

AM.FIR. FIRMES Y PAVIMENTOS

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	NORMATIVA EMPLEADA	2
3	FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME	2
3.1	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO.....	2
3.2	TERRENO NATURAL EXISTENTE	3
3.3	CATEGORÍA Y FORMACIÓN DE LA EXPLANADA.....	3
4	CÁLCULO DEL CIMIENTO DEL FIRME	4
5	DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME	6
6	ZONAS CON OTRA TIPOLOGÍA DE PAVIMENTOS	8
6.1	ACERADO PEATONAL.....	8
6.2	APARCAMIENTOS	9
6.3	CARRILES BICI	9
6.4	CAMINOS PEATONALES.....	11

1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto la determinación de la sección de firme a ejecutar en la urbanización dentro del PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE LA ACTUACIÓN RESIDENCIAL "BUENAVISTA PA-T.2" Y DE ANTEPROYECTO DE PASO SUPERIOR SOBRE LA A-357, EN MÁLAGA

Esta sección será la adecuada a los condicionantes propios de la zona, tales como la disponibilidad de materiales, la calidad exigida para la explanada y la climatología, además, debe ser capaz de soportar las cargas transmitidas por el tráfico estimado en el año de puesta en servicio y durante la totalidad de su vida útil.

2 NORMATIVA EMPLEADA

Para la definición de los firmes y pavimentos a emplear en los viales del sector se han seguido las recomendaciones incluidas en la siguiente normativa:

- Norma 6.1-IC. Secciones de firme, de la Instrucción de Carreteras (Orden FOM 3460/2003)
- Orden Circular 20/2006 sobre recepción de obras de carreteras que incluyan firmes y pavimentos.
- Orden Circular OC 1/2023 sobre actualización de espesores de las capas y tipos de mezclas bituminosas en caliente y semicaliente en la Norma 6.1 IC "Secciones De Firme".
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3): específicamente las siguientes partes:
 - Parte 2ª. Materiales básicos.
 - Parte 3ª. Explanaciones.
 - Parte 5ª. Firmes.
- Instrucción para el diseño de firmes de la red de carreteras de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía.
- Recomendaciones para la redacción de proyectos de construcción de firmes y pavimentos sostenibles en la ciudad de Málaga de la Gerencia Municipal de Urbanismo, Obras e Infraestructuras.

3 FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

3.1 CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO

En la Instrucción se recoge que la estructura del firme depende, entre otros factores, de la acción del tráfico, fundamentalmente del tráfico pesado, durante el periodo de proyecto del firme. Por ello, la sección estructural del firme dependerá, en primer lugar, de la intensidad media de vehículos pesados (IMDp) que se prevea en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio, intensidad con la que se establecerá la categoría de tráfico pesado.

Para el dimensionamiento de la categoría de tráfico, se ha tomado la intensidad media diaria de vehículos IMD estimada y calculado el porcentaje de vehículos pesados para así obtener la intensidad media diaria de vehículos pesados IMDp en la zona objeto de actuación.

De esta manera, se estima un tráfico:

- Para viales principales: T32 (6.1. IC) o T3B (Instrucción para el diseño de firmes de la red de carreteras de Andalucía), correspondiente a una IMDp entre 50 y 100 vehículos pesados diarios.
- Para viales secundarios: T41 o T4A, correspondiente a una IMDp entre 25 y 49 vehículos pesados diarios.

No obstante, independientemente de lo anterior, la Gerencia Municipal de Urbanismo impone la aplicación de un firme rígido tanto para los viales principales como secundarios sobre el que se apoyan 2 capas de mezcla bituminosa en caliente, en función de la categoría de los viales, tal y como se describe en los siguientes apartados.

Este firme, sin obedecer a un cálculo de capacidad portante específico, se encuentra suficientemente testado por la Gerencia Municipal de Urbanismo y solamente permite ser modificado en la aplicación de materiales sostenibles.

