



ANEJO N.º 06

PAVIMENTO Y

EQUIPAMIENTOS



Índice

1. OBJETO.....	4
2. PAVIMENTO.....	4
2.1. INTRODUCCIÓN.....	4
2.2. TRÁFICO.....	4
2.3. PAVIMENTO	5
2.3.1. Explanada	5
2.3.2. Sección de firme.....	5
2.3.2.1. Sección de firme Autopista de Llevant.....	5
2.3.2.2. Sección de firme enlace a Mercapalma	6
2.3.2.3. Sección de firme sobre la estructura	6
2.4. MARCAS VIALES	6
2.4.1. Objeto	6
2.4.2. Señalización horizontal.	6
2.4.2.1. Separación de carriles en el mismo sentido.	6
2.4.2.2. Separación de sentidos en calzada de dos o tres carriles.....	7
2.4.2.3. Líneas continuas para bordes de calzada.	7
2.4.3. Resumen de las líneas longitudinales	7
2.5. CAPA DE ESTANQUEIDAD.....	8
3. SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS.....	9
3.1. CRITERIOS DE INSTALACIÓN.....	9
3.2. SELECCIÓN DEL NIVEL DE CONTENCIÓN	9
3.3. CRITERIOS DE DISPOSICIÓN EN MÁRGENES Y MEDIANAS.....	9
3.4. ÍNDICE DE SEVERIDAD	10
3.5. DEFLEXIÓN DINÁMICA Y ANCHURA DE TRABAJO	10
3.6. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN	10
3.7. DISPOSICIONES LONGITUDINALES	11
2.7.1 Anticipación al comienzo	11
3.7.2. Prolongación de la terminación.....	11
3.8. DISPOSICIONES TRANSVERSALES	12
3.8.1. Distancia al borde de la calzada.....	12
3.8.2. Distancia a obstáculos o desniveles.....	12
3.8.3. Distancias en medianas	12
4. SISTEMA DE DRENAJE.....	12
4.1. Drenaje del tablero	12
4.1.1. Rejilla de Acero inoxidable.....	13
4.1.2. Sumidero	14
4.1.3. Colector de PVC.....	14
4.2. Estribos.....	15
5. REFERENCIAS	16



Índice de figuras

Figura 1. Localización de la Autopista Ma-19 y Ma-30 donde se emplazará el enlace con el paso superior.	4
Figura 2. Formación de la explanada en las proximidades al paso superior.	5
Figura 3. Línea longitudinal para separación de carriles en el mismo sentido.	6
Figura 4. Línea longitudinal para separación de carriles de distinto sentido.	7
Figura 5. Línea longitudinal para la delimitación del borde de calzada.	7
Figura 6. Resumen de las marcas viales de aplicación en el paso superior.	7
Figura 7. Vista en alzado de la capa de estanqueidad ParaforPonts en el paso superior.	8
Figura 8. Detalle capa de estanqueidad ParaforPonts.	8
Figura 9. Ejemplos de deflexión dinámica y anchura de trabajo	10
Figura 10. Pretíl APE-38 (H4b-W4-B)	11
Figura 11. Longitud de anticipación Lr	11
Figura 12. Prolongación de la terminación en carreteras con calzadas separadas	12
Figura 13. Solución tipo del sistema de drenaje a adoptar	12
Figura 14. Disposición tipo del colector.	13
Figura 15. Esquema tipo del drenaje en estribos.	13
Figura 16. Dimensiones de la canaleta	13
Figura 17. Dimensiones de la rejilla	14
Figura 18. Ubicación en planta de los sumideros	14
Figura 19. Esquema tipo de la canaleta, sumidero y colector	14
Figura 20. Encaje del colector al tablero.	15
Figura 21. Solución tipo adoptada de drenaje en estribos	15

Índice de tablas

Tabla 1. Sección de firme Autopista de Llevant (Ma-19).	5
Tabla 1. Capas del pavimento bituminoso de la Autopista de Llevant (Ma-19).	5
Tabla 3. Sección de firme enlaces y ramales.	6
Tabla 4. Capas del pavimento bituminoso de los enlaces y ramales.	6
Tabla 5. Sección de firme sobre estructuras.	6
Tabla 5. Selección del nivel de contención según el tipo de accidente que se pretende evitar	9
Tabla 6. Máxima distancia en metros entre el borde de las superficies pavimentadas y una barrera de seguridad o pretíl paralelo a ella	9
Tabla 7. Disposición de sistemas de contención de vehículos en medianas.	10
Tabla 8. Índices de severidad de impacto de barreras de seguridad y pretiles según (UNE-EN 1317)	10
Tabla 9. Clases de anchura de trabajo para las barreras de seguridad y pretiles según UNE-EN 1317	10
Tabla 10. Parámetros de comportamiento del pretíl APE-38 (H4b-W4-B)	11
Tabla 11. Distancia mínima Lr (m) del comienzo del pretíl a la sección que resulta estrictamente necesaria	11

1. OBJETO

El objetivo del Anejo 6 –Pavimento y equipamientos es la caracterización del pavimento que se coloca encima del tablero y los equipamientos que componen el paso superior.

En el siguiente anejo, se procederá a la descripción del pavimento que se utilizará para el tránsito, así como los componentes viales de este, así como la capa de estanqueidad, y la señalización horizontal. Por otro lado, el cálculo y justificación de los equipamientos funcionales del paso superior, es decir, los pretilos correspondientes con el nivel de tráfico, y elementos para la evacuación y drenaje de aguas del tablero.

2. PAVIMENTO

2.1. INTRODUCCIÓN

El proyecto del paso superior da acceso desde la Autopista de Llevant (Ma-19) a Mecapalma, tiene como finalización la mejora de la fluidez en los accesos a la ciudad de Palma, este efecto mejorará la capacidad de la vía Ma-30.

El nuevo trazado se compone con dos carriles en un sentido, y otro en sentido opuesto, con el fin de aligerar el flujo del tráfico hacia las instalaciones industriales del alrededor.

2.2. TRÁFICO

Se ha realizado un estudio de tráfico por parte de la empresa CINESI. Los valores del estudio se aprecian en la posterior tabla, sobre la que se deberá realizar un estudio de la futura evolución del tráfico que experimentará en la zona, para considerar la mayor información posible de cara a caracterizar la capacidad que se le debe asignar a la carretera.

La prognosis de tráfico de la Ma30 prevé el paso de 3000 vehículos pesados al día por el enlace del Coll d'en Rabassa, los cuales tendrán un significado a tener en cuenta debido a las proximidades a Mercapalma y a la zona industrial de proyecto.



Figura 1. Localización de la Autopista Ma-19 y Ma-30 donde se emplazará el enlace con el paso superior.

Por otro lado, del estudio extraídos del estudio del tránsito de la Vía Conectora, que el tráfico actual que circula por la Ma-19 es actualmente 60.000 vehículos por sentido y día, del cual se puede estimar que un

total de 6,6% de vehículos, serán de tipo pesado, por lo que la categoría de tránsito será T00, es decir un total de 4000 vehículos pesados circularán por sentido por esta autopista.

2.3. PAVIMENTO

2.3.1. *Explanada*

El pavimento utilizado en el paso superior debe ser acorde al tráfico que lo transitará durante la vida útil de este, evitando y minimizando los deterioros de uso por el paso de los vehículos, donde los vehículos pesados tienen un peso importante en este enlace debido a que da acceso al polígono industrial y los alrededores de Mercapalma, con una afluencia elevada de estos vehículos.

