, con el consiguiente ahorro.

4. Durabilidad

Todos los componentes están fabricados en materiales que garantizan una durabilidad del conjunto superior a los 25 años, al constituirse por elementos prefabricados de hormigón armado y la utilización de elementos de unión y soporte en acero galvanizado.

La galvanización en caliente por inmersión según *“Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero”* UNE-EN ISO 1461 de las piezas metálicas, así como la utilización de una calidad adecuada del hormigón y el uso de aditivos previsto por la *“Instrucción de hormigón estructural”* EHE-08 de las piezas de hormigón armado confiere al sistema de protección de pasos salvacunetas Crossafe la capacidad de resistir satisfactoriamente las acciones ambientales normales y previsibles, permitiendo garantizar una vida útil adecuada al sistema de protección.

4.1. Tratamiento de Protección contra la corrosión

4.1.1 Galvanización

Todos los componentes metálicos del sistema que no se encuentran recubiertos totalmente de hormigón están galvanizados por inmersión en caliente según la norma UNE-EN ISO 1461. Dicha norma establece una masa media mínima de recubrimiento galvanizado de las superficies (equivalente a un espesor medio mínimo de galvanizado en micras) en función de los espesores de acero base superiores utilizados.

4.1.2 Hormigón armado

El recubrimiento mínimo de las armaduras ha sido considerado en función de la clase de exposición del sistema, y en consecuencia del tipo de hormigón empleado, de la dosificación del mismo así como su resistencia frente a heladas y al ataque por sulfatos según la *“Instrucción de Hormigón Estructural”* EHE-08.

4.2. Vida Útil

Para la evaluación de la durabilidad en términos de vida media económicamente razonable, referida a condiciones de uso normales y previsibles, es de aplicación la instrucción EHE-08 para las piezas de hormigón armado, y para las piezas metálicas la norma europea *“Protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Recubrimientos de cinc y aluminio. Directrices”* UNE-EN ISO 14713.

El siguiente diagrama de espesor (μm)-duración (años), extraído de la norma europea UNE-EN ISO 14713, permite estimar la duración típica (en años) hasta el primer mantenimiento de los recubrimientos de cinc en diferentes categorías de ambiente, según las velocidades de corrosión típicas. El espesor medio mínimo de los componentes del sistema de protección de pasos salvacunetas de acuerdo con la norma europea UNE-EN ISO 1461, varía entre las $70 \mu\text{m}$ y las $85 \mu\text{m}$, dependiendo del espesor de la pieza, que garantiza una vida útil superior a 25 años en la mayoría de ambientes.

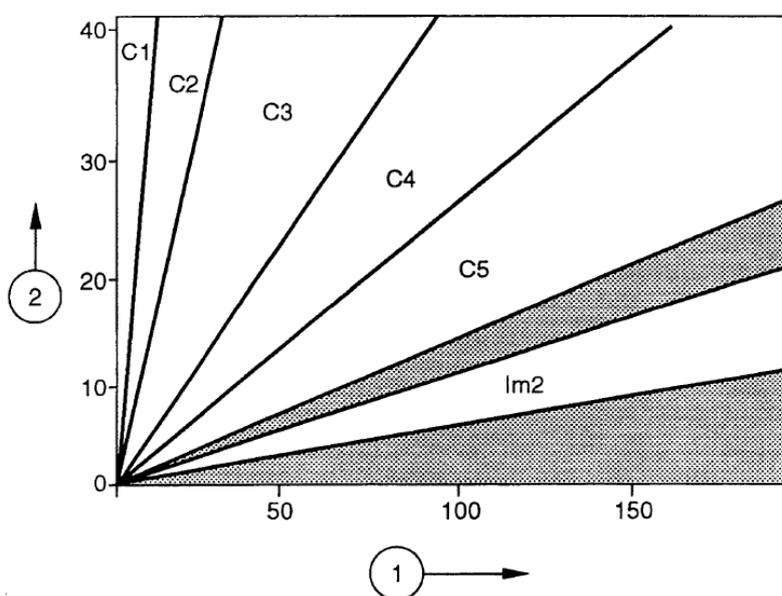


Gráfico 1 - Diagrama espesor de recubrimiento ÷ duración recubrimiento

donde: 1 = Espesor del recubrimiento de Cinc, en micrómetros (μm).
2 = Duración del recubrimiento hasta el primer mantenimiento, en años.

Y las categorías de ambientes son:

- C1 = Interior: Seco.
- C2 = Exterior: Exposición rural en el interior del país.
- C3 = Exterior: Urbano en el interior del país o costero suave.
- C4 = Exterior: Industrial en el interior del país o urbano costero.
- C5 = Exterior: Industrial muy húmedo o costero de elevada salinidad.
- Im2 = Agua de mar en regiones templadas.