3.2 TERRENO NATURAL EXISTENTE

Tal como se indica en el Estudio Geotécnico realizado:

Se han realizado ensayos del terreno a cota actual, obteniendo una única clasificación del TNS (Terreno Natural Subyacente), según artículo 330 del PG-3:

TOLERABLE, con CBR de 2.1 – 6.2 (95%PN) y 3.7 – 8.7 (100%PN)

3.3 CATEGORÍA Y FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Con objeto de definir la estructura del firme, las "Recomendaciones para la redacción de proyectos de construcción de firmes y pavimentos sostenibles en la ciudad de Málaga" definen tres categorías de cimiento del firme, de acuerdo con ICAFIR, en función de su capacidad de soporte la cual se definirá mediante el módulo equivalente Ee calculado de acuerdo al procedimiento descrito en la ICAFIR.

Categoría de explanada	Módulo equivalente, Ee (MPa)
BAJA (E1)	≥ 60
MEDIA (E2)	≥ 100
ALTA (E3)	≥ 160

Al objeto de mejorar la capacidad portante se tomará la categoría de cimiento del firme MEDIA (E2 ≥ 100 MPa) tanto para los viales principales como secundarios.

4 CÁLCULO DEL CIMIENTO DEL FIRME

Para la formación del cimiento de firme, se ha tenido en cuenta la "Instrucción 6.1-I.C", la "Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía, de la Consejería de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Carreteras" y las "Recomendaciones para la redacción de proyectos de construcción de firmes y pavimentos sostenibles en la ciudad de Málaga".

Para calcular el cimiento se ha utilizado el programa ICAFIR, contando con los siguientes datos de partida:

- Se parte de un **Terreno Natural Subyacente** clasificado como **Tolerable**.
- **Categoría de cimiento del firme MEDIA (E2 ≥ 100 MPa).**








Para obtener una explanada con una categoría determinada, es necesario disponer sobre el terreno natural subyacente ciertos espesores de los materiales que aparecen en la Figura 1 de la Instrucción 6.1-IC clasificados según el PG-3. Los espesores y las calidades de los materiales dependen del tipo de terreno natural subyacente, de modo que dichos espesores y calidades deben ser mayores cuanto peor sea la clasificación según PG-3 del terreno natural subyacente.

De este modo, conforme a la Figura 1 "Formación de Explanada" de la Instrucción 6.1-I.C se establece la formación de una **explanada mejorada con 75 cm de suelo seleccionado tipo 2**, que se extenderán en tres capas de 25 cm.

		TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)				
		SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 E ₀ ≥ 60MPa					
	E2 E ₀ ≥ 120MPa					
	E3 E ₀ ≥ 300MPa					

Este espesor de explanada mejorada es idéntico a la obtenida en el caso de que apliquemos la Instrucción de la Junta de Andalucía, para la formación del cimiento de firme. Para calcular el cimiento se ha utilizado el programa ICAFIR:

Resultando una sección, sobre el TNS (Suelo Tolerable), formada por **75 cm de suelo seleccionado tipo 2**, que se compactará en capas de 25 cm al 98% PM, que conformará la **explanada E2**.

Plano de Explanada		Material	Espesor (cm)			
S2 (e=25 cm)		Suelo Seleccionado Tipo 2	25			
S2 (e=25 cm)		Suelo Seleccionado Tipo 2	25			
S2 (e=25 cm)		Suelo Seleccionado Tipo 2	25			
S0 - Terreno natural subyacente		Suelo Tolerable	Indefinido	CBR 4.0		

Sección válida: Deflexión 129,33 mm/100. Mód compresibilidad 111,39 MPa ≥ 100,00 MPa

Este cimiento del firme se empleará tanto para los viales principales como para los secundarios.

5 DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

Para el dimensionamiento del firme tanto de los viales principales como de los viales secundarios, se han seguido las "Recomendaciones para la redacción de proyectos de construcción de firmes y pavimentos sostenibles en la ciudad de Málaga".

En dicho documento, se indica que para un tráfico T3B y una explanada E2, la sección mínima de firme a colocar será de 7 cm de MBC, 19 cm de hormigón y 19 cm de Zahorra.

Por otro lado, para un tráfico T4A y una explanada E2, la sección mínima de firme a colocar será de 7 cm de MBC, 17 cm de hormigón y 15 cm de Zahorra.

Sin embargo, por indicaciones de los técnicos de la GMU se coloca una sección propuesta por los mismos, tal y como están ejecutando en diversas urbanizaciones similares, tanto en materiales como en espesores, los cuales son mayores a los recogidos en las recomendaciones.