Una vez se ha caracterizado, el tránsito en el apartado anterior, se procede a detallar la explanada y la sección de firme utilizado en el paso superior y en los accesos a este.

Se ha optado por una explanada E3 para el trazado de los nuevos viales, con módulo de compresibilidad con el segundo caso de carga de 300 MPa.

- Capa 1. 30 centímetros de Suelo Seleccionado, cuyas características se definen en el artículo 330.3 del Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carretera y puentes.
- Capa 2. 30 centímetros de Suelo Estabilizado S-EST3, definidas en el artículo 512 del PG3, debiéndose proteger mediante un riego de curado ECR-1 con dotación 0,40 kg/cm².

2.3.2. Sección de firme

Las secciones de firme que componen el proyecto están divididas en tres secciones distintas, la sección correspondiente a la Autopista de Llevant, a los enlaces, y por último la sección de firme sobre estructuras.

2.3.2.1. Sección de firme Autopista de Llevant

En primer lugar, cabe decir que no se prevén actuaciones de ensanchamiento del tronco de la Autopista de Llevant (Ma-19), no obstante, es necesario describir el pavimento de proyecto, ya que se realizará una actuación superficial para regularizar el tramo de pavimento que se verá afectado por la obra.

La sección adoptada de la Norma será 0032 (Tránsito pesado T00 y explanada E3):

CAPA	ESPESOR (cm)
MEZCLAS BITUMINOSAS	25
SUELO-CEMENTO	30
SECCIÓN DE FIRME TOTAL	55

Tabla 1. Sección de firme Autopista de Llevant (Ma-19).

Por razones constructivas y según la Norma 6.1-IC y la Tabla 6, las capas del pavimento bituminosas proyectadas son las siguientes:

CAPA BITUMINOSA	ESPESOR (cm)	TIPO DE MBC
RODADURA	3	PA 16 BM-3c
INTERMEDIA	7	AC 16 bin B50/70 S
BASE	15	AC 22 base B50/70 G

Tabla 2. Capas del pavimento bituminoso de la Autopista de Llevant (Ma-19).

Entre las distintas capas bituminosas, se colocará un riego de adherencia termoadherente con una dotación de 0,60 Kg/cm². Además, entre la capa base del paquete bituminoso y la capa de suelo-cemento se extenderá primero un riego de curado ECR-1 y una dotación de 0,40 Kg/cm², donde posteriormente, y antes de extender la capa bituminosa, se aplicará un riego de adherencia termoadherente con una dotación de 0.60 Kg/cm².

Entre la capa de suelo-cemento y la explanada, la capa superior donde se encuentra el Suelo Estabilizado con Cemento S-EST3, se colocará un riego de curado ECR-1 con una dotación 0.40 Kg/cm^2 .

Respecto a los arcenes, el arcén interior de 1 metro tendrá el mismo firme que el tronco, mientras que el exterior de 2 metros, tiene que tener como mínimo 15 cm de mezcla bituminosa. El arcén exterior se formará con las primeras tres capas iguales a las del tronco, es decir 4, 6 y 15 cm. De MBC. La capa granular base será un todo-uno artificial hasta enrasar con la explanada. Entre la capa bituminosa de la

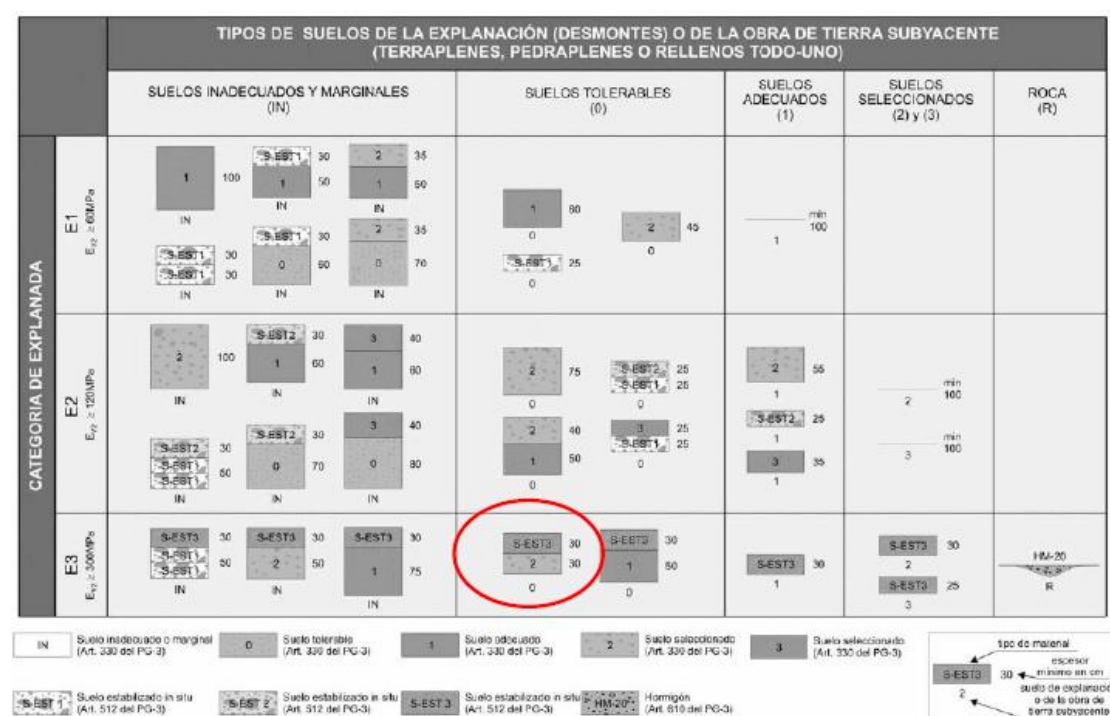


Figura 2. Formación de la explanada en las proximidades al paso superior.

Esta explanada se obtendrá mediante la aportación, siempre y cuando la explanada natural no cumpla los requisitos estructurales, bajo la capa vegetal, donde se encuentran los suelos tolerables tal y como se pueden ver en el *Anejo 02. Geología y Geotecnia*. De este modo la explanada se compone de las siguientes capas:



base y la capa de todo-uno artificial, se colocará un riego de imprimación ECI con una dotación de 1,20 Kg/m².

2.3.2.2. Sección de firme enlace a Mercapalma

Debido a que el paso superior da acceso a Mercapalma desde la Autopista de Llevant (Ma-19), se encuentra clasificado en las secciones de enlaces y ramales y otros viales en el proyecto, y se incluyen los estribos y la parte superior a estos en el estudio estructural, se ha decidido incluir esta sección de firme en el proyecto.

Sección adoptada de la Norma será la 132 (Tránsito pesado T1 y explanada E3), queda resumida en la siguiente tabla:

CAPA	ESPESOR (cm)
MEZCLAS BITUMINOSAS	20
SUELO-CEMENTO	20
SECCIÓN DE FIRME TOTAL	40

Tabla 3. Sección de firme enlaces y ramales.

Además, por razones constructivas y según la Tabla 6 de la Norma 6.1-IC, las capas de pavimento y base proyectadas son las siguientes:

CAPA BITUMINOSA	ESPESOR (cm)	TIPO DE MBC
RODADURA	3	BBTM 11B BM-3c
INTERMEDIA	7	AC 16 bin B50/70 S
BASE	10	AC 22 base B50/70 G

Tabla 4. Capas del pavimento bituminoso de los enlaces y ramales.

