



## **Anejo 4:**

## **FIRMES Y PAVIMENTOS**





## **ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>EXPLANADA .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>FIRME. ....</b>	<b>5</b>

## **APENDICES**

**APENDICE 1: COMPARACIÓN ECONÓMICA DEL EMPLEO DE LAS DISTINTAS MEZCLAS BITUMINOSAS**



## 1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es el de determinar las secciones del paquete de firmes a disponer tanto en el tronco principal como en el enlace de Favara de la Carretera N-332 de Almería a Valencia por Cartagena y Gata. PK 242+000 la PK 252+000. Variante de Sueca. (Variante de Cullera y Favara).

Se han analizado las secciones presentes en el proyecto de construcción y se han propuesto nuevas secciones que pueden suponer un aumento en las prestaciones y un ahorro presupuestario.

Normativa aplicada

La normativa empleada es la siguiente:

- Norma 6.1-IC “Secciones de Firme”
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)
- Orden circular 17/2003: Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carreteras.

## 2 CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO

En el anejo de tráfico se ha hecho un estudio de las intensidades de tráfico para el tronco principal y para el Enlace de Favara.

Los criterios establecidos en la norma 6.1 IC “Secciones de firme” para determinar la categoría del tráfico para los diferentes tramos o ramales de una carretera son los siguientes:

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Para el año de puesta en servicio de la autovía estos son los datos de IMD de pesados para los tres escenarios de crecimiento del tráfico (1,44%, 2% y 3%):

		IMDp por sentido 2020 %p = 13,19%						Categoría de Tráfico de cada elemento	Categoría de tráfico	
Incremento anual		1,44%		2,00%		3,00%				
N-332 Alicante		1425		1456		1514		T1		T1 → T0
TRONCO tramo A		1516		1550		1612		T1		
TRONCO tramo B		1704		1742		1812		T1		
TRONCO tramo Norte		1791		1831		1903		T1		
ENLACE FAVARA SUR										
FN-FS		2		2		2		T42		T41
Autovía-FS	V1 (Val. a Favara)	32	27	32	28	34	29	T41		
	V2(Alic. a Favara)		5		5		T42			
FS-Autovía	U1(Favara a Val.)	32	27	32	28	34	29	T41		
	U2 (Favara a Alic.)		5		5		T42			

En la tabla anterior se indica una categoría de tráfico T1 para el tronco, con valores de volumen de tráfico pesado de entre 1704 y 1812 según la tasa de crecimiento. Nos encontramos cerca del límite de IMDp de la categoría de tráfico T1, que se encuentre en 2000 vehículos. Por ello, se ve conveniente como aconseja en algunos casos la norma de firme 6.1 IC “Secciones de firme” considerar la categoría inmediatamente superior de T0, que mejorará la durabilidad y el comportamiento del firme en vistas a su deterioro y conservación en los futuros años.

En el caso de los ramales de enlace encontramos las categorías de tráfico T41 y T42. Con el fin de homogeneizar el paquete de firme en el enlace se opta por la categoría T41.

## 3 EXPLANADA

Para valorar la calidad del suelo subyacente en la zona donde se situará el enlace de Favara se han empleado los resultados de los ensayos realizados a las catas C-1 y C-2 (páginas 1011 y 1148-1151), que se resumen a continuación.

Cata	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Unidad Geotécnica	Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)	Límites Atterberg		Clasif. USCS	Mat. Org. (%)	Sal. Sol. (%)	Yeso (%)	Sulf. (%)	mg lón sulfato / kg suelo	Hincham. Libre (%)	Proctor Modificado	
							LL	IP								Hum.Ópt. (%)	Dens.Máx. (T/m3)
C-1	0,00	1,00	Qga	79,0	8	13	30,8	9,8	GC	3,32	0,66	0,01	0,002	88			
C-2	0,00	1,10	Qga	60,0	17	23	26,3	10,3	GC	0,90	1,67	0,07	0,012	413			

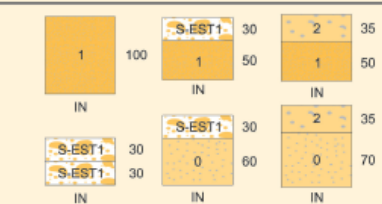
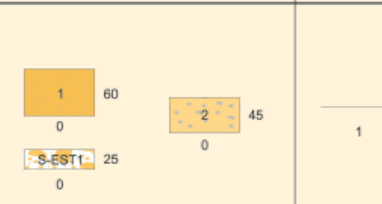
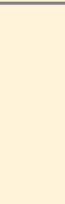
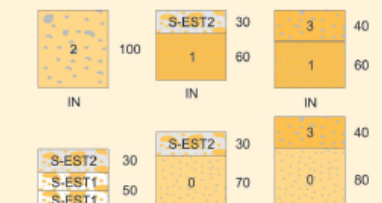
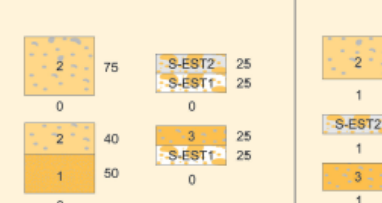







Se puede determinar que los suelos que encontramos a poca profundidad son marginales o inadecuados.