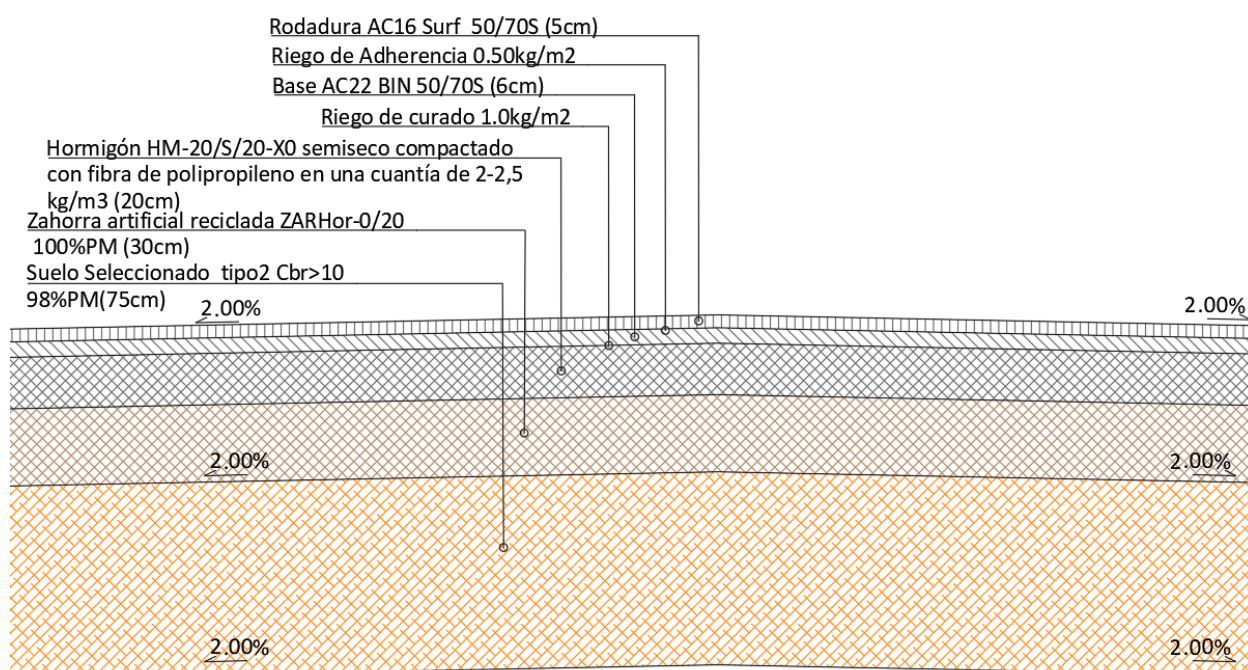
Considerando lo anterior, se ha proyectado una tipología de firme rígido con 2 capas de mezcla bituminosa en caliente. Se proyectan dichas dos secciones diferentes en función de la categoría de los viales.

- Viales principales:

FIRME:

- 11 cm de Mezcla Bituminosa en caliente (MBC) con la siguiente configuración
 - Capa de rodadura de 5 cm de espesor de mezcla AC16 Surf 50/70 S.
 - Riego de adherencia: Emulsión C60B3 ADH, con dotación residual 0,50 kg/m².
 - Capa base de 6 cm de AC22 BIN 50/70 S.
 - Riego de curado: Emulsión C60B3 CUR, con dotación residual 1 kg/m².
- 20 cm de hormigón semiseco compactado HM-20 /S/20/X0, armado con fibra de polipropileno con una dotación de 2 a 2,5 kg/m³.
- 30 cm de Zahorra Artificial reciclada ZARHor-0/20 compactada al 100% PM.

EXPLANADA: 75cm de suelo seleccionado tipo 2, CBR>10.