2.3.2.3. Sección de firme sobre la estructura

Por último, sobre el paso superior, se dispondrá de una impermeabilización del tablero, seguida de una extensión de una capa intermedia de mezcla bituminosa en caliente tipo AC 16 bin BM-3C S, de 4 cm de espesor que absorberá las imperfecciones e irregularidades del hormigonado, y una capa de rodamiento discontinua tipo BBTM 11B BM-3c de cm.

Sobre la capa asfáltica, y entre las capas de mezclas bituminosas se extenderá un riego de adherencia termoadherente con las características mencionadas anteriormente y una dotación de 0,60 Kg/cm².

CAPA	ESPESOR (cm)
BBTM 11B BM-3c	4
AC-16 bin BM-3cS	6
SECCIÓN DE FIRME TOTAL	10

Tabla 5. Sección de firme sobre estructuras.

2.4. MARCAS VIALES

2.4.1. Objeto

Las marcas viales son figuras o líneas que se aplican en el pavimento y tienen como misión satisfacer alguna de las siguientes funciones, entre muchas otras:

- Separación de sentidos de circulación.
- Delimitación de los carriles de circulación.
- Indicación del borde de calzada.
- Anunciar, guiar y orientar a los usuarios.

Por eso, con el fin de aumentar la seguridad, eficacia y comodidad de la circulación, será necesario tenerse en cuenta en cualquier actuación vial como parte integrante del diseño.

Así, en el presente anejo se establecerá la señalización horizontal correspondiente a marcas longitudinales continuas.

2.4.2. Señalización horizontal.

Las marcas longitudinales continuas tienen como objetivo, la delimitación de un espacio, impidiendo ser atravesada por ningún conductor con su vehículo. Así, se deberá restringir al máximo el uso y longitud de la marca continuar, para favorecer la flexibilidad de la circulación y preservar el valor prohibitivo de su uso. No obstante, en nuestro paso superior debido a las circunstancias y restricciones se deberá corresponder a lo largo del puente marcas longitudinales continuas.

2.4.2.1. Separación de carriles en el mismo sentido.

Debido a la distribución de carriles sobre nuestro paso superior, deberá existir una separación de carriles del mismo sentido de circulación, prohibiendo la maniobra de cambio de carril para preservar las condiciones de seguridad.

El empleo de esta está justificado, ya que con peraltes del 7 y 8%, existe una escasa posibilidad de visualización por lo que puede inducir a colisiones.

Así pues, será de utilización el uso de la marca vial M-2.1. según la Norma 8.2-IC.

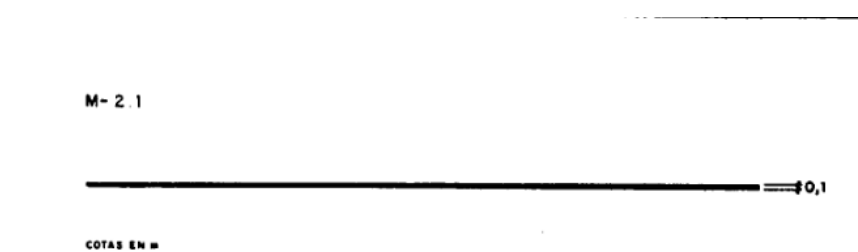


Figura 3. Línea longitudinal para separación de carriles en el mismo sentido.

2.4.2.2. Separación de sentidos en calzada de dos o tres carriles.

Tienen como función la prohibición del adelantamiento por no disponer de suficiente visibilidad necesaria para poderlo realizar en condiciones de seguridad, debido a los peraltes especiales que existen en el proyecto del paso superior que vienen en función del trazado.

Además, estos se incluirán inmediatamente antes de cruzar un paso a nivel.

Por lo que será de utilización la marca vial M-2.2. según la Norma 8.2-IC.

M-2.2 CALZADA DE DOS O TRES CARRILES



Figura 4. Línea longitudinal para separación de carriles de distinto sentido.

2.4.2.3. Líneas continuas para bordes de calzada.

La función de las líneas es la delimitación del borde de la calzada. Estas son de obligatoria disposición según lo indicado en el 3.1.7 de la Norma 8.1-IC, en la que señala que es de obligatoriedad debido a la importancia del borde de la calzada advirtiendo al conductor de la peligrosidad y a lo largo de un puente en el que se estreche la calzada.

Así, queda establecido que para velocidades de proyecto inferiores a 100 km/h, la anchura de la línea de separación estará en función del arcén según la Norma 8.1-IC.

M-2.6 VÍAS CON $VM \leq 100$ km/h

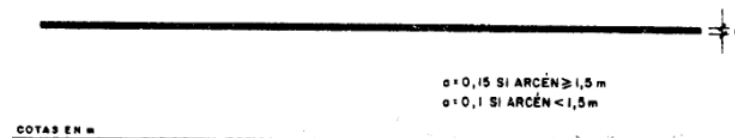


Figura 5. Línea longitudinal para la delimitación del borde de calzada.

En nuestro paso superior, nos encontramos con un borde de calzada de 1 metro en el lado interior, y 1,6 en el lado exterior según los trazadistas. Por lo que la anchura de la línea de separación de borde de la calzada será distinta a ambos lados. En el lado interior, está tendrá una anchura de 0,1 metros, mientras que al lado exterior será de 0,15 metros.

2.4.3. Resumen de las líneas longitudinales

Como resumen de las marcas viales longitudinales de aplicación en nuestro paso superior, se recogen en la siguiente figura a modo de resumen las anchuras que delimitarían tanto el borde de calzada a ambos extremos de la plataforma, como los carriles en el mismo y distinto sentido:

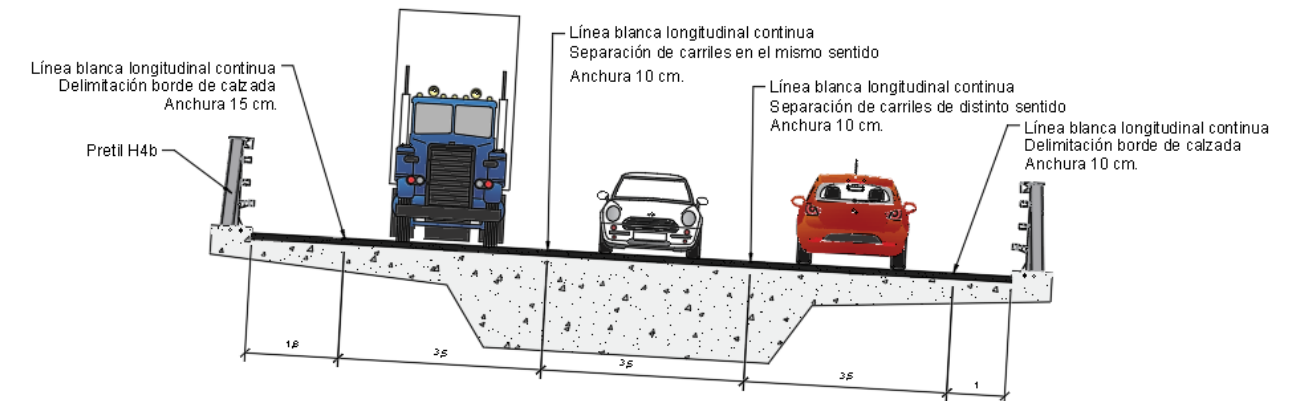


Figura 6. Resumen de las marcas viales de aplicación en el paso superior.

2.5. CAPA DE ESTANQUEIDAD

Para evitar la filtración de agua hacia el hormigón y la losa colaborante, se ha decidido utilizar una capa de estanqueidad encima de la masa de hormigón sobre la cual descansará el aglomerado asfáltico.