Así mismo, para los elementos de hormigón armado, en las siguientes tablas están recogidos los espesores de recubrimientos mínimos (mm) de hormigón dependiendo de la vida útil del proyecto o hasta su primer mantenimiento en función de la clase de ambiente a la que está expuesta la obra, del tipo de cemento utilizado y de la resistencia característica del hormigón.

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto (t _p), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
II b	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Tabla 1 - Espesor de recubrimiento para las clases de exposición I y II

Hormigón	Cemento	Vida útil de proyecto (t _p) (años)	Clase general de exposición			
			IIIa	IIIb	IIIc	IV
Armado	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	50	25	30	35	35
		100	30	35	40	40
	Resto de cementos utilizables	50	45	40	*	*
		100	65	*	*	*
Pretensado	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6%	50	30	35	40	40
		100	35	40	45	45
	Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26°	50	65	45	*	*
		100	*	*	*	*

Tabla 2 - Espesor de recubrimiento para las clases de exposición III y IV



cidro

Protector de pasos salvacunetas

CROSSAFE

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto (t _p), (años)	
			50	100
H	CEM III	25 ≤ f _{ck} < 40	25	50
		f _{ck} ≥ 40	15	25
	Otros tipos de cemento	25 ≤ f _{ck} < 40	20	35
		f _{ck} ≥ 40	10	20
F	CEM I I/A-D	25 ≤ f _{ck} < 40	25	50
		f _{ck} ≥ 40	15	35
	CEM III	25 ≤ f _{ck} < 40	40	75
		f _{ck} ≥ 40	20	40
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	25 ≤ f _{ck} < 40	20	40
		f _{ck} ≥ 40	10	20
E ⁽¹⁾	Cualquiera	25 ≤ f _{ck} < 40	40	80
		f _{ck} ≥ 40	20	35
Qa	CEM III, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	—	40	55
	Resto de cementos utilizables	—	*	*
Qb, Qc	Cualquiera	—	(2)	(2)

Tabla 3 – Espesor de recubrimiento para las clases específicas de exposición

Donde las categorías de ambientes, son:

I = exposición no agresiva

II_x = exposición normal

III_x = exposición marina

IV = exposición con cloruros diferentes del medio marino

Q_x = exposición química agresiva

H y F = exposición a heladas

E = exposición a erosión

5. Instalación

Para agilizar las operaciones de instalación del sistema de protección de pasos salvacunetas Crossafe y minimizar los tiempos de afección al tráfico es conveniente realizar una medición previa de las dimensiones características de la cuneta en la zona a proteger, con el fin de determinar el número de módulos necesarios y la longitud mínima de los elementos longitudinales para garantizar una inclinación máxima de 6:1, y poder llevar los diferentes módulos premontados al punto de instalación.

Una vez determinado el número de módulos y previa retirada de la vegetación existente en la superficie de cuneta donde se instalará el sistema **para garantizar su completa integración en la cuneta**, se procede al hincado de los soportes laterales de la estructura y a la disposición de los módulos necesarios para cubrir la totalidad de la cuneta sobre los soportes.

La unión de los módulos se realiza mediante elementos de unión que permiten el acoplamiento entre dos o más módulos, de manera que el conjunto del sistema proteja el obstáculo completo.

Finalmente se realiza la inserción de elementos de fijación en los extremos inferiores de los elementos longitudinales que impiden su desplazamiento durante un impacto.

En el caso de tratarse de una cuneta hormigonada, puede requerirse la retirada parcial del hormigón necesario para facilitar el hincado de los soportes laterales en el terreno.

Para situaciones complejas en las que existan muretes laterales de contención del firme, éstos pueden ser aprovechados para la disposición de los soportes laterales. Del mismo modo **los elementos longitudinales** pueden ser desplazados para cubrir completamente el hueco disponible.



Imagen 22.- Detalle de instalación en presencia de muretes laterales

5.1. Manipulación y transporte

El sistema de protección de pasos salvacunetas se almacena y transporta premontado en módulos de 2 elementos longitudinales con los soportes laterales correspondientes. Para evitar posibles daños y facilitar las operaciones de manipulación en instalación se disponen unos elementos separadores que limitan el movimiento de los elementos longitudinales que serán retirados tras la instalación (ver imagen 21).

6. Mantenimiento y Conservación

El sistema de protección de pasos salvacunetas Crossafe no precisa de mantenimiento ni conservación en condiciones normales y previsibles durante su vida útil.

En caso de impactos de vehículos, los elementos dañados deberán ser reparados mediante sustitución únicamente de los elementos fracturados, deformados o agrietados.