En cuanto a la categoría de explanada, para el tronco, como se ha indicado en el apartado anterior cuenta con una categoría de tráfico T0, que solo se admite una categoría de explanada E3. Por otro lado, para los ramales de enlace y glorieta, se considera una categoría de tráfico T41 para el que se han valorado las categorías de explanada E2 y E3.

En el tronco y en las zonas donde los ramales se encuentran en terraplén, el tipo de suelo subyacente estará constituido de pedraplén (siempre de espesor mayor a 1 metro), con material procedente íntegramente de préstamo. Este pedraplén constituye, tal y como indica la Norma 6.-IC “Secciones de Firme”, un suelo seleccionado tipo 3. En el resto de zonas donde los ramales o las glorieta discurran en desmante o sobre el terreno natural, este suelo se ha considerado marginal o inadecuado.

Para el tronco principal la explanada se conseguirá mediante la ejecución de 25 cm de suelo estabilizado S-EST3.

Para los ramales y gloriets de enlace, en las siguientes imágenes se muestran los distintos paquetes a emplear según la categoría E2 o E3 de la explanada.

		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 $E_{1/2} \geq 80 \text{ MPa}$					
	E2 $E_{1/2} \geq 120 \text{ MPa}$					
	E3 $E_{1/2} \geq 300 \text{ MPa}$					

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3)

0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3)

1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3)

2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

3 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

S-EST Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 2 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 3 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

HM-20 Hormigón (Art. 610 del PG-3)

tipo de material

espesor mínimo en cm

suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

FIGURA 1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Para adoptar la mejor decisión se han tenido en cuenta las recomendaciones de la Norma 6.-IC “Secciones de Firme” de las que destacamos las dos siguientes:

“... se recomienda al ingeniero proyectista la consideración preferente de los suelos estabilizados in situ, con cal o con cemento, frente a una aportación directa de suelos sin tratar.”

“Salvo justificación en contrario, a los efectos de la definición de las secciones de firme se unificarán las explanadas por su categoría, de tal manera que no haya tramos diferenciados en el proyecto de menos de quinientos metros (500m).”

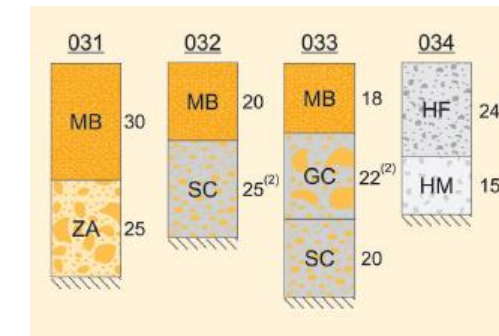
Teniendo en cuenta la recomendación de emplear la estabilización de suelos y ya que en el tronco se requerirá esta metodología para la explanada, en el enlace también se empleará. Esto descarta por una parte la categoría de explanada E2 ya que los materiales subyacentes en la zona de terraplén son de tipo suelo seleccionado (3) y no requeriría estabilización.

Por otro lado, y puesto que el material de aportación será un suelo seleccionado tipo 3 en todos los casos, la categoría de explanada E2 vuelve a quedar descartada, ya que la estabilización de suelos y los materiales empleados nos llevan a explanadas E3 en todos los casos.

En resumen, para el enlace contaremos con la categoría de explanada E3 constituida de igual forma que en el tronco, por 25 cm de suelo estabilizado S-EST3 sobre al menos 1 metro de pedraplén. Esto conlleva en las zonas en desmonte de que se realice un saneo de 1 metro y se ejecute pedraplén de 1 metro de espesor.

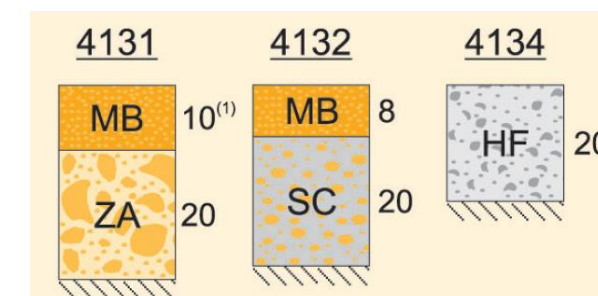
## 4 FIRME.