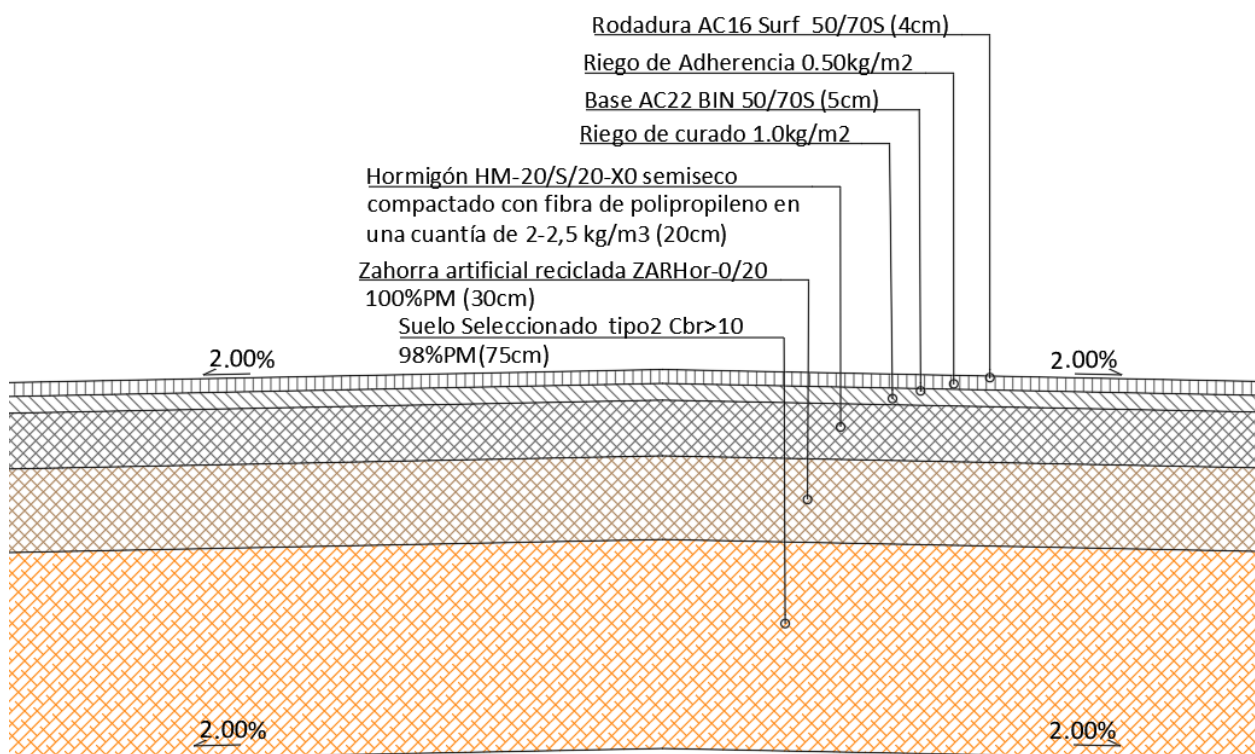
Sección tipo vial principal

• Viales secundarios:

FIRME:

- 9 cm de Mezcla Bituminosa en caliente (MBC):
 - 4 cm de capa de rodadura AC16 Surf 50/70 S.
 - Riego de adherencia: Emulsión CR-1 C60B3 ADH, con dotación residual 0,50 kg/m².
 - 5 cm de capa base de AC22 BIN 50/70 S.
 - Riego de curado: Emulsión C60B3 CUR, con dotación residual 1,00 kg/m².
- 20 cm de hormigón semiseco compactado HM-20 /S/20/X0 armado con fibra de polipropileno con una dotación de 2 a 2,5 kg/m³.
- 30 cm de Zahorra Artificial reciclada ZARHor-0/20 compactada al 100% PM

EXPLANADA: 75cm de suelo seleccionado tipo 2, CBR>10.