Se ha decidido utilizar a la capa de estanqueidad “ParaforPonts”, del fabricante SIPLAST, el cual además de las siguientes características, tiene tecnología Echo-Detect, que nos permitirá detectar patologías bajo o encima del sistema de impermeabilización mejorando la precisión y bajando el coste de obras de mantenimiento y reparación.

Dicha capa tiene una alta resistencia a las fisuras gracias al betún SBS. Además, la fácil instalación con sistemas mecanizados o en obra manual facilitan su empleo, dando una resistencia a choques térmicos y excelente envejecimiento.

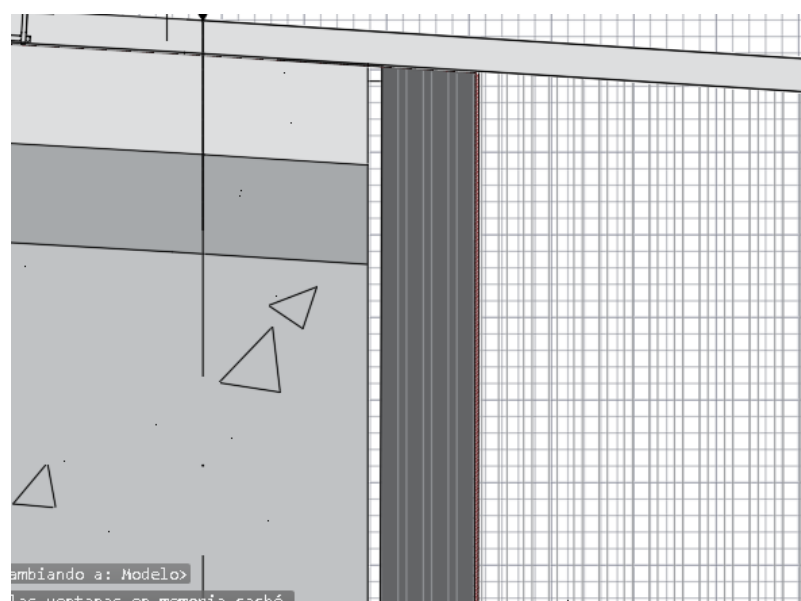


Figura 7. Vista en alzado de la capa de estanqueidad ParaforPonts en el paso superior.

La capa está compuesta por una lámina de betún elastómero SBS de 4 mm de espesor, compuesta y autoprottegida por gránulos cerámicos de color blanco, de 6,0 kg/m² de masa, y además reforzada por una armadura de poliéster no tejido de 0,18 Kg/m².

Para su colocación en obra, se realizará mediante soldadura sobre el soporte de hormigón en rollos de 1x50 metros, aplicando previamente una imprimación sobre este de Siplast Primer.

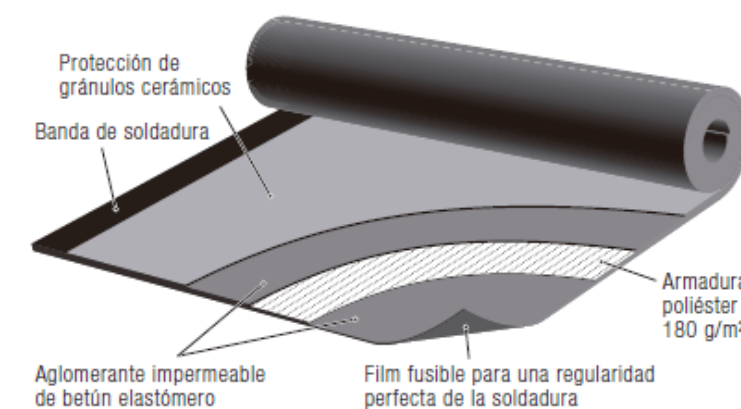


Figura 8. Detalle capa de estanqueidad ParaforPonts.

3. SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

Los pretiles son sistemas de contención de vehículos que se disponen específicamente sobre puentes. Según la Orden circular 35/2014 sobre “*Criterios De Aplicación De Sistemas De Contención De Vehículos*”, emitida por la Dirección General de Carreteras, se establecen criterios y recomendaciones de implantación, de disposición y especificaciones técnicas obligatorias para los pretiles metálicos a emplear en las carreteras del Estado.

3.1. CRITERIOS DE INSTALACIÓN

La instalación de sistemas de contención de vehículos estará justificada en los casos con presencia de obstáculos en la calzada, desniveles o elementos de riesgo cercanos a la calzada. De esta forma se deben clasificar los tipos de accidentes posibles en relación con la probabilidad de suceso y con la magnitud de los daños y lesiones que puedan ocurrir, tanto a los ocupantes del vehículo como a terceros situados en las proximidades.

El tipo de accidente para el cual se pretende evitar es del tipo **Muy grave**. Tal como indica la presente circular, se considerarán accidentes muy graves aquellos en los cuales en el nivel inferior exista una vía férrea, autopista, autovía o carretera convencional. Además, se debe cumplir que en el trazado del paso superior presente:

- Curvas horizontales o acuerdos verticales de dimensiones inferiores a las admisibles por la norma de trazado.

3.2. SELECCIÓN DEL NIVEL DE CONTENCIÓN

Para la selección del nivel de contención se deben conocer la IMDp, la velocidad de proyecto y el tipo de accidente que puede producirse. En el *Anejo 1 “Estudios de soluciones”* se obtuvieron la **IMDp es de 4.000 vehículos pesados** y la velocidad de proyecto de **V_p = 40 Km/h**, necesarias para la selección del nivel de contención.

De esta forma, según la siguiente tabla, el nivel de contención que se debe satisfacer para las condiciones anteriores es de H3-H4b para barreras y H4b para pretiles.

RIESGO DE ACCIDENTE ⁽¹⁾	IMD e IMDp POR SENTIDO	NIVEL DE CONTENCIÓN RECOMENDADO	
		BARRERAS	PRETILES
	IMDp ≥ 5000	H3 – H4b	H4b
MUY GRAVE	5000 > IMDp ≥ 2000	H2 – H3	H4b
	IMDp < 2000	H2	H3
GRAVE	IMD ≥ 10000	H1 – H2	H3
	IMDp ≥ 2000	H2	H3
	400 ≤ IMDp < 2000	H1	H2
	IMDp < 400	N2 – H1	H1 – H2
NORMAL	IMDp ≥ 2000	H1	H1 – H2
	400 ≤ IMDp < 2000	N2 – H1	H1
	IMDp < 400	N2	N2 – H1
	IMDp < 50 y Vp ≤ 80 km/h	N1 – N2	N2

Tabla 6. Selección del nivel de contención según el tipo de accidente que se pretende evitar

3.3. CRITERIOS DE DISPOSICIÓN EN MÁRGENES Y MEDIANAS

Todos los pretiles y barreras son ensayados sometidos a un ángulo de incidencia predeterminado. El ángulo que describe la trayectoria de un vehículo incontrolado es creciente con la distancia recorrida. Por ello se debe limitar la distancia de las barreras o pretiles a la calzada, con el fin de evitar que el ángulo de impacto aumente superando los valores para los cuales se han ensayado los sistemas de contención escogidos.

De esta forma, la tabla 9 de la presente circular, limita las distancias máximas en función del número de carriles y de la velocidad de proyecto de la vía.