Para determinar la sección de firme a emplear tanto en tronco como en el enlace se cuenta en proyecto con un análisis económico de cada sección, en el que se obtienen los siguientes costes:



### TRONCO

SECCIÓN TIPO	EJECUCIÓN (año 0)	MANTENIMIENTO (año 0)	V. RESIDUAL (año 0)	TOTAL (año 0)
033	629,59 €	91,16 €	553,19 €	167,56 €
032	483,05 €	91,16 €	406,65 €	167,56 €
031	601,07 €	76,39 €	495,15 €	182,32 €
034	971,87 €	471,20 €	406,43 €	1.036,64 €







## ENLACE DE FAVARA

### Ramales unidireccionales

SECCIÓN TIPO	EJECUCIÓN (año 0)	MANTENIMIENTO (año 0)	V. RESIDUAL (año 0)	TOTAL (año 0)
4131	419,06 €	60,75 €	323,15 €	156,67 €
4132	472,42 €	60,75 €	354,92 €	178,26 €
4134	914,90 €	673,15 €	241,75 €	1.346,29 €

### Ramales bidireccionales

SECCIÓN TIPO	EJECUCIÓN (año 0)	MANTENIMIENTO (año 0)	V. RESIDUAL (año 0)	TOTAL (año 0)
4131	285,45 €	44,02 €	213,30 €	116,17 €
4132	342,44 €	44,02 €	261,12 €	125,33 €
4134	867,82 €	448,76 €	419,05 €	897,53 €

### Glorieta

SECCIÓN TIPO	EJECUCIÓN (año 0)	MANTENIMIENTO (año 0)	V. RESIDUAL (año 0)	TOTAL (año 0)
4131	147,88 €	22,51 €	111,40 €	58,99 €
4132	171,19 €	22,51 €	132,85 €	60,86 €
4134	267,22 €	235,60 €	31,62 €	471,20 €

De estos resultados, el proyecto original determina el empleo de la sección 032 para el Tronco y la sección 4131 para el Enlace de Favara.

Ahora bien, para la elección de la mezcla bituminosa a emplear en cada sección de firme el proyecto no cuenta con un análisis más pormenorizado de los diferentes tipos de mezclas. En el presente trabajo se ha realizado un análisis de costes y funcionalidad para proponer otras soluciones que se prevén que mejorarán las presentes en el proyecto de construcción inicial.

#### 4.1 Elección de mezcla bituminosa a emplear en el tronco principal

Para el tronco principal, la mezcla bituminosa seleccionada en proyecto cuenta con una rodadura de 4 cm de espesor de mezcla bituminosa drenante PA-11 (en la anterior denominación PA-12), sobre una capa intermedia de 6 cm de AC 22 bin D (en la anterior denominación D-20) y una capa base de 10 cm AC 32 base G (en la anterior denominación G-25). La única posibilidad de modificación según la normativa de firmes Norma 6.1 IC "Secciones de firmes" para una categoría de tráfico T0 podría ser el empleo de una mezcla bituminosa en caliente discontinua, pero se ha considerado más adecuada la drenante por su alta porosidad y reducción de la contaminación acústica e idoneidad para rodaduras de autovía. La sección a emplear se muestra en la siguiente tabla.

SECCIÓN: 032		Tipo. Denominación anterior	Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
MB	Capa Rodadura	PA-12	PA-11	4	20
	Riego adherencia	ECR-1-m	C60BP3 ADH	-	
	Capa intermedia	D-20	AC22 bin D	6	
	Riego de adherencia	ECR-1	C60B3 ADH	-	
	Capa base	G-25	AC32 base G	10	
SC	Riego de adherencia	ECR-1	C60B3 ADH	-	25
	Riego de curado	ECR-1	C60B3 CUR	-	
	Suelo cemento	SC	SC	25	
	Riego de curado	ECR-1	C60B3 CUR	-	

SECCIÓN: 032 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
MB	Capa Rodadura	PA-11	4	10
	Riego adherencia	C60BP3 ADH	-	
	Capa intermedia	AC22 bin D	6	
SC	Riego de adherencia	C60B3 ADH	-	20
	Riego de curado	C60B3 CUR	-	
	Suelo cemento	SC	20	
ZA	Zahorra artificial	ZA	15	15

#### 4.2 Elección de mezcla bituminosa a empelar en el Enlace de Favara.

Para los ramales de enlace en el Enlace de Favara la mezcla bituminosa seleccionada en el proyecto original consta de una capa de rodadura de 3 cm de espesor de mezcla bituminosa en caliente discontinua de BBTM 11B (en la anterior denominación M10) y una capa intermedia de 7 cm de mezcla bituminosa en caliente AC 22 bin S (en la anterior denominación S-20). Se ha estudiado la propuesta de proyecto y se han propuesto tres secciones más con mezclas bituminosas de tipo hormigón bituminoso combinando los distintos tipos de mezclas siguiendo siempre lo dispuesto en la normativa de firmes Norma 6.1 IC "Secciones de firmes" y lo dispuesto en los artículos correspondientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3):

- Propuesta 0 (de proyecto): rodadura de 3cm de espesor de BBTM 11B (en la anterior denominación M10) y capa intermedia de 7 cm de espesor AC 22 bin S (en la anterior denominación S-20).
- Propuesta 1: rodadura de 5cm de espesor de AC 16 surf S (en la anterior denominación S-12) y capa intermedia de 5 cm de espesor AC 22 bin S (en la anterior denominación S-20).
- Propuesta 2: rodadura de 5cm de espesor de AC 16 surf D (en la anterior denominación S-12) y capa intermedia de 5 cm de espesor AC 22 bin S (en la anterior denominación S-20).
- Propuesta 3: rodadura de 5cm de espesor de AC 16 surf S (en la anterior denominación S-12) y capa intermedia de 5 cm de espesor AC 22 bin D (en la anterior denominación S-20).