Sección tipo vial secundario

6 ZONAS CON OTRA TIPOLOGÍA DE PAVIMENTOS

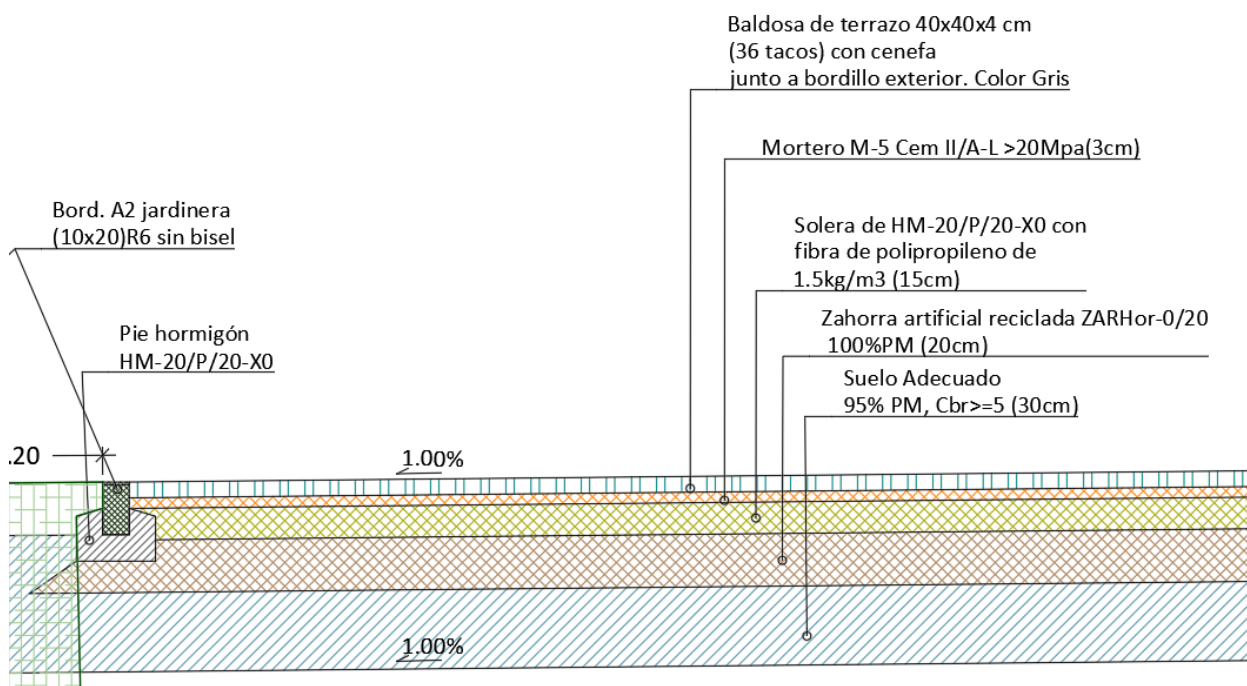
A continuación, se definen el resto de zonas donde se proyecta otra tipología de pavimentos, bien sea por uso peatonal (acerados) o por diferente uso del tráfico de vehículos (aparcamientos, zona de adoquines con tráfico rodado, carril bici).

6.1 ACERADO PEATONAL

Las aceras se formarán mediante una losa de hormigón tipo HM-20/P/20-X0 de 15 cm de espesor, armada con fibra de polipropileno con una dosificación de 1,5 kg/m³. Bajo el hormigón se dispondrá una capa de zahorra artificial reciclada de 20 cm de espesor, compactada al 100% del PM, cuya misión será alcanzar la cota de la acera desde el fondo de apoyo.

La terminación superficial de la acera se realizará con baldosa de terrazo tipo Málaga, conocida como baldosa de 36 tacos hormigón 40x40x4 cm y color gris y cenefa longitudinal en los bordillos exteriores, colocado sobre mortero M-5 de 3 cm de espesor.

