



Anejo Nº4

FIRMES

AUTOR: CIURANA SUBIELA, ROBERTO

TUTOR: CUADRADO TARODO, ÁLVARO

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

2018-2019

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3	1. GRANULOMETRÍA	11
1.1. OBJETO	3	2. CLASIFICACIÓN	11
1.2. NORMATIVA	3	APÉNDICE II ESTABILIZACIÓN IN-SITU (Art. 512 PG-3) Y	
2. DIMENSIONAMIENTO EXPLANADA	3	SUELOCEMENTO – GRAVACEMENTO (Art. 513 PG-3).....	12
2.1. CATEGORÍA EXPLANADA	3	1. ESTABILIZACIÓN IN-SITU.....	13
2.2. RELLENOS.....	3	2. SUELOCEMENTO – GRAVACEMENTO	13
2.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	4	APÉNDICE III TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS.....	17
3. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.....	5	APÉNDICE IV TIPOS DE LIGANTES	19
3.1. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	5	APÉNDICE V SECCIÓN PROPUESTA	21
3.2. TIPO DE MEZCLA BITUMINOSA	6		
3.3. ARCÉN	8		
4. RIEGOS	8		
4.1. RIEGO DE IMPRIMACIÓN.....	8		
4.2. RIEGO DE CURADO	8		
4.3. RIEGO DE ADHERENCIA	8		
5. SOLUCIÓN PROPUESTA	8		
APÉNDICE I CLASIFICACIÓN DEL SUELO (Art. 330 PG-3)	10		

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO

El objeto de anejo a tratar es el de caracterizar el paquete de firmes a disponer en la construcción de la prolongación de la ronda sur de La Pobla de Vallbona. Para ello, se utilizarán como base los datos obtenidos sobre la categoría de tráfico en el Anejo N°3.

1.2. NORMATIVA

- . PG-3; Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre.
- . Norma 6.1-IC "Secciones de firme", de la instrucción de Carreteras. Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre.
- . Norma de secciones de firme de la Comunitat Valenciana. Enero 2009.

2. DIMENSIONAMIENTO EXPLANADA

La explanada forma parte de la superestructura y está destinada a ser la superficie de apoyo del firme de la carretera. Por esto mismo, la explanada debe poseer la capacidad portante (o resistente) necesaria, tanto en obra como en servicio, para soportar las cargas transmitidas por el firme en función del tipo de carretera e intensidad del tráfico que circule por ella. Además, debe ser capaz de evacuar el agua que se filtre a través del firme y ser poco sensible a los cambios de humedad.

2.1. CATEGORÍA EXPLANADA

Para poder realizar una elección sobre el tipo de explanada es necesario conocer si en la obra habrá suficiente material proveniente de desmonte o si será necesario material de préstamo. Además, habrá que saber, a través de un estudio del terreno, qué características tiene el suelo de la traza (en el caso de que fuera suficiente) o el de préstamo (si se requiriese).

Por otro lado, a efectos de definir la estructura del firme, en cada caso, se establecen tres categorías de explanada. Estas categorías se determinan según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido de acuerdo con la NLT-357 "Ensayo de carga con placa ", cuyos valores se recogen en la *Tabla 1*.

Al darse el caso de tener varias opciones de explanada, la categoría de explanada se determinará a partir de la opción más económica.

Categoría de explanada	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Tabla 1: Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (Norma 6.1-IC)

2.2. RELLENOS

Tal y como se ha expuesto en el apartado anterior, para determinar el origen de los rellenos, es necesario saber si la obra es capaz de abastecer suficiente material para realizarlos.

En nuestro caso, en el Anejo nº2 (Trazado), se ha adecuado perfectamente el trazado de la carretera al terreno existente por lo que el volumen de desmonte es mínimo.

Dada esta situación, estamos ante la obligación de hacer uso de material exterior a la obra.

Realizando un breve análisis de mercado, se han localizado dos canteras posibles en la zona. Estas vienen bajo el nombre de “Áridos de Benaguacil S.A.” y “Áridos Casinos S.L.”.

Ante las dos opciones de cantera expuestas previamente, por condicionantes como la distancia y el precio, se ha escogido “Áridos Benaguacil”, la cual ha facilitado cierta documentación del material que disponen, para así poder estudiarlo posteriormente.