NÚMERO DE CARRILES POR CALZADA	VELOCIDAD DE PROYECTO V _p (km/h)					
	50	60	70	90	100	120
1	1,5	2,8	4,5	7,5	11,0	16,8
2	0,5	0,5	1,0	4,0	7,5	13,3
3	0,5	0,5	0,5	0,5	4,0	9,8
4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,3

Tabla 7. Máxima distancia en metros entre el borde de las superficies pavimentadas y una barrera de seguridad o pretil paralelo a ella

Puesto que las calzadas se encuentran separadas y de sentido opuesto, se debe disponer de un sistema de contención en medianas con el objetivo de que los vehículos no se alcancen. Según la siguiente tabla, se disponen **dos sistemas de contención simples**, ya que existe una mediana central de **X m**.

CASO	TERRENO	DISTANCIA	RECOMENDACION
1	Llano	Ancho mediana \leq tabla 9	1 sistema de contención doble
2	Llano	Tabla 9 < ancho mediana \leq 2 veces tabla 9	1 sistema de contención doble, cerca del eje
3	Llano	2 veces tabla 9 < ancho mediana	2 sistemas de contención, simples o dobles
4	No llano	-----	2 sistemas de contención, simples o dobles

Tabla 8. Disposición de sistemas de contención de vehículos en medianas.

3.4. ÍNDICE DE SEVERIDAD

El índice de severidad de impacto se encarga de cuantificar ciertos riesgos que pueda producir el impacto sobre los ocupantes del vehículo. Por ello, un motivo importante es el comportamiento de los sistemas de contención y las consecuencias que produce el impacto a los ocupantes del vehículo, clasificando así la severidad o las consecuencias que se puedan producir tras el impacto.

Las barreras de seguridad y pretiles se clasifican según su índice de severidad de impacto en las clases A, B y C (UNE-EN 1317), donde la clase A es la que menor severidad presenta a los ocupantes del vehículo, seguidamente la B y la C aumentan progresivamente la severidad del impacto.

En la siguiente tabla se muestran los índices de seguridad de impacto en función de los indicadores definidos en la norma (UNE-EN 1317), siendo estos el índice de severidad de aceleración (ASI) y la velocidad teórica de impacto de la cabeza (THIV).

ÍNDICE DE SEVERIDAD DE IMPACTO	VALORES DE LOS INDICADORES	
	ASI	THIV (km/h)
A	$ASI \leq 1,0$	≤ 33
B	$1,0 < ASI \leq 1,4$	≤ 33
C	$1,4 < ASI \leq 1,9$	≤ 33

Tabla 9. Índices de severidad de impacto de barreras de seguridad y pretiles según (UNE-EN 1317)

En cualquiera de los casos se pretenderá imponer un **índice de severidad de impacto de clase A** en la medida de lo posible, admitiendo en caso contrario la clase B.

3.5. DEFLEXIÓN DINÁMICA Y ANCHURA DE TRABAJO

La deflexión dinámica y la anchura de trabajo son de vital importancia para que el sistema funcione de manera adecuada. Son necesarias ciertas distancias del sistema de contención para que cuando se produzca el impacto, el sistema tenga distancia suficiente para deformarse y trabajar según lo previsto.

La Orden circular en cuestión define la deflexión dinámica y la anchura de trabajo de la siguiente forma:

“La deflexión dinámica (D) es el máximo desplazamiento lateral producido durante el impacto, de la cara del sistema más próxima al vehículo y la anchura de trabajo (W) 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 del vehículo”.

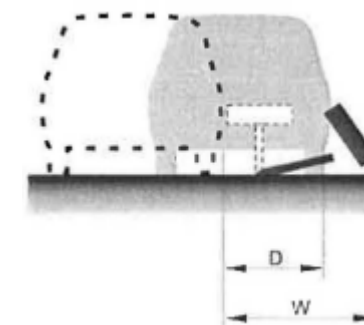


Figura 9. Ejemplos de deflexión dinámica y anchura de trabajo

Definidos dichos conceptos, cabe comprobar la organización de los elementos en planta, comprobando así que la solución se adopta a la anchura impuesta de la plataforma en el estudio de trazado realizado, recogido a modo de resumen en el *Anejo 1 “Estudios de soluciones”*, siendo ésta de 1 m.

En primer lugar, la disposición del sistema de contención se ubicará en el límite exterior del arcén. De esta forma, contando que existen cuatro carriles de 3 m, una mediana de 1m y arcenes de medio metro, la anchura de trabajo admisible es de 1 m.

En la siguiente tabla se muestran las diferentes clases de anchuras de trabajo en función de la distancia necesaria para su uso.

CLASES DE ANCHURA DE TRABAJO	ANCHURA DE TRABAJO (W), EN METROS
W1	$W \leq 0,6$
W2	$0,6 < W \leq 0,8$
W3	$0,8 < W \leq 1,0$
W4	$1,0 < W \leq 1,3$
W5	$1,3 < W \leq 1,7$
W6	$1,7 < W \leq 2,1$
W7	$2,1 < W \leq 2,5$
W8	$2,5 < W \leq 3,5$

Tabla 10. Clases de anchura de trabajo para las barreras de seguridad y pretiles según UNE-EN 1317

Finalmente, por las condiciones geométricas dadas, se ha escogido una clase de anchura de trabajo W4.

3.6. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN

Obtenidos todos los condicionantes involucrados, se procede a escoger un sistema de contención tipo que cumpla los requisitos anteriores.

Se escoge un **pretil APE-38 (H4b-W4-B)**. En la siguiente imagen se muestra una sección tipo con las dimensiones del pretil escogido.

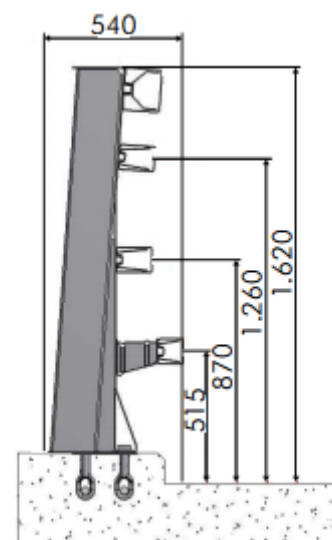


Figura 10. Pretal APE-38 (H4b-W4-B)

Las características del pretil son las recogidas en la siguiente tabla.

Parámetros de comportamiento	
Nivel de contención	H4b
Anchura de trabajo	W4
Clase de seguridad	B
Deflexión dinámica	0.9 m

Tabla 11. Parámetros de comportamiento del pretil APE-38 (H4b-W4-B)

Así pues, se comprueba que cumple con la anchura de trabajo necesaria y el nivel de contención exigido. No obstante, la severidad de impacto es de clase B. En este tipo de sistemas de contención es muy difícil conseguir un índice de severidad de impacto de clase A, ya que para alcanzar el nivel de contención deseado se necesitan estructuras rígidas que absorban el impacto sin deformarse excesivamente. El aumento de riesgo en la severidad de impacto a clase B es consecuencia de disminuir el riesgo de salida de la calzada del vehículo, provocando consecuencias mayores en dicho caso.

3.7. DISPOSICIONES LONGITUDINALES

Las barreras de seguridad y pretiles se situarán paralelas al eje de la carretera de forma que se intercepte la trayectoria de los vehículos circulantes fuera de control. A continuación, se establecerán las longitudes de anticipación al comienzo y de prolongación de la terminación según las recomendaciones de la Orden Circular 35/2014.

2.7.1 Anticipación al comienzo

Cuando un sistema de contención tiene por objetivo evitar que cualquier vehículo que circule por la calzada alcance un desnivel u obstáculo de grandes dimensiones, es recomendable disponer el sistema de contención cierta distancia antes del encuentro del desnivel.