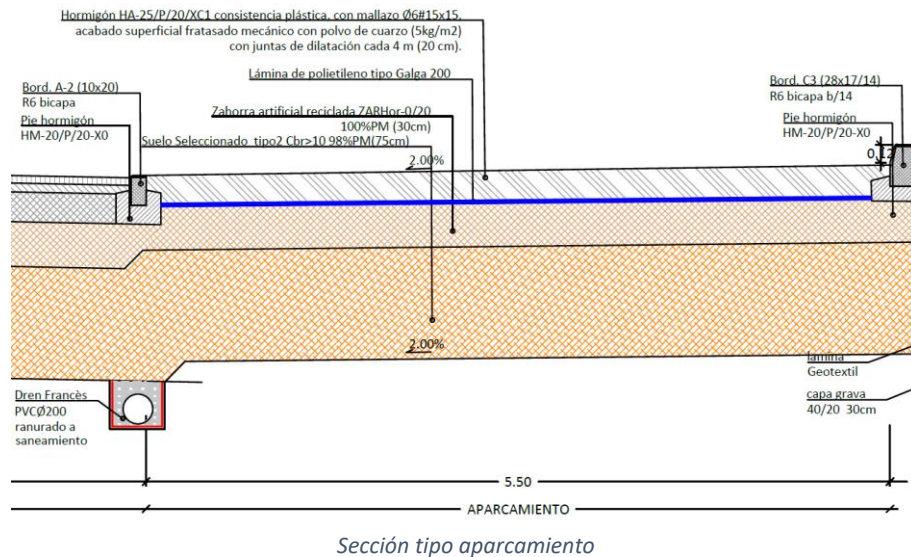
La acera se confinará mediante bordillo A2 bicapa de clase R6 y de dimensiones 10x20 en el borde exterior, para preservar la solería en el tiempo. Se dotará a la misma de una pendiente transversal del 1,00% hacia la calzada. Por el interior de la acera, ésta estará confinada mediante bordillo jardinera si linda con un parterre o bien con un bordillo C3, también prefabricado de hormigón de dimensiones 28x17x14. Ambos bordillos se asentarán sobre un pie de hormigón de consistencia plástica HM-20/P/20/X0.



Sección tipo acerado peatonal

6.2 APARCAMIENTOS

Los **aparcamientos** estarán formados por una losa de hormigón armado de consistencia plástica HA-25/P/20/XC1 de 20 cm de espesor, ligeramente armada con mallazo de 6mm y 15x15, que se apoyará sobre una lámina de polietileno galga 200. El acabado se ejecutará mediante fratasado mecánico con añadido de polvo de cuarzo con dotación de 5Kg/m². Por debajo de esta losa, se dispondrá una capa de zahorra artificial reciclada compactada de 30 cm de espesor y compactada al 100% del PM, que apoyará sobre la explana mejorada.



La unión entre el aparcamiento y la calzada se materializará mediante un bordillo tipo A2 y con bordillo C3 entre aparcamiento y acera.

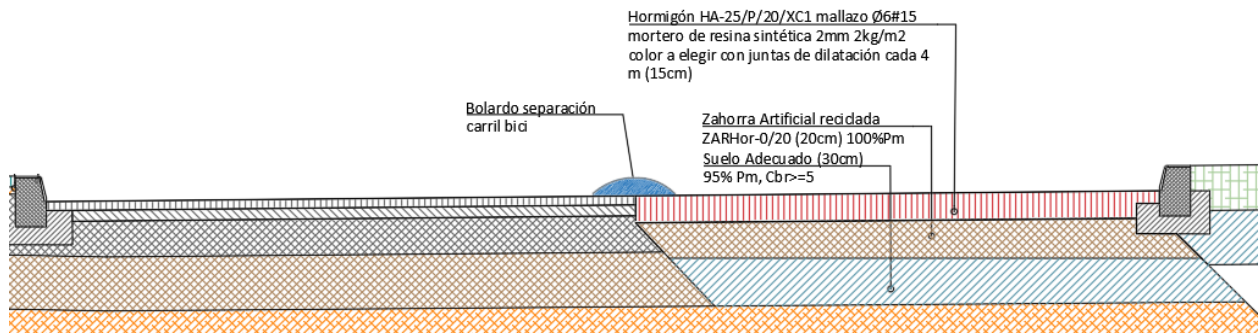
6.3 CARRILES BICI

Los carriles bici se proyectan de **3 formas distintas**, dependiente de su posición en la plataforma del vial. En el **vial RV1** el carril bici se localiza adosado a la vía de servicio a nivel de calzada. En el **Vial RV2** adosado al carril de circulación a nivel de calzada. Y en el **resto de viales** (RH1, RH3 y RV7) adosados a las aceras dando continuidad a los carriles bici proyectados en el Sector Cortijo Merino.

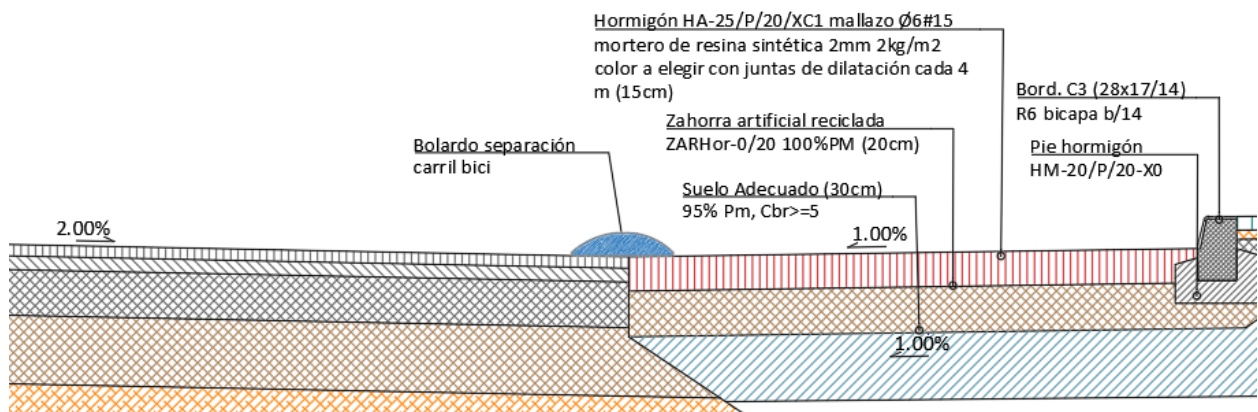
Los carriles se formarán con una losa de Hormigón Armado HA-25/P/20/XC1 de 15 cm y ligeramente armada con mallado del 6 y cerco de 15x15cm y acabado multicapa obtenido mediante la puesta en obra de una aplicación sucesiva de morteros a base de resinas sintéticas y acrílicas de unos 2 mm de espesor, sellado con pinturas con terminación mate y con una dotación aproximada de 2 Kg/m². La losa dispondrá de juntas de dilatación cada 4 metros y el acabado se ejecutará en color rojo.

El hormigón se confinará con bordillos A2 bicapa clase R6 y asentará sobre una capa base de zahorra reciclada artificial ZARHor-0/20 de 20 cm de espesor y compactada al 100 % PM y bajo ésta se dará continuidad a la capa de suelo adecuado que se coloca bajo aceras, compactado, igualmente, al 95%M

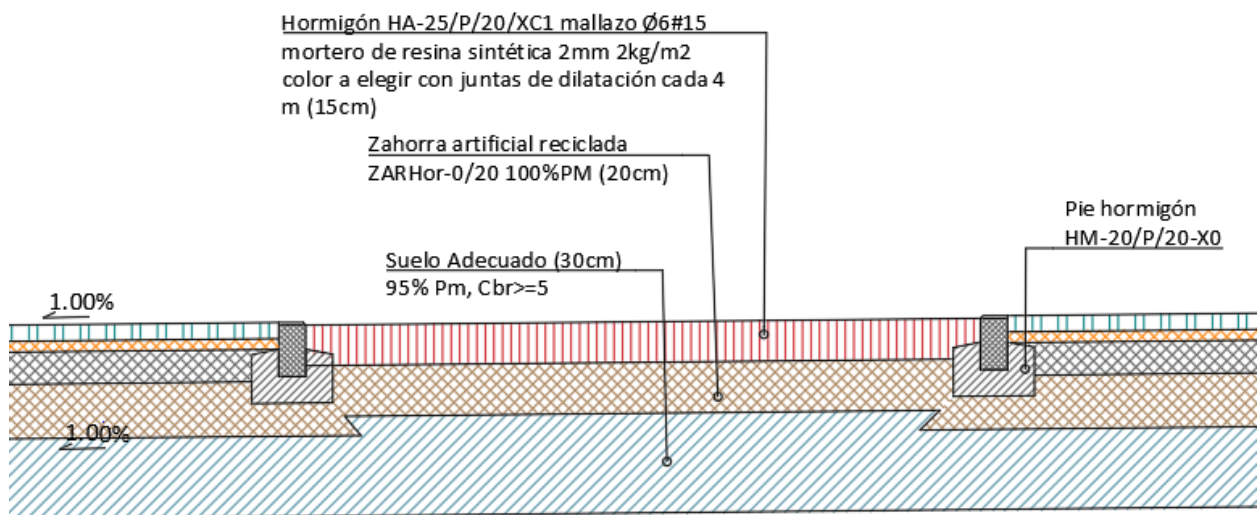
La unión entre el aparcamiento y la calzada se materializará mediante un bordillo tipo A2 y con bordillo C3 entre aparcamiento y acera.