Se resumen entonces las distintas propuestas con sus espesores y riegos, además de la sección para arcén >1,25 metros en la siguiente tabla:

Secciones de firme propuestas										
0	SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)		SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
	MB	Capa Rodadura	BBTM 11B	3	10	MB	Capa Rodadura	BBTM 11B	3	3
		Riego adherencia	C60B3 ADH	-			Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
		Capa intermedia	AC22 bin S	7						
	ZA	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	20	ZA	Zahorra artificial	ZA	27	27
		Zahorra artificial	ZA	20						
1	SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)		SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	10	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	5
		Riego adherencia	C60B3 ADH	-			Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
		Capa intermedia	AC22 bin S	5						
	ZA	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	20	ZA	Zahorra artificial	ZA	25	25
		Zahorra artificial	ZA	20						
2	SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)		SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf D	5	10	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf D	5	5
		Riego adherencia	C60B3 ADH	-			Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
		Capa intermedia	AC22 bin S	5						
	ZA	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	20	ZA	Zahorra artificial	ZA	25	25
		Zahorra artificial	ZA	20						
3	SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)		SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	10	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	5
		Riego adherencia	C60B3 ADH	-			Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
		Capa intermedia	AC22 bin D	5						
	ZA	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	20	ZA	Zahorra artificial	ZA	25	25
		Zahorra artificial	ZA	20						

Los precios para cada unidad de obra son los contemplados en el proyecto de construcción. La dotación mínima de ligante y la relación polvo mineral/betún (F/B) están obtenidos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3):

Precios (proyecto de construcción)				Dotación mínima de ligante	Densidad (t/m3)	F/B
RIEGOS ASFÁLTICOS	C60B3 ADH	256	€/t			
	C60BF4 IMP	248,58	€/t			
MEZCLA BITUMINOSA	BBTM 11B (3cm)	4,17	€/m2	5%	2,35	1,2
	AC 16 surf S	19,36	€/t	5%	2,35	1,2
	AC 16 surf D	21,62	€/t	5%	2,35	1,2
	AC22 bin S	21,98	€/t	4%	2,45	1,1
	AC22 bin D	22,33	€/t	4%	2,45	1,1
BETUN	50/70	440	€/t			
POLVO MINERAL	-	70,28	€/t			
ZAHORRA A.	ZA	21,12	€/m3			

Se han analizado las diferentes secciones transversales presentes en el enlace de estudio, donde encontramos las secciones en ramales unidireccionales y bidireccionales y la sección en glorietas:

Sección transversal en Ramales de enlace Unidireccionales		Sección transversal en Ramales de enlace Bidireccionales		Sección transversal en Glorietas	
Carril	3,50 m	Carril	7,00 m	Carril	8,00 m
Arcén interior	1,50 m	Arcén interior	2,50 m	Arcén interior	0,50 m
Arcén exterior	2,50 m	Arcén exterior	2,50 m	Arcén exterior	1,50 m
Berma	1,00 m	Berma	1,00 m	Berma	0,75 m

Los diferentes cálculos de costes de construcción se encuentran en el “Apéndice 1: comparación económica del empleo de las distintas mezclas bituminosas” del presente anejo. A continuación se muestra una tabla resumen de los resultados de estos cálculos:



Resultados comparación económica de las distintas mezclas bituminosas

	Propuesta	Total Mezcla Bituminosa (€/ml)	Total Zahorra Artificial (€/ml)	Total Betún (€/ml)	Total Polvo Mineral (€/ml)	TOTAL (€/ml)
Sección transversal en Ramales de enlace Unidireccionales	0 (BBTM11B y AC22binS)	44,47	37,59	12,24	2,79	97,09
	1 (AC16surfS y AC22binS)	26,48	35,90	14,15	3,27	79,81
	2 (AC16surfD y AC22binS)	28,48	35,90	14,15	3,27	81,81
	3 (AC16surfS y AC22binD)	26,63	35,90	14,15	3,27	79,96

Sección transversal en Ramales de enlace Bidireccionales	0 (BBTM11B y AC22binS)	76,43	58,08	21,97	4,98	161,46
	1 (AC16surfS y AC22binS)	46,15	55,97	24,35	5,61	132,07
	2 (AC16surfD y AC22binS)	49,33	55,97	24,35	5,61	135,26
	3 (AC16surfS y AC22binD)	46,45	55,97	24,35	5,61	132,37

Sección transversal en Glorietas	0 (BBTM11B y AC22binS)	73,74	44,46	22,87	5,14	146,21
	1 (AC16surfS y AC22binS)	45,63	43,82	23,55	5,38	118,39
	2 (AC16surfD y AC22binS)	48,29	43,82	23,55	5,38	121,04
	3 (AC16surfS y AC22binD)	46,00	43,82	23,55	5,38	118,75

La sección que contempla el proyecto es la menos económica en todas las secciones y tiene un coste entre un 15% y un 20% superior a las secciones propuestas en este estudio. Por otro lado, los costes entre las distintas propuestas son muy similares, con la propuesta 1 como las más económica; la propuesta 2 la menos económica y la propuesta 3 con un coste intermedio.