Uno de los aspectos tratados en dicho estudio es la clasificación del suelo según el artículo 330 del PG-3, el cual se puede observar en el Apéndice I de este documento. El resultado de este proceso es el siguiente.

Al no cumplir las condiciones de granulometría, quedan descartadas las opciones de clase tipo seleccionado. El siguiente tipo es el adecuado, y sí que cumple todas las condiciones impuestas. Por lo que se tratará como un suelo adecuado.

2.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Conocido ya el tipo de suelo según el PG-3, es momento de acudir a la Norma 6.1-IC para ver las posibles explanadas que cumplirían las condiciones.

CATEGORÍA DE EXPLANADA		SUELOS ADECUADOS (1)
E1 $E_{0.2} \geq 60 \text{ MPa}$		min 100
		1
E2 $E_{0.2} \geq 120 \text{ MPa}$		2 55
		1
		S-EST2 25
		1
E3 $E_{0.2} \geq 300 \text{ MPa}$		3 35
		1
		S-EST3 30
		1

Tabla 2: Formación explanada (Norma 6.1-IC)

Existen opciones con suelo estabilizado en dos de las tres categorías de explanada, por lo que es necesario comprobar si se puede estabilizar el suelo abastecido, tanto con cal como con cemento.

Para ello, es necesario realizar las comprobaciones establecidas por el artículo 512 del PG-3, tal y como se puede ver en el Apéndice II.

Los resultados obtenidos en dicho apéndice son los siguientes:

- . No se puede estabilizar con cal ni S-EST 1 ni S-EST 2.
- . Se puede estabilizar con cemento, los tres tipos.

Con las opciones restantes, para poder discriminar es necesario realizar un estudio técnico-económico en el cual también se tendrán en cuenta los firmes ya que, cuanto menor resistencia tenga la explanada, más resistente deberá ser el firme.

Este estudio técnico-económico se ha realizado en el Apéndice III.

Como resultado se ha obtenido que, el conjunto explanada-firme, sale más económica una explanada de categoría E3. En concreto, la definida por 30 centímetros de suelos estabilizado con cemento tipo S – EST3.



Figura 1: Explanada escogida (Norma 6.1-IC)

3. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

El paquete de firmes está compuesto por un conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados y, generalmente, tratados, que constituye la superestructura de la plataforma. Este ha de dimensionarse con el objetivo de garantizar una superficie de rodadura segura y cómoda, además de ser resistente para poder distribuir las cargas que recibe del tráfico protegiendo así a la explanada.

3.1. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el Anejo 3: Planeamiento y Tráfico, se obtuvo la categoría de tráfico del tramo, T32, de acuerdo a la IMD de vehículos pesados en el año de puesta en servicio.

Además de la categoría del tráfico pesado, se necesita el tipo de explanada, algo que no se sabe directamente.

Para obtenerla, se ha necesitado del estudio económico realizado en el Apéndice III donde se ha estudiado el conjunto explanada-firme, ya que existen 9 posibilidades de firmes, como se puede ver en la *Tabla 3*.

		T32		
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	3211 MB 18 ZA 40	3212 MB 12 SC 30	3214 HF 21 ZA 20
		3221 MB 15 ZA 35	3222 MB 10 SC 30	3224 HF 21 ZA 20
		3231 MB 15 ZA 20	3232 MB 10 SC 22	3234 HF 21
	E2			
	E3			

Tabla 3: Formación firme (Norma 6.1-IC)

Con esta visión, se ha podido comparar conjuntos de soluciones algo que ha ayudado a obtener la solución más económica de una manera sencilla.

En el mismo Apéndice III, se muestra el estudio económico generado de las distintas opciones de firme posibles y el razonamiento seguido hasta obtener la sección final.

Finalmente, la sección de firme 3231, junto a la explanada mostrada en la figura 1, exponen el conjunto más económico a proyectar. Formado por 15 centímetros de mezclas bituminosas sobre 20 de zahorra artificial.