Sección tipo carril bici en RV1



Sección tipo carril bici en RV2

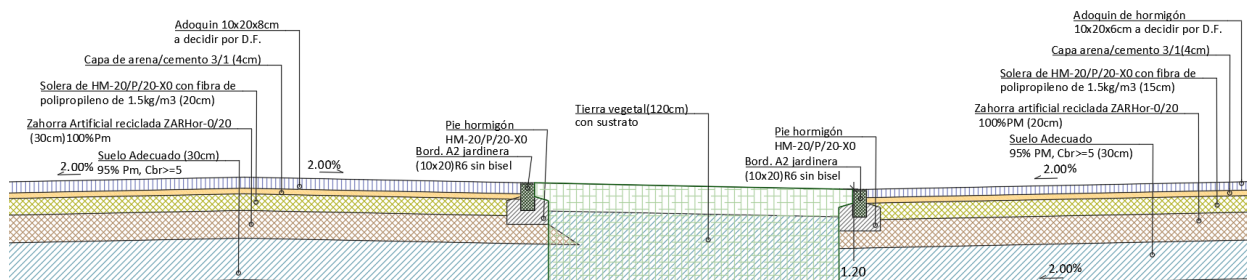


Sección tipo carril bici en resto de viales

6.4 CAMINOS PEATONALES

Los viales peatonales de los viales "peatonal 2", "peatonal 3", "peatonal 4", así como los accesos a posibles vados deberán estar adaptados para soportar tráfico rodado de baja intensidad.

Se diseñan con un acabado con adoquín prefabricados de hormigón de dimensión 10x20 y espesor de 8 cm en los tramos centrales donde se prevé el paso de tráfico y se colocarán sobre cama de arena/cemento con una dosificación 3/1 de 4 cm. Esta cama estará apoyada sobre la misma capa de hormigón que se proyecta en calzadas.



Los tramos centrales irán encintados con bordillos para facilitar el drenaje longitudinal y la recogida de la escorrentía mediante los elementos de drenaje urbano sostenible proyectado en los parterres de los accesos peatonales a las zonas verdes. En los laterales se proponen los mismos adoquines, pero de 6 cm de espesor, con la misma configuración de firme y cimiento.

En el caso del Vial 8, todo el adoquinado se ejecutará con espesor de 8 cm.

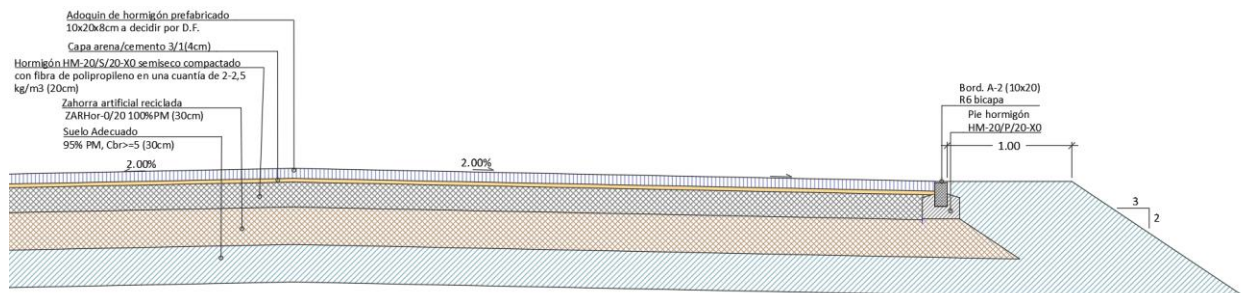


Imagen de firme en calzada compartida Vial Peatonal 8.

En cuanto a los caminos peatonales de las zonas verdes, se plantean senderos de hormigón antideslizante, realizado con hormigón HA-25/P/20/Xc1 con acabado superficial cepillado, con fibras de polipropileno, color similar al terreno, dejando al descubierto 2/3 del diámetro del árido, con posterior aplicación de resina incolora.