Llegado este punto, se analizan las características y prestaciones de las distintas secciones de mezcla bituminosa propuestas para determinar si el ahorro económico que suponen también conllevará a una mejor funcionalidad, mantenimiento y conservación del futuro enlace.

El Enlace de Favara cuenta con ramales de entrada y de salida del tronco principal de la autovía con pendientes de entre 3 y 5% positivas y negativas. Los ramales de salida y entrada son tramos de aceleraciones y deceleraciones acusadas, lo que supone esfuerzos longitudinales sobre el firme que pueden suponer la aparición de patologías como los arrollamientos y el despegue de capas. En las glorietas ocurre del mismo modo, a pesar del poco tráfico pesado en este enlace los radios reducidos incrementan los esfuerzos transversales sobre el firme pueden ocasionar también estas patologías.

En el proyecto de construcción se presenta una rodadura de 3 cm de espesor con mezcla bituminosa en caliente discontinua BBTM 11B. Este tipo de mezcla contiene áridos con una discontinuidad granulométrica muy acentuada y es recomendable su empleo para vías de alta velocidad de circulación, cuenta con elevada resistencia al deslizamiento, una buena drenabilidad y la disminución del ruido de la rodadura.

Las mezclas propuestas para rodadura tipo AC 16 surf S o AC 16 surf D son mezclas cerradas casi impermeables que protegen muy bien las capas inferiores del firme y la explanada a la acción del agua,

cuenta con una granulometría continua de los áridos. Para la capa de rodadura, entre estas dos mezclas se ha optado por la AC 16 surf S, la mezcla semidensa que cuenta con un mayor índice de huecos, lo que garantiza espacio interno para los cambios de volumen del ligante por las acciones del a temperatura.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de algunos aspectos relevantes de cada tipo de mezcla que se han tenido en cuenta para la elección final

BBTM 11B (M10)	AC 16 surf S (S-12)
Permeable	Parcialmente impermeable
Granulometría discontinua	Granulometría continua
Espesores menores de 3 cm	Espesores 4-5 cm
Vías de alta velocidad de circulación	Mezcla cerrada
Sensibilidad a deformaciones plásticas	15-20% mas económica

La permeabilidad del pavimento en este enlace no tiene una función importante para el drenaje, puesto que debido a las pendientes tanto transversales como longitudinales la evacuación del agua está asegurada. Además, nos encontramos en una zona agrícola en la que es fácil que los huecos se llenen de polvo y la ausencia de lluvias continuadas impedirá el lavado de los huecos. La ventaja de una mezcla porosa también es la amortiguación del ruido, pero en este caso las velocidades serán reducidas y no conllevará contaminación acústica elevada.

Por estas consideraciones, por la mayor resistencia a deformaciones y frente a las patologías, y por la economía respecto a la mezcla en proyecto, se opta por el empleo de la propuesta 3, con la mezcla **AC 16 surf S** para la rodadura y la mezcla **AC 16 bin D** como capa intermedia en los ramales de enlace y glorietas del Enlace de Favara.

SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación anterior	Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
MB	Capa Rodadura	S-12	AC 16 surf S	5	10
	Riego adherencia	ECR-1	C60B3 ADH	-	
	Capa intermedia	S-20	AC22 bin D	5	
ZA	Riego de imprimación	ECI	C60BF4 IMP	-	20
	Zahorra artificial	ZA	ZA	20	





SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	5
	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
ZA	Zahorra artificial	ZA	25	25

## 5 BERMAS

Las bermas que completan la sección transversal de la carretera pueden constituir vías de infiltración. El relleno a emplear en el relleno de las bermas tiene el fin de asegurar el correcto funcionamiento del drenaje transversal del firme.

En el caso del tronco, puesto que está constituido por una rodadura drenante PA-12, el agua de lluvia que caiga sobre el firme circulará a través de esta capa en el sentido del peralte. En el caso de que el sentido sea hacia el exterior de la plataforma la cara superior de la berma quedará enrasada con la cara inferior de la capa intermedia, evitando así que suponga una barrera para la salida del agua. En el caso que el peralte sea hacia el interior de la calzada, el agua drenada a través de la capa de rodadura será recogida en la cuneta de mediana.