Figura 2: Firme escogida (Norma 6.1-IC)

3.2. TIPO DE MEZCLA BITUMINOSA

Para realizar una elección razonada sobre el tipo de ligante bituminoso es importante saber en qué lugar se va a localizar la obra y qué características tiene el entorno. Por lo que es necesario saber la zona térmica estival.

De acuerdo con el mapa de zonas térmicas estivales que establece la Norma 6.1-IC, Valencia forma parte de la zona de temperatura media.

En la *Tabla 4*, sacada de la norma, se muestra que para cada tipo de capa existen diversos tipos de mezcla y según la categoría de tráfico pesado que se existe, se limitan unos espesores de capa.

En nuestro caso, al tratarse de una categoría de tráfico pesado tipo T32, no se pueden utilizar en base el tipo de mezcla MAM (Mezcla de Alto Módulo) ni en capa de rodadura mezcla de tipo PA (drenante).

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA (*)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2 y T31	T32 y T4 (T41 y T42)
Rodadura	PA	4		
	M	3	2-3	
	F			
	D y S		6-5	5
Intermedia	D y S	5-10 ^(**)		
Base	S y G	7-15		
	MAM	7-13		

Tabla 4: Espesor de capas de mezcla bituminosa en caliente (Norma 6.1-IC)

Finalmente, quedan las siguientes opciones:

- . Base: Tipo de mezcla hormigón bituminoso y espesor entre 7 y 15cm.
- . Intermedia: Tipo de mezcla hormigón bituminoso y espesor entre 5 y 10cm.
- . Rodadura: Tipo de mezcla hormigón bituminoso con espesor 5cm o tipo de mezcla discontinua con espesor entre 2 y 3cm.

A continuación, se procede a realizar una lista de recomendaciones, que se van a seguir, con respecto al espesor de cada capa:



- . Espesor escalado de mayor en base a menor en rodadura.
- . En caso de eliminar una capa, se elimina la intermedia.

Sabiendo que se tiene que tener un espesor total de 15cm de mezclas bituminosas, la capa superficial del paquete de firmes quedará compuesta por:

- . 5cm de capa rodadura
- . 10cm de capa base

Por lo tanto, se tiene una mezcla bituminosa de tipo hormigón bituminoso en la capa base y rodadura. Si nos adentramos en su correspondiente artículo del PG-3, el 542, se puede ver que existen diversos tipos de mezclas en función del tamaño máximo del árido empleado y de la granulometría.

Al igual que se hizo con la justificación del espesor de capa, seguidamente se puede ver una lista de recomendaciones a seguir con respecto al tipo de mezcla:

- . Granulometría escalada de mayor en base a menor en rodadura.
- . En base es recomendable gruesas al ofrecer mejor esqueleto.
- . En intermedias es recomendable semidensas.
- . En categorías de tráfico T2 o inferiores, en rodadura no es rentable ejecutar BBTM.

- . El espesor de la capa es recomendable que sea mayor a veces el tamaño máximo de árido.

Así pues, las mezclas bituminosas quedarán definidas de la siguiente manera con respecto a las tablas del Apéndice III:

- . Rodadura: AC22 surf S
- . Base: AC32 base G

Eliminando así la capa intermedia ya que no tenía cabida.

3.2.1. TIPO DE LIGANTE

La mezcla bituminosa en caliente está compuesta por una combinación de áridos, ligante hidrocarbonado y en ciertas ocasiones aditivos. En este punto, se razonará qué ligante hidrocarbonado compondrá las mezclas definidas.

Para ello, se hará uso del PG-3, en concreto del artículo 542 correspondiente a hormigón bituminoso, donde obtendremos las tablas del Apéndice IV.

Al estar en una zona térmica estival media y una categoría de tráfico pesado T32, quedarían las mismas posibilidades para las dos capas:

50/70 – 70/100 – BC50/70

Ante estas tres opciones, se escoge la tercera, BC50/70, ya que a pesar de que tenga un precio más elevado con respecto a las otras dos, este está mejorado con caucho. Por ejemplo, se recicla el caucho de los neumáticos

desgastados con lo que, de este modo, se está tratando un tema importante hoy en día, el medio ambiental, al eliminar residuos.

3.3. ARCÉN

Siguiendo con la Norma 6.1-IC, en el apartado 7 de arcenes, indica que en el caso de que el arcén sea superior a 1.25m, su firme dependerá de la categoría de tráfico pesado prevista para la calzada, además de que se evitará en lo posible la aparición de nuevas unidades de obra.

Nuestro caso cumple la condición de que es superior a 1.25m, además de por seguridad también por facilidad constructiva. Como se ha comentado varias veces, la categoría de tráfico pesado es T32. Por lo que el arcén podría no estar pavimentado. Además, el firme del arcén estará constituido por zahorra artificial, procurando enrasar con una de las capas del firme de la calzada; y el resto, hasta la explanada, podrá ser de zahorra artificial o de suelo seleccionado.

4. RIEGOS

Se aplican, en forma de emulsión bituminosa, en las carreteras sobre las capas del firme para así garantizar una buena adherencia entre ellas y un correcto curado de las capas tratadas.

4.1. RIEGO DE IMPRIMACIÓN

Sobre capa granular que reciba una capa de mezcla bituminosa o un tratamiento superficial.

4.2. RIEGO DE CURADO

Sobre capas tratadas con conglomerante hidráulico.

4.3. RIEGO DE ADHERENCIA

Sobre capas de materiales tratados con cemento y capas de mezcla bituminosa que vayan a recibir una capa de mezcla bituminosa.

5. SOLUCIÓN PROPUESTA

Finalmente, teniendo en cuenta los condicionantes relativos al tráfico y de la obra en cuestión, la explanada será tipo E3 y estará formada por 30 centímetros de suelo estabilizado con cemento S-EST3 del cual, el material base tendrá como origen cantera.

El firme previsto para la calzada corresponde a la sección 3231, la cual está formada por 15 centímetros de mezclas bituminosas sobre 20 de zahorra artificial. Dando una estructura final definida de la siguiente forma:

Sección firme	Espesor	Capa	Material
3231	5 cm	Rodadura	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 surf S
		Riego de adherencia	Emulsión bituminosa tipo C60BP3 TER
	10 cm	Base	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC32 base G
		Riego de imprimación	Emulsión bituminosa tipo C50BF5 IMP
	20 cm	Base granular	Zahorra artificial
		Riego de curado	Emulsión bituminosa tipo C60B3 CUR
	30 cm	Explanada	Suelo estabilizado con cemento S-EST 3
		Suelo subyacente	Suelo adecuado

Figura 3: Sección del firme

Complementando a la información aportada por el punto 3.3 de este documento, se ha tenido en cuenta que el espesor máximo en la capa de zahorra artificial es de 30 centímetros.

Espesor	Capa	Material
5 cm	Rodadura	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 surf S
	Riego de imprimación	Emulsión bituminosa tipo C50BF5 IMP
30 cm	Base granular	Zahorra artificial
	Riego de curado	Emulsión bituminosa tipo C60B3 CUR
30 cm	Explanada	Suelo estabilizado con cemento S-EST 3
	Suelo subyacente	Suelo adecuado

Figura 4: Sección del arcén

Estas capas del firme y del arcén que se representan de forma esquemática a través de las figuras expuestas, se pueden ver de una forma gráfica en el Apéndice V de este documento.



APÉNDICE I CLASIFICACIÓN DEL SUELO (Art. 330 PG-3)

1. GRANULOMETRÍA

Tamiz UNE	% Pasa
40	100
25	97.3
20	94.3
12.5	88.6
10	86.5
6.3	83.2
5	75.6
2	65.9
1.25	58.4
0.40	46.7
0.16	41.2
0.08	30.8
0.063	26.3

Figura 5: Granulometría del material

2. CLASIFICACIÓN

Primeramente, se comprueba que el suelo se puede utilizar como terraplén. Al ser el cernido del tamiz 20 UNE mayor al 70%, se considera como apto.

La granulometría falla para suelos seleccionados en el cernido por el tamiz 0.080 UNE ya que debe de ser menos del veinticinco por ciento. En cambio, para suelos adecuados, el valor límite de cernido por el tamiz 0.080 UNE pasa a ser un máximo de treinta y cinco por ciento, cumpliendo así las condiciones de granulometría.

Además de la granulometría, es necesario comprobar otras condiciones referentes a los límites de Attenberg y a la composición química del suelo.

A continuación, se ha realizado una breve tabla que resume las comprobaciones.

Clasificación			
Límites de Attenberg	LL	20	< 40
	LP	15	
	IP	5	
Análisis químico	%MO	0.22	< 1
	%SS	0.12	< 0.2
Cernido	# 2	65.6%	< 80%
	# 0.080	30.8%	< 35%
CBR	Adecuado	6	5 ≤

Figura 6: Comprobaciones suelo adecuado

Al ser el límite líquido inferior a 30, no es necesario comprobar el índice de plasticidad.

Se puede observar que cumple todas, por lo que se clasificará como suelo adecuado.



APÉNDICE II ESTABILIZACIÓN IN-SITU (Art. 512 PG-3) Y SUELOCEMENTO – GRAVACEMENTO (Art. 513 PG-3)

1. ESTABILIZACIÓN IN-SITU

Con la granulometría y características del terreno definidas en el Apéndice I, se procede a realizar las siguientes comprobaciones.

Estabilización			
Cal y Cemento			
Comp. química	Mat.Orgánica	< 1	✓
	Sulf.Solubles	< 0.7	✓
Hinchamiento libre	%H	No presenta	✓
Cal			
Granulometría	# 80	100	✓
	# 0.063	≥ 15	✓
Plasticidad	IP	12 ≤ IP ≤ 40	✗
Cemento			
Granulometría	# 80	100	✓
	# 2	> 20	✓
	# 0.063 _{S-EST1 y 2}	< 50	✓
	# 0.063 _{S-EST3}	< 35	✓
Plasticidad	LL	≤ 40	✓
	IP	≤ 15	✓

Figura 7: Comprobaciones Estabilización in-situ

Debido al límite líquido, no se podrá estabilizar con cal el suelo para ejecutar S-EST 1/2.

2. SUELOCEMENTO – GRAVACEMENTO

Con respecto a la composición química, el material cumple perfectamente el límite de 0.8% en sulfatos solubles y el de 1% de materia orgánica.

En cuanto a la plasticidad, para el suelocemento, el límite líquido deberá ser inferior a 30 y índice de plasticidad inferior a 12, cumpliendo así el material estas condiciones también.

Finalmente, tendrá que cumplir los husos granulométricos definidos por la norma.

Claramente, no cumple los husos granulométricos definidos para el suelocemento. Por lo que se descarta la opción de suelocemento con el suelo proporcionado.

TIPO DE SUELO-CEMENTO	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
	50	40	32	20	12,5	8	4	2	0,500	0,063
SC40	100	80-100	75-100	62-100	53-100	45-89	30-65	20-52	5-37	2-20
SC20			100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35

Tabla 8: Husos suelocemento (Art. 513 PG-3)



APÉNDICE III ESTUDIO ECONÓMICO EXPLANADA Y FIRME

1. CUADRO DE PRECIOS

m3	Suelo adecuado procedente de cantera incluso transporte hasta una distancia de 20 km	5.00 €
m3	Suelo seleccionado procedente de cantera hasta una distancia de 20 km	5.80 €
m3	S-EST1 ó S-EST2 con material de cantera, incluido conglomerante	9.90 €
m3	S-EST3 con material de cantera, incluido conglomerante	12.20 €
m3	Zahorra artificial de cantera incluso transporte hasta una distancia de 20 km	26.20 €
m3	Suelocemento con material de préstamo, totalmente terminado, incluso cemento	35.60 €
m3	Mezcla bituminosa en caliente, incluso betún y polvo mineral (d=2,3 Tn/m3)	70.00 €

Figura 9: Comprobaciones Estabilización in-situ

La cantera no puede proporcionar suelo seleccionado por lo que se descartan dos de las tres posibilidades de la explanada E2.

2. EXPLANADA

Quedan restantes 1 opción de cada tipo de explanada.

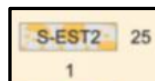
El coste de ejecución de las de tipo E1 sería el siguiente:



$$100\text{cm} \times 5 \text{ €/m}^3 = 5 \text{ €/m}^2$$

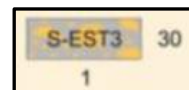
En el caso de una explanada tipo E1, la sección restante no tendría ningún material adicional, con la condición de que hayan 100 centímetros mínimo en la zona inferior.

Si se tratase de una explanada tipo E2, los costes de ejecución serían:



$$25\text{cm} \times 9.90 \text{ €/m}^3 = 2.48 \text{ €/m}^2$$

Finalmente, para una explanada tipo E3:



$$30\text{cm} \times 12.20 \text{ €/m}^3 = 3.66 \text{ €/m}^2$$

Obteniendo así que una sección de 25 centímetros de suelo estabilizado, con cemento, tipo S – EST2 es la que se podría ejecutar en una explanada E3.

3. FIRME

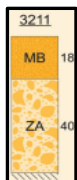
Con respecto a los firmes nos encontramos ante 4 tipos de materiales, la zahorra artificial, el suelocemento, las mezclas bituminosas y el hormigón de firme.

En el caso del suelocemento, se ha comprobado en el Apéndice II si el material proporcionado por la cantera es compatible para ejecutar suelocemento, ya que es una de las opciones de firme y ha resultado que no. Descartando así las secciones 3212, 3222, 3232.

Por otro lado, se tiene en cuenta que la extensión de la carretera en cuestión no es muy amplia por lo que el uso de hormigón de firmes no sale económicamente rentable. Además, está prácticamente en desuso ya que presentan problemas ante los asientos al ser muy rígidos y, son menos confortables debido a que son más ruidosas e impermeables, lo que genera proyecciones de agua.

De esta forma quedan descartadas las secciones 3214, 3224 y 3234, dejando solo un tipo de sección para cada tipo de explanada.

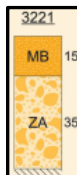
El coste de ejecución de la de tipo E1 sería el siguiente:



$$18\text{cm} \times 70 \text{ €/m}^3 + 40\text{cm} \times 26.20 \text{ €/m}^3 = 23.08 \text{ €/m}^2$$

En el caso de una explanada tipo E1, la sección más rentable serían 18 centímetros de mezclas bituminosas sobre 40 centímetros de zahorras artificiales.

Si se tratase de una explanada tipo E2, los costes de ejecución serían:



$$15\text{cm} \times 70 \text{ €/m}^3 + 35\text{cm} \times 26.20 \text{ €/m}^3 = 19.67 \text{ €/m}^2$$

Obteniendo así que una sección de 10 centímetros mezclas bituminosas sobre 35 centímetros de zahorra artificial sería la más económica.

Finalmente, si fuese una explanada tipo E3:




$$15\text{cm} \times 70 \text{ €/m}^3 + 20\text{cm} \times 26.20 \text{ €/m}^3 = 17.68 \text{ €/m}^2$$


4. CONCLUSIÓN

Para saber cuál es la categoría de explanada más económica es necesario ver el conjunto de sección de explanada más sección de firme.

En el caso de la categoría **E1**, sería un total de **28.08 €/m²**:

- . Explanada más económica:  [5 €/m²]
- . Firme más económico: 3211 [23.08 €/m²]

En el caso de la categoría **E2**, sería un total de **22.15 €/m²**

- . Explanada más económica:  [2.48 €/m²]
- . Firme más económico: 3221 [19.67 €/m²]

En el caso de la categoría **E3**, sería un total de **19.40 €/m²**

- . Explanada más económica:  [3.66 €/m²]
- . Firme más económico: 3231 [15.74 €/m²]

Finalmente, por una diferencia de 2.75 €/m², la explanada de categoría **E3** resulta más económica.



APÉNDICE III TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
	DENOMINACIÓN. NORMA UNE-EN 13108-1(*)	
RODADURA	AC16 surf D AC16 surf S	4 – 5
	AC22 surf D AC22 surf S	> 5
INTERMEDIA	AC22 bin D AC22 bin S AC32 bin S AC 22 bin S MAM (**)	5-10
BASE	AC32 base S AC22 base G AC32 base G AC 22 base S MAM (***)	7-15
ARCENES(****)	AC16 surf D	4-6

Tabla 6: Tipos de mezcla hormigón bituminoso (Art.542 PG-3)

TIPO DE MEZCLA (**)	ABERTURA DE LOS TAMICES. NORMA UNE-EN 933-2 (mm)								
	22	16	11,2	8	5,6	4	2	0,5	0,063
BBTM 8B (*)			100	90-100	42-62	17-27	15-25	8-16	4-6
BBTM 11B (*)		100	90-100	60-80		17-27	15-25	8-16	4-6
BBTM 8A (*)			100	90-100	50-70	28-38	25-35	12-22	7-9
BBTM 11A (*)		100	90-100	62-82		28-38	25-35	12-22	7-9
PA 16	100	90-100		40-60		13-27	10-17	5-12	3-6
PA 11		100	90-100	50-70		13-27	10-17	5-12	3-6

Tabla 7: Tipos de mezcla discontinua (Art.543 PG-3)



APÉNDICE IV TIPOS DE LIGANTES

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y ARCENES	T4
CÁLIDA	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-65		35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70	
MEDIA	35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65		35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 70/100 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65		50/70 70/100 BC50/70 PMB 45/80-60		50/70 70/100 BC50/70	

Tabla 10: Tipo de ligante hidrocarbonado Rodadura (Art.542 PG-3)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T00	T0	T1	T2 y T3
CÁLIDA			35/50 50/70	50/70 BC50/70
MEDIA		35/50 BC35/50 PMB 25/55-65	BC35/50 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA		50/70 70/100 BC50/70		70/100

Tabla 11: Tipo de ligante hidrocarbonado Base (Art.542 PG-3)



APÉNDICE V SECCIÓN PROPUESTA

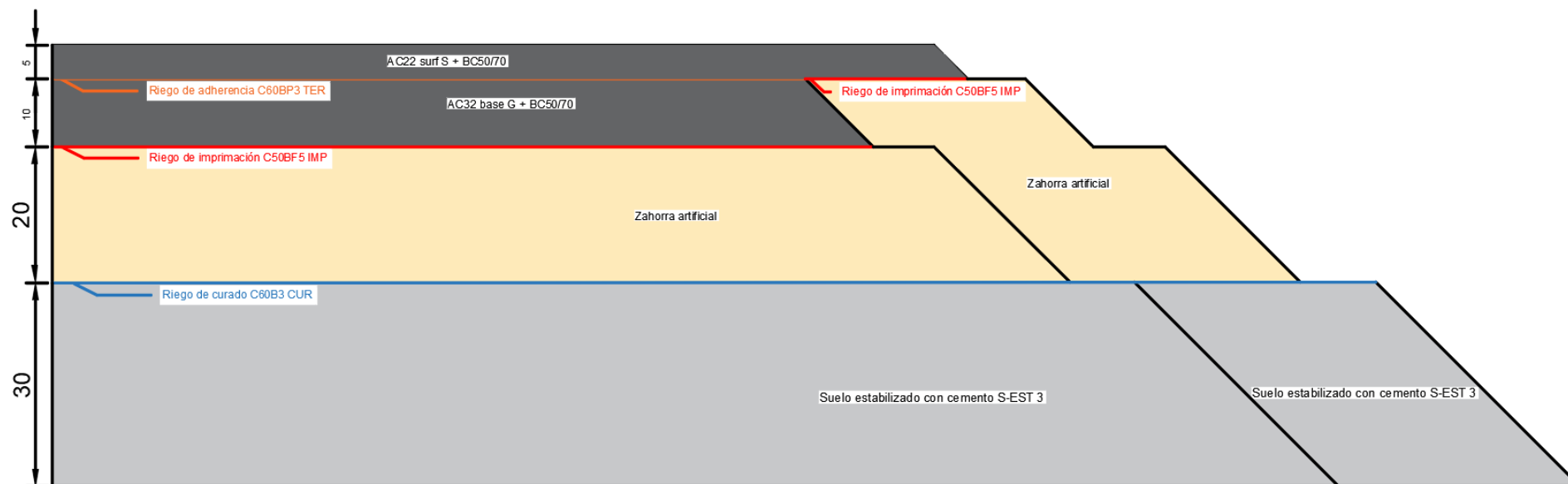


Figura 12: Sección final