En la siguiente tabla se muestran las distancias mínimas que se recomiendan adelantar el sistema de contención de la sección que resulta estrictamente necesaria. Además, se muestra también la figura a modo de aclaración de los términos involucrados para la selección de dicha distancia.

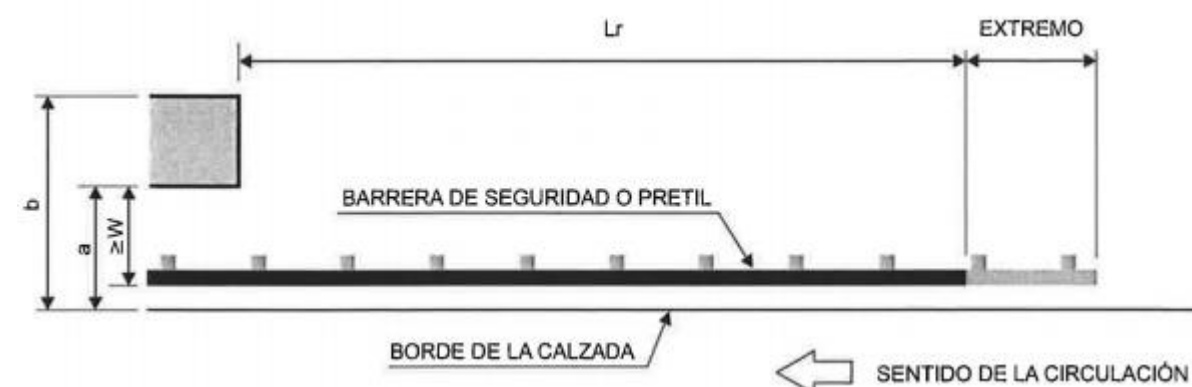


Figura 11. Longitud de anticipación L_r

DISTANCIA TRANSVERSAL A UN OBS- TÁCULO O DESNIVEL		TIPO DE CARRETERA	
		CALZADA ÚNICA	CALZADAS SEPARADAS
$a < 2 \text{ m}$	$b \text{ cualquiera}$	100	140
$a \geq 2 \text{ m}$	$b \leq 4 \text{ m}$	64	84
	$4 \text{ m} < b \leq 6 \text{ m}$	72	92
	$b > 6 \text{ m}$	80	100

Tabla 12. Distancia mínima L_r (m) del comienzo del pretil a la sección que resulta estrictamente necesaria

Por tanto, para calzadas separadas y una distancia transversal al desnivel menor a dos metros, se obtiene una **longitud de anticipación de 140 m**. La anchura a es la suma del ancho del arcén y la anchura de trabajo necesaria para el pretil.

3.7.2. Prolongación de la terminación

Se recomienda en carreteras con calzadas separadas la prolongación de la terminación del sistema de contención de vehículos, una distancia de al menos 4 m de prolongación, realizada de forma paralela al borde de la calzada. En la siguiente figura se muestra de manera visual las distancias que se deben respetar tanto de prolongación como de anticipación.

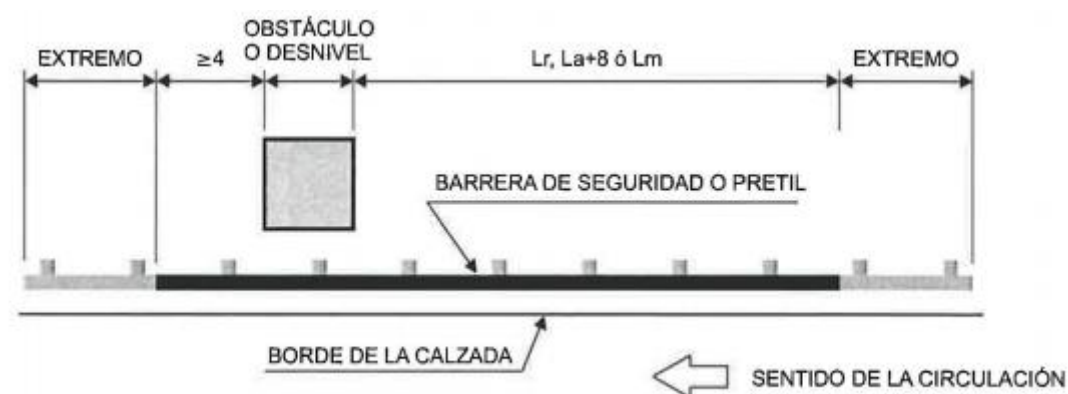


Figura 12. Prolongación de la terminación en carreteras con calzadas separadas

3.8. DISPOSICIONES TRANSVERSALES

3.8.1. Distancia al borde de la calzada

Las barreras de seguridad y pretiles se colocarán siempre fuera del arcén de la carretera según la distancia máxima obtenida en el apartado anterior 2.3 “Criterios de disposición en márgenes y medianas”. La distancia mínima que debe haber en tal caso es de al menos 0,5 m desde el borde de la calzada.

Además, la presente Orden Circular recomienda que siempre que sea posible se coloquen fuera del borde pavimentado. En tal caso se recomienda que la zona comprendida entre el arcén y el sistema de contención de vehículos deberá ser llana y desprovista de obstáculos.

3.8.2. Distancia a obstáculos o desniveles

La distancia recomendada mínima que debe haber entre el pretil y el desnivel debe ser la deflexión dinámica o la anchura de trabajo, la más desfavorable en su caso. Así pues, la anchura de trabajo impuesta por el pretil escogido es de clase W4, de 1 m.

3.8.3. Distancias en medianas

La distancia transversal en medianas es la misma que se especifica para el borde de la calzada exterior. Se deben cumplir los criterios de distancia máxima expuestos en la Tabla 6 del presente anejo y los de distancia mínima argumentados en el apartado anterior 2.8.1. “Distancia al borde de la calzada”.

4. SISTEMA DE DRENAJE

En el presente apartado se recogen las principales directrices establecidas por la Instrucción 5.2-I.C respecto a la construcción, conservación, mantenimiento, limpieza y funcionalidad de los mismos.

En proyectos de estructuras y túneles se deben incluir los elementos de impermeabilización, drenaje y protección frente a la acción del agua con el fin de conservar su durabilidad y funcionalidad para las cuales se ha diseñado la estructura.

Las obras de drenaje tienen como objetivo:

- Evitar que llegue la escorrentía de la plataforma a las estructuras pudiendo dañar su integridad con la formación de humedades y otras acumulaciones de agua.
- Recoger, conducir y desaguar los caudales provenientes de escorrentía, vertidos accidentales o cualquier filtración posible.
- Mantener la seguridad y confort en cierta medida para los vehículos usuarios de la plataforma.

Con todo ello, se estudiarán a continuación las soluciones a disponer tanto en el tablero como en los estribos para evacuar las escorrentías superficiales que puedan ocurrir en la plataforma en cuestión.

4.1. Drenaje del tablero

La escorrentía del tablero debe dirigirse fuera de la calzada mediante una adecuada disposición de las pendientes de la superficie pavimentada. El trazado del proyecto en cuestión presenta un bombeo del 5,73% y una rasante de 7 al 8 %. En la siguiente figura se muestra un esquema tipo de la solución adoptada.

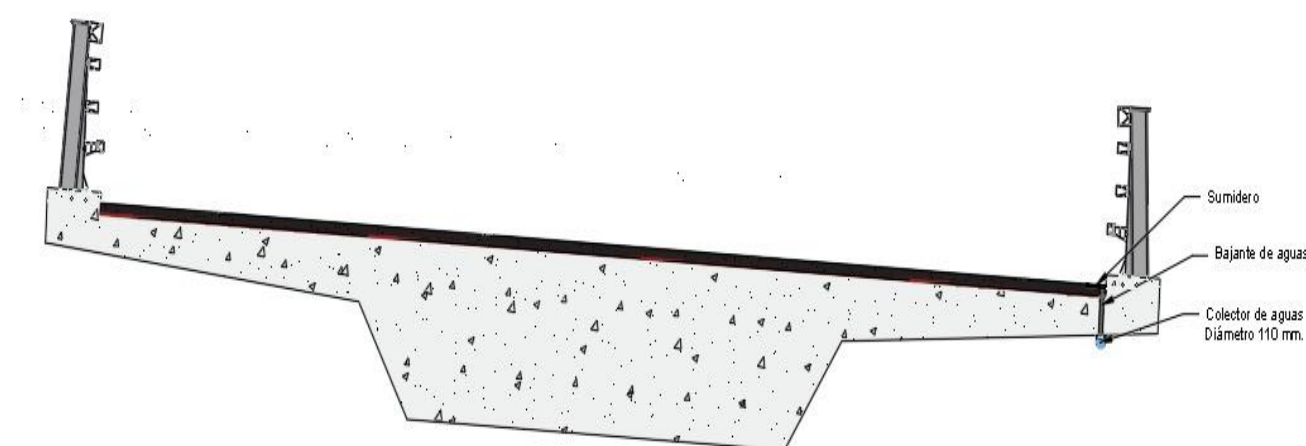


Figura 13. Solución tipo del sistema de drenaje a adoptar

La solución consta de un caz y sumidero en el borde del tablero, de forma que recoja la escorrentía superficial y la transporte hasta el colector principal, ubicado en la parte inferior del ala de la losa, tal como se muestra en la siguiente figura.

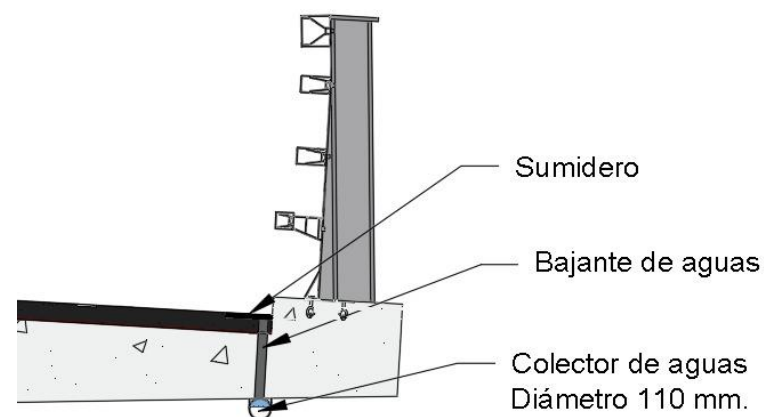


Figura 14. Disposición tipo del colector.

Una vez en el colector, se dispone de un colector que recoge las aguas pluviales provenientes del tablero, para posteriormente verter dichas aguas a la bajante ubicada en el estribo. La junta de dilatación es estanca, tal y como se indica en el "Anejo 6. Equipamientos".

En la siguiente figura se muestra el esquema tipo de funcionamiento.

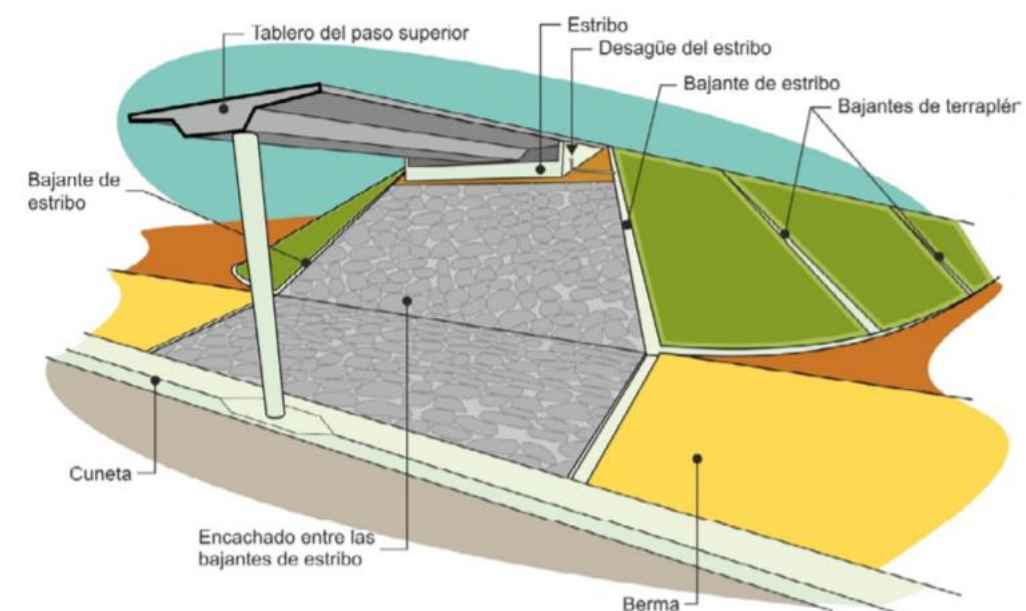


Figura 15. Esquema tipo del drenaje en estribos.

4.1.1. *Rejilla de Acero inoxidable*

La rejilla de acero inoxidable consta de 120 mm de anchura y 230 mm de longitud. La longitud efectiva de huecos consta de 216 mm y una anchura efectiva de 50 mm. La rejilla está compuesta de acero inoxidable, de 10 mm de espesor. Las dimensiones de la misma y de la canaleta inferior son las siguientes:

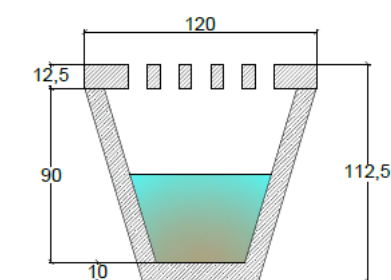


Figura 16. Dimensiones de la canaleta

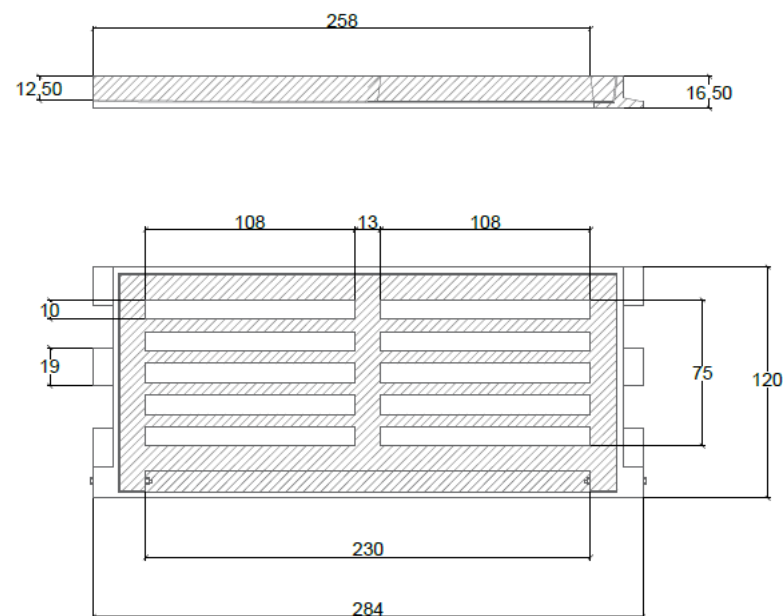


Figura 17. Dimensiones de la rejilla

La ubicación en planta de las misma se dispone en la parte de menor cota de la plataforma para tratar de recoger el agua superficial.

4.1.2. Sumidero

Los sumideros captan la escorrentía recogida por la canaleta y la traspasan al colector. Se han dispuesto tres sumideros por vano de 100 mm de diámetro repartidos uniformemente, que traspasan al colector principal que a su vez desagua en los estribos. Estos van embebidos en el hormigón, y montados al mismo tiempo que la ferralla. El mantenimiento de los mismos resulta complicado, donde en el caso de avería se debe sanear el hormigón y colocar un sumidero nuevo, reparando el ala mediante morteros especiales de reparación, en su caso.

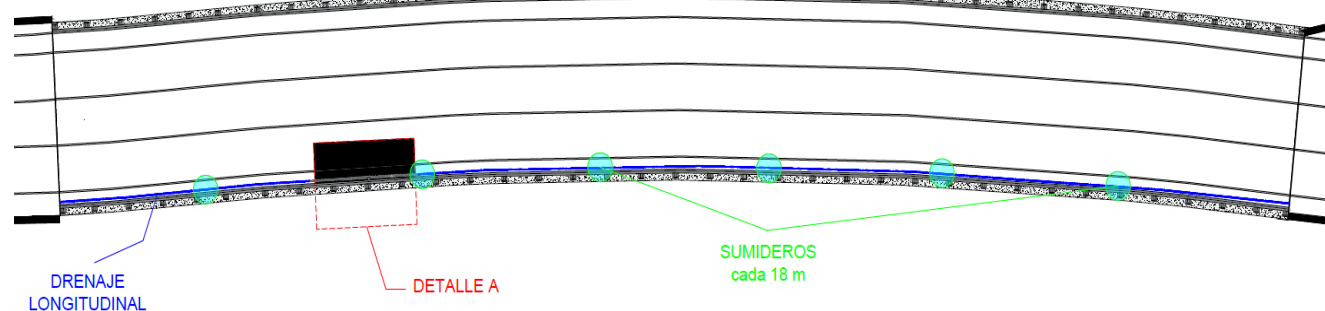


Figura 18. Ubicación en planta de los sumideros

El esquema tipo del sumidero instalado en la losa es el siguiente:

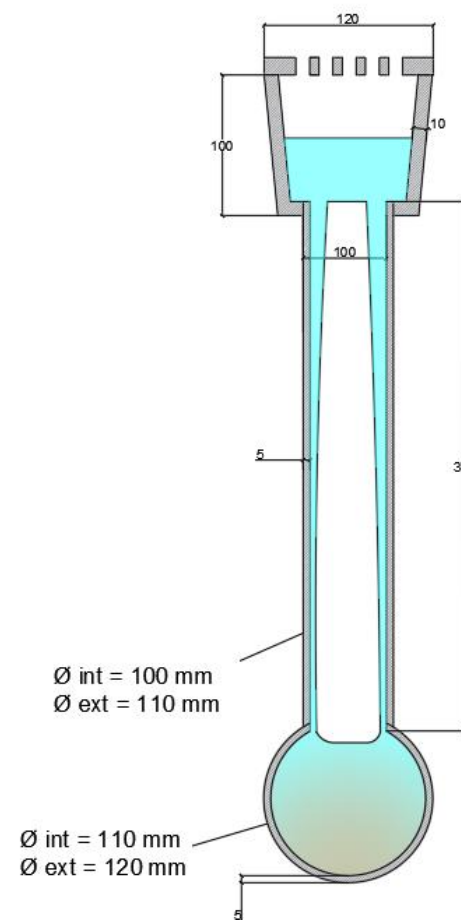


Figura 19. Esquema tipo de la canaleta, sumidero y colector

4.1.3. Colector de PVC

El colector de PVC irá anclado a la parte inferior del ala de la losa interior, tal como se muestra en la siguiente figura.

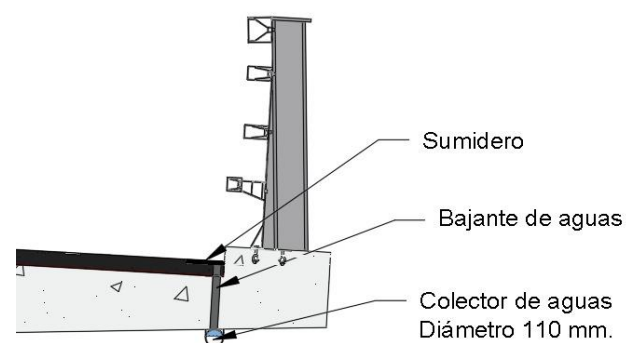


Figura 20. Encaje del colector al tablero.

El colector dispuesto presenta una longitud de 108 m, a lo largo del tablero del paso superior, desaguando mediante bajante en los estribos.

4.2. Estribos

En los estribos se dispondrá de un caz, que a su vez se traspasará las aguas pluviales a una bajante para que desagüe al pie de los estribos. En la siguiente figura se muestra un esquema tipo de la solución a adoptar.

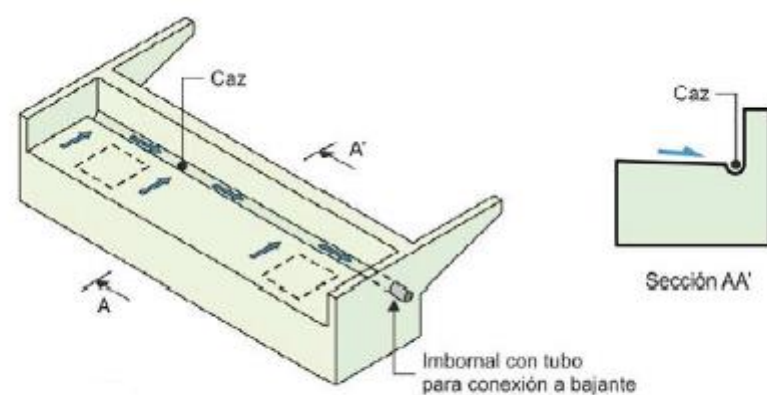


Figura 21. Solución tipo adoptada de drenaje en estribos

El diámetro de la tubería se dispondrá de 120 mm, con la capacidad hidráulica obtenida para la recogida de la escorrentía producida en la plataforma del paso superior. Se aumenta el diámetro un 10 % con el objetivo de recoger el agua acumulada en la superficie de apoyos en estribos.



5. REFERENCIAS

- MINISTERIO DE FOMENTO. *Instrucción 8.1-IC. "Marcas viales"* de 16 de Julio de 1987.
- ESTUDIO DE TRÁNSITO. Via Conectora Tramo 1, Mejora accesos Coll d'en Rabassa, Palma. CINES, S.L. Palma de Mallorca.
- MINISTERIO DE FOMENTO. (2007). *Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes: (NCSP-07)*. Fomento, Madrid, España.
-
- MONLEÓN CREMADES, S. *Introducción a la construcción de puentes. Equipamientos*. Departamento de los Medios Continuos. Universitat Politècnica de València (UPV), València, España.
- MINNESOTA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. (2017). *AASHTO LFRD Bridge Design Manual*. Oakdale, Minnesota, EEUU.
- *Catálogo AF Sistema Pretil APE-38. Sistema de contención para vehículos*. Asebal.
- *Catálogo. Parafor Ponts. Impermeabilización bituminosa de estructuras con tráfico rodado*. SIPLAS