En el caso de los ramales de enlace, a pesar de no contar con una rodadura drenante, las bermas se dispondrán de la misma forma enrasadas con la cara inferior de la capa intermedia.

De acuerdo con la “Orden Circular 17/2003: Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera” el material de impermeabilización de bermas a emplear en la capa superior de al menos 20 cm deberá cumplir las siguientes características:

- Cernido, o material que pasa por el tamiz 0,080 UNE, sea superior al 25% en peso.
- Contenido en sales solubles, incluido el yeso, inferior a 0,2%.

En el caso del firme del tronco, el resto del relleno de la berma se realizará con un suelo adecuado.

En el firme del Enlace de Favara, el relleno bajo el material de impermeabilización de berma será una zahorra artificial.



## APÉNDICE 1: COMPARACIÓN ECONÓMICA DEL EMPLEO DE LAS DISTINTAS MEZCLAS BITUMINOSAS

Secciones de firme propuestas y tabla de precios y dotaciones para el firme:

Secciones de firme propuestas										
0	SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)		SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
	MB	Capa Rodadura	BBTM 11B	3	10	MB	Capa Rodadura	BBTM 11B	3	3
		Riego adherencia	C60B3 ADH	-			Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
		Capa intermedia	AC22 bin S	7		ZA	Zahorra artificial	ZA	27	27
	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-							
Zahorra artificial	ZA	20								
1	SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)		SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	10	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	5
		Riego adherencia	C60B3 ADH	-			Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
		Capa intermedia	AC22 bin S	5		ZA	Zahorra artificial	ZA	25	25
	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-							
Zahorra artificial	ZA	20								
2	SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)		SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf D	5	10	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf D	5	5
		Riego adherencia	C60B3 ADH	-			Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
		Capa intermedia	AC22 bin S	5		ZA	Zahorra artificial	ZA	25	25
	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-							
Zahorra artificial	ZA	20								
3	SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)		SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	10	MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	5
		Riego adherencia	C60B3 ADH	-			Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
		Capa intermedia	AC22 bin D	5		ZA	Zahorra artificial	ZA	25	25
	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-							
Zahorra artificial	ZA	20								

Precios (proyecto de construcción)			Dotación mínima de ligante	Densidad (t/m3)	F/B
RIEGOS ASFÁLTICOS	C60B3 ADH	256 €/t			
	C60BF4 IMP	248,58 €/t			
MEZCLA BITUMINOSA	BBTM 11B (3cm)	4,17 €/m2	5%	2,35	1,2
	AC 16 surf S	19,36 €/t	5%	2,35	1,2
	AC 16 surf D	21,62 €/t	5%	2,35	1,2
	AC22 bin S	21,98 €/t	4%	2,45	1,1
	AC22 bin D	22,33 €/t	4%	2,45	1,1
BETUN	50/70	249,1 €/t			
POLVO MINERAL	-	70,28 €/t			
ZAHORRA A.	ZA	21,12 €/m3			



Análisis de costes para sección transversal en ramales de enlace Unidireccionales:

				L=ancho (m)	Espesor (m)	densidad (t/m3)	%B	FB	L-espesor-densidad (t/ml)	MEZCLA	Precio UO	Precio ml	tmezcla-%betun (t/ml)	precio betún (€/t)	Precio ml	Betún(t/ml)* F/B	Precio polvo mineral (€/t)	Precio ml			
Sección transversal en Ramales de enlace Unidireccionales	PROPUESTA 0	MB	BBTM 11B	7,5	0,03	2,35	5%	1,2	0,5288	4,17 €/m2		31,2750	0,0251	249,1	6,2563	0,0301	49,2700	1,4849			
			AC22 bin S	3,5	0,07	2,45	4%	1,1	0,6003	21,98 €/t		13,1935	0,0240	249,1	5,9809	0,0264	49,2700	1,3013			
		ZA								L-espesor (m3/ml)											
			ZA	3,5	0,2								0,7	21,12 €/m3		14,784					
			ZA arcén >1,25	4	0,27								1,08	21,12 €/m3		22,8096					
	PROPUESTA 1	MB	AC 16 surf S	7,5	0,05	2,35	5%	1,2	0,8813	19,36 €/t		17,0610	0,0397	249,1	9,8784	0,0476	49,2700	2,3446			
			AC22 bin S	3,5	0,05	2,45	4%	1,1	0,4288	21,98 €/t		9,4239	0,0172	249,1	4,2721	0,0189	49,2700	0,9295			
		ZA								L-espesor (m3/ml)											
			ZA	3,5	0,2								0,7	21,12 €/m3		14,784					
			ZA arcén >1,25	4	0,25								1	21,12 €/m3		21,12					
	PROPUESTA 2	MB	AC 16 surf D	7,5	0,05	2,35	5%	1,2	0,8813	21,62 €/t		19,0526	0,0397	249,1	9,8784	0,0476	49,2700	2,3446			
			AC22 bin S	3,5	0,05	2,45	4%	1,1	0,4288	21,98 €/t		9,4239	0,0172	249,1	4,2721	0,0189	49,2700	0,9295			
		ZA								L-espesor (m3/ml)											
			ZA	3,5	0,2								0,7	21,12 €/m3		14,784					
			ZA arcén >1,25	4	0,25								1	21,12 €/m3		21,12					
	PROPUESTA 3	MB	AC 16 surf S	7,5	0,05	2,35	5%	1,2	0,8813	19,36 €/t		17,0610	0,0397	249,1	9,8784	0,0476	49,2700	2,3446			
			AC22 bin D	3,5	0,05	2,45	4%	1,1	0,4288	22,33 €/t		9,5740	0,0172	249,1	4,2721	0,0189	49,2700	0,9295			
		ZA								L-espesor (m3/ml)											
			ZA	3,5	0,2								0,7	21,12 €/m3		14,784					
			ZA arcén >1,25	4	0,25								1	21,12 €/m3		21,12					

Sección transversal en Ramales de enlace Unidireccionales	
Carril	3,5 m
Arcén interior	1,5 m
Arcén exterior	2,5 m
Berma	1 m
RODADURA	7,5 m
INTERMEDIA	3,5 m
ARCÉN >1,25	4 m

PROPUESTA	TOTAL MEZCLA	TOTAL ZA	TOTAL BETUN	TOTAL POLVO MINERAL	TOTAL (€/ml)
0	44,47	37,59	12,24	2,79	97,09
1	26,48	35,90	14,15	3,27	79,81
2	28,48	35,90	14,15	3,27	81,81
3	26,63	35,90	14,15	3,27	79,96



Análisis de costes para sección transversal en ramales de enlace Bidireccionales:

				L	espesor	densidad	%B	FB	MEZCLA			BETÚN			POLVO MINERAL		
									L-espesor·densidad (t/ml)	Precio UO	Precio ml	tmezcla·%betun (t/ml)	precio betún (€/t)	Precio ml	Betún(t/ml)* F/B	precio polvo mineral (€/t)	Precio ml
Sección transversal en Ramales de enlace Bidireccionales	1	MB	BBTM 11B	12	0,03	2,35	5%	1,2	0,8460	4,17 €/m2	50,0400	0,0402	249,1	10,0101	0,0482	49,2700	2,3759
			AC22 bin S	7	0,07	2,45	4%	1,1	1,2005	21,98 €/t	26,3870	0,0480	249,1	11,9618	0,0528	49,2700	2,6025
		ZA	L-espesor (m3/ml)														
			ZA	7	0,2				1,4	21,12 €/m3	29,568						
			ZA arcén >1,25	5	0,27				1,35	21,12 €/m3	28,512						
	2	MB	AC 16 surf S	12	0,05	2,35	5%	1,2	1,4100	19,36 €/t	27,2976	0,0635	249,1	15,8054	0,0761	49,2700	3,7514
			AC22 bin S	7	0,05	2,45	4%	1,1	0,8575	21,98 €/t	18,8479	0,0343	249,1	8,5441	0,0377	49,2700	1,8590
		ZA	L-espesor (m3/ml)														
			ZA	7	0,2				1,4	21,12 €/m3	29,568						
			ZA arcén >1,25	5	0,25				1,25	21,12 €/m3	26,4						
	3	MB	AC 16 surf D	12	0,05	2,35	5%	1,2	1,4100	21,62 €/t	30,4842	0,0635	249,1	15,8054	0,0761	49,2700	3,7514
			AC22 bin S	7	0,05	2,45	4%	1,1	0,8575	21,98 €/t	18,8479	0,0343	249,1	8,5441	0,0377	49,2700	1,8590
		ZA	L-espesor (m3/ml)														
			ZA	7	0,2				1,4	21,12 €/m3	29,568						
			ZA arcén >1,25	5	0,25				1,25	21,12 €/m3	26,4						
	4	MB	AC 16 surf S	12	0,05	2,35	5%	1,2	1,4100	19,36 €/t	27,2976	0,0635	249,1	15,8054	0,0761	49,2700	3,7514
			AC22 bin D	7	0,05	2,45	4%	1,1	0,8575	22,33 €/t	19,1480	0,0343	249,1	8,5441	0,0377	49,2700	1,8590
		ZA	L-espesor (m3/ml)														
			ZA	7	0,2				1,4	21,12 €/m3	29,568						
			ZA arcén >1,25	5	0,25				1,25	21,12 €/m3	26,4						

Sección transversal en Ramales de enlace Bidireccionales	
Carril	7 m
Arcén interior	2,5 m
Arcén exterior	2,5 m
Berma	1 m
RODADURA	12 m
INTERMEDIA	7 m
ARCÉN >1,25	5 m

PROPUESTA	TOTAL MEZCLA	TOTAL ZA	TOTAL BETUN	TOTAL POLVO MINERAL	TOTAL (€/ml)
0	76,43	58,08	21,97	4,98	161,46
1	46,15	55,97	24,35	5,61	132,07
2	49,33	55,97	24,35	5,61	135,26
3	46,45	55,97	24,35	5,61	132,37



Análisis de costes para sección transversal en glorietas:

				L	espesor	densidad	%B	FB	MEZCLA			BETÚN			POLVO MINERAL				
									L-espesor·densidad (t/ml)	Precio UO	Precio ml	tmezcla·%betun (t/ml)	precio betún (€/t)	Precio ml	Betún(t/ml)* F/B	precio polvo mineral (€/t)	Precio ml		
Sección transversal en Glorietas	1	MB	BBTM 11B	10	0,03	2,35	5%	1,2	0,7050	4,17 €/m2	41,7000	0,0335	249,1	8,3417	0,0402	49,2700	1,9799		
			AC22 bin S	8,5	0,07	2,45	4%	1,1	1,4578	21,98 €/t	32,0413	0,0583	249,1	14,5250	0,0641	49,2700	3,1602		
		ZA							L-espesor (m3/ml)										
			ZA	8,5	0,2							1,7	21,12 €/m3	35,904					
			ZA arcén >1,25	1,5	0,27							0,405	21,12 €/m3	8,5536					
					L	espesor	densidad	%B	FB	MEZCLA			BETÚN			POLVO MINERAL			
										L-espesor·densidad (t/ml)	Precio UO	Precio ml	tmezcla·%betun (t/ml)	precio betún (€/t)	Precio ml	Betún(t/ml)* F/B	precio polvo mineral (€/t)	Precio ml	
	2	MB	AC 16 surf S	10	0,05	2,35	5%	1,2	1,1750	19,36 €/t	22,7480	0,0529	249,1	13,1712	0,0635	49,2700	3,1262		
			AC22 bin S	8,5	0,05	2,45	4%	1,1	1,0413	21,98 €/t	22,8867	0,0417	249,1	10,3750	0,0458	49,2700	2,2573		
		ZA							L-espesor (m3/ml)										
			ZA	8,5	0,2							1,7	21,12 €/m3	35,904					
			ZA arcén >1,25	1,5	0,25							0,375	21,12 €/m3	7,92					
					L	espesor	densidad	%B	FB	MEZCLA			BETÚN			POLVO MINERAL			
										L-espesor·densidad (t/ml)	Precio UO	Precio ml	tmezcla·%betun (t/ml)	precio betún (€/t)	Precio ml	Betún(t/ml)* F/B	precio polvo mineral (€/t)	Precio ml	
	3	MB	AC 16 surf D	10	0,05	2,35	5%	1,2	1,1750	21,62 €/t	25,4035	0,0529	249,1	13,1712	0,0635	49,2700	3,1262		
			AC22 bin S	8,5	0,05	2,45	4%	1,1	1,0413	21,98 €/t	22,8867	0,0417	249,1	10,3750	0,0458	49,2700	2,2573		
		ZA							L-espesor (m3/ml)										
			ZA	8,5	0,2							1,7	21,12 €/m3	35,904					
			ZA arcén >1,25	1,5	0,25							0,375	21,12 €/m3	7,92					
					L	espesor	densidad	%B	FB	MEZCLA			BETÚN			POLVO MINERAL			
										L-espesor·densidad (t/ml)	Precio UO	Precio ml	tmezcla·%betun (t/ml)	precio betún (€/t)	Precio ml	Betún(t/ml)* F/B	precio polvo mineral (€/t)	Precio ml	
4	MB	AC 16 surf S	10	0,05	2,35	5%	1,2	1,1750	19,36 €/t	22,7480	0,0529	249,1	13,1712	0,0635	49,2700	3,1262			
		AC22 bin D	8,5	0,05	2,45	4%	1,1	1,0413	22,33 €/t	23,2511	0,0417	249,1	10,3750	0,0458	49,2700	2,2573			
	ZA							L-espesor (m3/ml)											
		ZA	8,5	0,2							1,7	21,12 €/m3	35,904						
		ZA arcén >1,25	1,5	0,25							0,375	21,12 €/m3	7,92						

Sección transversal en Glorietas	
Carril	8 m
Arcén interior	0,5 m
Arcén exterior	1,5 m
Berma	0,75 m
RODADURA	10 m
INTERMEDIA	8,5 m
ARCÉN >1,25	1,5 m

PROPUESTA	TOTAL MEZCLA	TOTAL ZA	TOTAL BETUN	TOTAL POLVO MINERAL	TOTAL (€/ml)
0	73,74	44,46	22,87	5,14	146,21
1	45,63	43,82	23,55	5,38	118,39
2	48,29	43,82	23,55	5,38	121,04
3	46,00	43,82	23,55	5,38	118,75





*Estudio de soluciones para el enlace de Favara en la carretera N-332. P.K. 242+000 al 252+000. Variante de Sueca (Valencia).*



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA