



# **INDICE**

1.	INTRO	DDUCCIÓN1
2.	CATE	GORÍAS DE TRÁFICO1
2.1	CAT	EGORÍA DE TRÁFICO PESADO EN TRONCO1
2	2.1.1	Tronco de autovía1
2.2	CAT	EGORÍA DE TRÁFICO PESADO EN VARIANTE2
2.3	CAT	EGORÍA DE TRÁFICO PESADO EN ENLACES2
2	2.3.1	Enlace de Malpartida Este y Enlace de Malpartida Oeste2
2.4		EGORÍA DE TRÁFICO PESADO EN DESVÍOS PROVISIONALES DE
3.	EXPL	ANADA3
4.	ESPE	PLIMIENTO CON LA ORDEN CIRCULAR 21/2007 SOBRE EL USO Y CIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS LIGANTES Y MEZCLAS MINOSAS QUE INCORPOREN CAUCHO (NFU)5
4.1	JUS	TIFICACIÓN TÉCNICA5
4.2	JUS	TIFICACIÓN ECONÓMICA5
5.	SECC	IONES TIPO ESTUDIADAS. COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA 6
5.1	cos	TES DE CONSTRUCCIÓN Y PRIMER ESTABLECIMIENTO (C1)6
5.2	cos	STES DE CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN (C2)10
	5.2.1	Conservación ordinaria o preventiva10
!	5.2.2	Rehabilitación10
5.3	OTR	OS COSTES (C3 Y C4)12
5.4	cos	TE TOTAL12

6.	SECC	CIONES TIPO ADOPTADAS 13	3
6.1	FIRM	ME EN TRONCO DE AUTOVÍA13	3
6.2	FIRM	ME EN VARIANTE13	3
6.3	FIRM	ME EN ENLACES 17	7
6.4	FIRM	ME EN VÍAS DE SERVICIO17	7
6.5	FIRM	ME EN ESTRUCTURAS17	7
(	6.5.1	Estructuras del tronco	3
(	6.5.2	Estructuras fuera del tronco18	3
6.6	DES	SVÍO PROVISIONALES DE CARRETERAS18	3
6.7	CAN	INOS AGRÍCOLAS Y CAMINOS DE OBRA18	3
6.8	CAN	/IINOS ASFALTADOS19	)
6.9	CAN	INO NATURAL DE CÁCERES A BADAJOZ19	)
6.1	0 COL	ADA DEL CAMINO DE LA LUZ19	)
7.	DEMC	DLICIONES	}
8.	MATE	RIALES PARA LA SECCIÓN DE FIRME19	}
9.	CARA	ACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DE FIRME20	)
10.	ASPE	CTOS CONSTRUCTIVOS DE LA SECCIÓN DE FIRME22	2



#### 1. INTRODUCCIÓN

Para el proyecto de construcción de los firmes del Proyecto de Trazado y Construcción. Variante de Malpartida de Cáceres. Provincia de Cáceres, se ha tenido en cuenta la norma 6.1-IC "Secciones de firme", de la Instrucción de Carreteras para el proyecto de firmes de nueva construcción, aprobada por Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, la Norma 6.3-IC sobre Rehabilitación de firmes, la Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3), relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos, la Nota de servicio 5/2006 sobre Explanaciones y Capas de Firme tratadas con cemento, la Orden Circular 20/06 sobre Recepción de obras de carreteras que incluyan firmes y pavimentos y la Orden Circular 21bis/2009 sobre betunes mejorados y betunes modificados de alta viscosidad con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) y criterios a tener en cuenta para su fabricación in situ y almacenamiento en obra, aprobada el 23 de marzo de 2009, que complementa a la Orden Circular 21/2007 sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho (NFU).

#### 2. CATEGORÍAS DE TRÁFICO

En el anejo nº 6, "Tráfico", se determinan las IMD en el año de puesta en servicio de la variante, considerando como tal el año 2023.

La *Norma 6.1.-IC "Secciones de Firme"* establece las siguientes categorías de tráfico a efectos de dimensionamiento del firme:

CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO	IMDp (Vehículos pesados /día)
T00	IMD <sub>P</sub> ≥ 4.000
T0	4.000>IMD <sub>P</sub> ≥ 2.000
T1	2.000>IMD <sub>P</sub> ≥ 800
T2	800> IMD <sub>P</sub> ≥200
T31	200> IMD <sub>P</sub> ≥100
T32	100> IMD <sub>P</sub> ≥50

T41	50> IMD <sub>P</sub> ≥25
T42	25> IMD <sub>P</sub>

siendo IMDp la intensidad media diaria de vehículos pesados en el año de puesta de servicio.

#### 2.1 CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO EN TRONCO

#### 2.1.1 Tronco de autovía

Para el dimensionamiento de la categoría del tráfico se han considerado a partir de la puesta en servicio, en el año 2023, tres escenarios de crecimiento 1,5%, 2,5% y 3,5% según se recoge en el pliego de condiciones técnicas del proyecto y otro más conservador compuesto por los crecimientos recogidos en la Orden Circular del Ministerio, todos ellos con una inducción del 10%. Esta inducción se supondrá que se desarrolla a lo largo de los tres primeros años del proyecto, un 4% el primer año, un 7% el segundo y un 10% el último año. La vida del proyecto se considera 20 años.

La IMD para el año de puesta en servicio, para los diferentes escenarios, en el tramo más desfavorable, es la siguiente:

• Escenario 1,5%: 9.751.

• Escenario 2,5%: 9.847.

Escenario 3,5%: 9.943.

Escenario OM: 9.745.

Para el cálculo del porcentaje de vehículos pesados, se parte de los coeficientes de paso a IMD de la estación CC-17-1, para el mes de septiembre, para ambos tipos de vehículo:

Coeficientes N,L y S. Septiembre 2016.

Coeficientes	Ligeros	Pesados
N	1,06	1,07
L	0,93	1,02
S	0,92	0,82
Coef 16 a 24h	0,907	0,895



El tráfico de vehículos obtenido del aforo de 16 horas realizado en la N-521 p.k. 56 es de 8.568 vehículos ligeros incluyendo los dos sentidos, y 419 vehículos pesados.

Aplicando a estos tráficos los coeficientes de paso de 16 horas IMD, se obtiene las IMD finales:

- IMD Ligeros= 7.771 veh/día
- IMD Pesados= 375 veh/día

Siendo por tanto el porcentaje de vehículos pesados en la N-521, según el aforo realizado en el año 2014, de un 5%.

El tráfico de vehículos pesados en cada tramo se deriva de los tráficos obtenido en los apartados anteriores, suponiendo como año de puesta en servicio 2023 con un porcentaje de pesados del 5%, igual al porcentaje de pesados observado en el aforo automático realizado durante el trabajo de campo para el año 2014 y 2019.

Considerando la IMD del tronco en el año de puesta en servicio (2023), correspondiente al escenario de la Orden Ministerial de Eficiencia, con un 5% de pesados en la media anual observado en los aforos, y que en calzadas de dos carriles y único sentido de circulación incide sobre el carril exterior el 100% de los vehículos pesados que circulan por la calzada.

Se tiene la siguiente IMDp y categoría de tráfico pesado según el Estudio de Tráfico:

Tramo 1: IMDp = 487. Categoría T2.

Según Estudio de Tráfico, para el año de puesta en servicio 2023, al tronco de autovía le corresponde una categoría de tráfico T2 (Tramo 1: IMDp = 487), no obstante debido al carácter periurbano del tramo, a fin de evitar afecciones al tráfico y reducir el coste de mantenimiento, así como por congruencia con otras infraestructuras de la zona como la Autovía de la Plata, de acuerdo al criterio de Director de Proyecto, se adopta una categoría de tráfico T1 en el tronco.

Además hay que tener en cuenta además que la diferencia entre la sección de firme con tráfico T2 y la sección con tráfico T1 son 5 cm de mezcla bituminosa únicamente, lo cual implica un menor coste de mantenimiento de la sección con tráfico T1.

#### 2.2 CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO EN VARIANTE.

De acuerdo al Estudio de Tráfico se obtiene una categoría de tráfico T2 y T31 para el tramo final algo más corto (Tramo 2: IMDp = 283, Tramo 3: IMDp = 123). Por homogeneidad, facilidad constructiva y para reducir los costes de mantenimiento se adopta una categoría de tráfico T2 para el tronco en variante.

# 2.3 CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO EN ENLACES.

### 2.3.1 Enlace de Malpartida Este y Enlace de Malpartida Oeste

Considerando las IMD del año de puesta en servicio 2023 del tronco, correspondientes al escenario de crecimiento propuesto por la Orden Ministerial tronco y teniendo en cuenta que los ramales son de 1 o 2 carriles por sentido y que en las glorietas todo el tráfico pesado incide sobre el carril más exterior, se tienen las siguientes IMDPA y categorías de tráfico pesado:

Categorías de pesados en los ramales y en las glorietas del enlace de Malpartida Este.

Glorieta 1.

Enlace Malpartida Este	IMD 2014	IMDpa2014	IMDpa2023	Categoría
Ramal 0 / Desde glorieta 1	1.777	89	104	T31
Ramal 0 / Hacia glorieta 1	108	5	6	T42
Ramal 1	1.777	89	104	T31
Ramal 6 / Dirección Vía de servicio	0	0	0	T42
Ramal 2	108	5	6	T42
Glorieta 1	1.885	94	111	T31

Glorieta 2.

Enlace Malpartida Este	IMD 2014	IMDpa2014	IMDpa2023	Categoría
Ramal 0 / Desde glorieta 2	108	5	6	T42
Ramal 0 / Hacia glorieta 2	1.777	89	104	T31
Ramal 4	1.821	91	107	T31
Ramal 3	8	0	0	T42
Ramal N-521 entrada	1.821	91	107	T31
Ramal N-521 salida	1.782	89	105	T31
C.A. 3.7	0	0	0	T42
Vía de servicio entrada a glorieta	114	6	7	T42
Vía de servicio salida desde	8	0	0	T42



glorieta				
Glorieta 2	3.603	180	212	T2

Categorías de pesados en los ramales y en la glorieta del Enlace de Malpartida Oeste

Enlace Malpartida Oeste	IMD 2014	IMDpa2014	IMDpa2023	Categoría
Ramal1	1.334	67	78	T32
Ramal conexión EX-207 entrada a glorieta	1.769	88	104	T31
Ramal conexión EX-207 salida a glorieta	1.547	77	91	T32
Ramal 2	74	4	4	T42
Ramal 3	77	4	5	T42
Ramal conexión N-521 entrada a glorieta	248	12	15	T42
Ramal conexión N-521 salida desde glorieta	275	14	16	T42
Glorieta	1.825	91	107	T31

De acuerdo al Estudio de Tráfico se obtiene una categoría de tráfico T31. No obstante existen ramales con rampas con inclinaciones medias superiores al 5% (o superiores al 3% cuya longitud sea superior a 500 m) lo que se implica adoptar una categoría de tráfico pesado inmediatamente superior (según Instrucción 6.1 IC).

Se adopta una categoría de tráfico T2, de acuerdo a criterio del Director del Proyecto, por homogeneidad, facilidad constructiva, para reducir los costes de mantenimiento y teniendo en cuenta que se suele adoptar en enlaces una categoría de tráfico menor que el tronco.

### 2.4 CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO EN DESVÍOS PROVISIONALES DE CARRETERAS.

Por economía y dado el escaso periodo de servicio de estos desvíos se considera la categoría de tráfico pesado T41 en las carreteras N-521 y EX-207, para el resto de carreteras se dispondrá una sección de desvío tipo camino asfaltado.

### 3. EXPLANADA

La Norma 6.1-IC considera tres categorías de explanada definidas según el módulo de

compresibilidad en el segundo ciclo de carga (Ev2), obtenido de acuerdo con la NTL-357

"Ensayo de carga con placa":

Categoría de explanada	Ev2 (MPa)
E1	≥ 60
E2	≥ 120
E3	≥ 300

La explanada deberá cumplir una deflexión patrón máxima:

Categoría de explanada	Deflexión patrón (10-2 mm)
E1	≤ 250
E2	≤ 200
E3	≤ 125

Siguiendo la *norma 6.1-IC "Secciones de firme*" se ha seleccionado la explanada más adecuada teniendo en cuenta la categoría de tráfico pesado para el tronco de la autovía (**T1**), así como el tipo de suelo de la explanación (en los desmontes) o de la obra de tierra subyacente (en los terraplenes o rellenos todo-uno) de acuerdo con lo establecido en el Anejo nº 7. "Estudio Geotécnico del corredor".

De acuerdo con lo establecido en el Anejo nº 7. "Estudio Geotécnico del corredor", el tipo de suelo de la explanación (en los desmontes) se tramifica de la siguiente manera:



	EXPLANADA NA	ATURAL	
TRONCO PRINCIP	PAL		
TRAMO	MATERIAL	PG3	6.1 IC
0+680 a 0+940	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
2+800 a 2+940	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
3+200 a 3+370	Granito (IV)	-	R
3+500 a 3+600	Granito (IV)	- %	R
3+710 a 3+860	Granito (III)		R
3+900 a 4+100	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
4+300 a 5+080	Jabre (V) / Granito (IV)	Adecuado / Seleccionado	1/2
5+080 a 5+680	Granito (II-III)		R
5+680 a 6+040	Granito (IV-III)	9	R
6+040 a 6+090	Granito (IV-III)	14	R
6+360 a 6+450	Granito (IV)		R
6+540 a 6+700	Granito (IV-III)		R
6+980 a 7+100	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
7+160 a 7+380	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
7+510 a 7+740	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
7+820 a 8+340	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
8+440 a 8+680	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
8+900 a 9+040	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
9+660 a 10+200	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
10+720 a 10+840	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
<b>VÍA DE SERVICIO</b>	M.I.		
0+500 a 0+640	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
0+850 a 1+110	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
2+300 a 2+500	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
2+600 a 2+680	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
2+740 a 2+770	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
2+810 a 2+860	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
2+960 a 3+040	Jabre (V)	Adecuado / Seleccionado	1/2
3+380 a 3+520	Granito (IV-III)	-	R
VIA DE SERVICIO			
0+920 a 1+000	Granito (IV-III)	-	R
<b>ENLACE MALPAR</b>	RTIDA ESTE. RAMAL 1		
0+040 a 0+130	Granito (IV-III)		R
	TIDA ESTE. GLORIETA	SUR	
Toda la glorieta	Granito (IV-III)		R
	TIDA ESTE. REPOSICIÓ	N N-521	
0+000 a 0+120	Granito (IV)		R

Como resumen, según la clasificación de la Instrucción 6.1 IC, la categoría de la explanada natural en los fondos de desmonte alterna entre suelos 1 y 2 (suelos "adecuado" y "seleccionado" según el PG3) y roca.

Según la **Nota de Servicio 5/2006 sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento**, todo tramo de autovía de nueva construcción que se proyecte, deberá disponer de una categoría de explanada tipo E3.

		SUELOS INADE	CUADOS Y MA (IN)	RGINALES		OLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
ANADA	E1 E <sub>v2</sub> ≥ 60MPa	1 100 IN S-EST1 30 S-EST1 30 IN	S-EST1 30 1 50 IN S-EST1 30 0 60	1 50 IN 2 35 0 70	1 60 0 .s.est1 25	2 45			
CALEGORIA DE EXPLA	E2 E <sub>v2</sub> ≥ 120MPa	2 100 IN 3-EST2 30 5-EST1 50	S-EST2 30 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	3 40 1 60 IN 5 40 0 80	75 0 2 40 1 50	\$-EST2 25 -\$-EST1 25 0 3 25 -\$-EST1 25 0	2 55 1 5-ES12 25 1 3 36	min 2 100	
	E3 E <sub>V2</sub> ≥ 300MPa	S-EST3 30 S-EST1 50 IN	S-EST3 30 50	S-EST3 30 1 75	S-EST3 30 0	S-EST3 30 1 50	S-EST3 30	S-EST3 30 2 S-EST3 25 3	HM-20

En las zonas de fondo de desmonte de categoría roca, para obtener una explanada E3 basta con evitar la retención del agua en la explanada mediante un sistema de drenaje adecuado y el relleno con hormigón tipo HM-20 (Art. 610 del PG-3) de las depresiones que puedan retener el agua.

Sobre suelo adecuado deberá disponerse 30 cm de S-EST3, tanto en desmonte como en terraplén.

Sin embargo, en los casos donde la tierra subyacente sea roca se adoptará también 30 cm de S-EST3 según criterio del Director de Proyecto, de tal modo que la Explanada sea uniforme en todo el tronco de autovía, y teniendo en cuenta que el precio unitario del suelo estabilizado S-EST3 económicamente es más ventajoso que el precio unitario del hormigón HM-20.

Por lo que la explanada será uniforme para toda la autovía proyectándose 30 cm de S-EST3, formado con material adecuado procedente de la excavación.



4. <u>CUMPLIMIENTO CON LA ORDEN CIRCULAR 21/2007 SOBRE EL USO Y</u>

<u>ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS LIGANTES Y MEZCLAS BITUMINOSAS</u>

QUE INCORPOREN CAUCHO (NFU).

#### 4.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Se debe señalar dos aspectos fundamentales de carácter técnico a la hora de determinar la conveniencia de su empleo:

- No existe casi ningún tramo de nueva construcción, realizado con betún modificado con caucho procedente de neumáticos fuera de uso, ejecutado por el Ministerio de Fomento.
- 2. En aquellos tramos en los que se ha utilizado este tipo de betún en España, han sido tramos de rehabilitación de la capa de rodadura en su mayoría, realizados con una antigüedad inferior a 12 años, tiempo que se considera insuficiente para la comprobación real de su correcto funcionamiento. Se considera que es demasiado pronto para saber si en un futuro supondrá una mejora de durabilidad respecto a un firme con otro betún de características similares. Dado que apenas existe experiencia en España, las publicaciones sobre su comportamiento a lo largo de la vida útil recurren a Estados Unidos, donde las condiciones climáticas y de materiales no son exactamente extrapolables.

## 4.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

En cumplimiento con la Orden Circular 21/2007 se realiza una comparación económica entre el Betún tipo PMB 45/80-60 a utilizar en capa de rodadura según indica la Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre (PG-3), y el Betún Modificado con Caucho procedente de neumáticos fuera de uso, a utilizar en dicha capa, según se indica en la Orden Circular 21/2007.

Se considera para realizar la comparación la extensión completa, incluido betún y filler de aportación, de una sección calzada de autovía por m2 de la capa de rodadura con mezcla bituminosa discontínua tipo BBTM 11B, de 3 cm de espesor.

La comparación económica se muestra a continuación:

betún PMB 45/80-60:	=	4,19	€	Total sección con betún PMB 45/80-60 c	ucho:	=	4,32	€
0,00-0 X 40,21	Ē	0,20		1 mor do aportación. 0,0040 X 4.		Ē	0,21	ľ
.,								•
0.0034 x 530	=		€		30			4
0,0699 x 31,70	=	2,22	€	M.B. tipo BBTM 11B: 0,0699 x 3 <sup>-7</sup>	70	=	2,22	•
				Coste:				t
1,2 x 0,0033	=	0,0040	t/m	Filler de aportación: 1,2 x 0,00	6	=	0,0043	t
	-	-	-				-	t
				Medición:				İ
)-60	H			Usando betún PMB 45/80-60 caucho				ł
				Con caucho				ŀ
	1,00 x 0,03 x 2,33 0,0699 x 0,048 1,2 x 0,0033 0,0699 x 31,70 0,0034 x 530 0,0040 x 49,27	1,00 x 0,03 x 2,33 = 0,0699 x 0,048 = 1,2 x 0,0033 = 0,0699 x 31,70 = 0,0034 x 530 = 0,0040 x 49,27 =	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	D-60  Usando betún PMB 45/80-60 caucho    Medición:			


El incremento de coste por m² de sección capa de rodadura por empleo del Betún modificado con Caucho procedente de neumáticos fuera de uso es de 0,12 €/m².

Debido al incremento económico que supone y teniendo en cuenta la coyuntura económica actual, así como el criterio del Director de Proyecto y cumpliendo con la Orden Circular 21/2007, se considera conveniente el no uso del Betún modificado con Caucho procedente de neumáticos fuera de uso, en este proyecto.

# 5. SECCIONES TIPO ESTUDIADAS. COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

El aprovechamiento óptimo de los recursos económicos exige una cuidadosa selección y estudio de los elementos que suelen intervenir en el análisis de rentabilidad económica, y que son:

- Costes de construcción y primer establecimiento (C1).
- Costes de conservación y rehabilitación durante el período del análisis, actualizados al año de construcción (C2).
- Valor residual de la sección al final del período de análisis (C3).
- Costes energéticos, de usuarios, de demoras durante la conservación, sociales, etc.(C4).

por lo que el coste total de una sección será:

 $C=C_1+C_2+C_3+C_4$ 

Como método de análisis económico se usa el denominado "costes durante el ciclo vital", basado en que al tener la inversión de un firme el carácter de inversión a largo plazo, el valor de los costes de primer establecimiento no debe ser determinante de la elección, ya que durante su vida de servicio los firmes requieren distintos niveles de inversión en conservación ordinaria como en rehabilitación.

# 5.1 COSTES DE CONSTRUCCIÓN Y PRIMER ESTABLECIMIENTO (C1)

De los apartados anteriores se deduce que, para el dimensionamiento del firme en el tronco debe considerarse explanada E3 y categoría de tráfico T1. En función de esto deberá escogerse una sección estructural del firme de entre las que propone en la *Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre* por la que se aprueba la norma 6.1-IC "Secciones de firme".



Estas secciones son las siguientes:

Explanada E3 y Tráfico T1:

Según la Orden FOM/3460/2003 sobre secciones de firme.

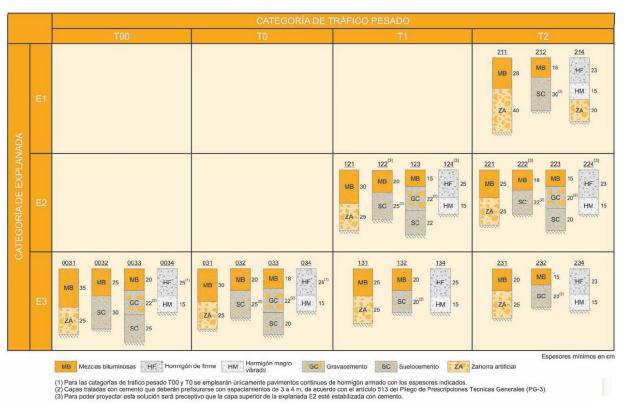


FIGURA 2.1. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO TOO A T2, EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

Firmes flexibles: 131
Firmes semirrígidos: 132
Firme rígido: Sección 134

Para el resto de secciones se propondrán las homólogas a la que resulte elegida, en función de la categoría de tráfico de cada de una de ellas.

Según la *Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre* por la que se aprueba la norma 6.1-IC "Secciones de firme" para tráfico pesado T1 se emplearán mezclas bituminosas discontinuas en caliente tipo BBTM o bien las drenantes tipo PA. Se ha dispuesto una mezcla del tipo discontinua, por su buen comportamiento en la zona de proyecto.

Dicha mezcla discontinua se situará en el tronco, variante y en enlaces como capa de rodadura. En el resto (vías de servicio, desvíos provisionales de carreteras, estructuras

fuera de tronco y caminos asfaltados) se extenderá una capa de mezcla tipo AC 16 surf B 50/70 D como capa de rodadura.

Para la comparación económica de las diversas secciones estructurales hay que tener en cuenta que la Orden Circular considera, para las secciones con firme flexible, un período de servicio de veinte años y, para las secciones con firme rígido, el período es de treinta años.

Dentro de las diversas soluciones que dicha *Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre* propone, se han considerado para las secciones de firme flexible aquellas soluciones en las que la primera capa es de mezcla bituminosa discontinua en caliente tipo BBTM 11B PMB 45/80-65, motivado por las condiciones de intensidad de circulación categoría de tráfico pesado T1.

En los arcenes menores de 1,25 m, de acuerdo a la norma 6.1-IC "Secciones de firme", se extenderán todas las capas del firme que consta en cada una de las secciones.

En los arcenes mayores de 1,25 m, de acuerdo a la norma 6.1-IC "Secciones de firme", las capas del firme se distribuyen de la siguiente manera:

- Arcén >1,25 m en sección 131:

Capa de rodadura 3 cm. de mezcla bituminosa tipo BBTM 11B PMB 45/80-60

Riego de adherencia (Emulsión C60BP3 ADH)

Capa intermedia 5 cm. de mezcla bituminosa tipo AC 22 bin B 35/50 S

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Capa base 7 cm. de mezcla bituminosa tipo AC 32 base B 50/70 G

Riego de imprimación (Emulsión C60BF4 IMP)

Capa de sub base 20 cm. de Zahorra artificial drenante

Capa de sub base 15 cm. de Zahorra artificial



Arcén >1,25 m en sección 132:

Capa de rodadura 3 cm. de mezcla bituminosa tipo BBTM 11B PMB 45/80-60

Riego de adherencia (Emulsión C60BP3 ADH)

Capa intermedia 7 cm. de mezcla bituminosa tipo AC 22 bin B 35/50 S

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR)

Capa de sub base 30 cm. de suelocemento

- Arcén >1,25 m en sección 134:

Capa de rodadura 15 cm. de hormigón en masa tipo HF-4,5

Capa de sub base 25 cm. de Zahorra artificial drenante

Para estas valoraciones se han tomado los precios empleados en el proyecto.

A la hora de realizar la composición de cada una de las secciones escogidas se ha tenido en cuenta las siguientes densidades y dotaciones:

## Densidades

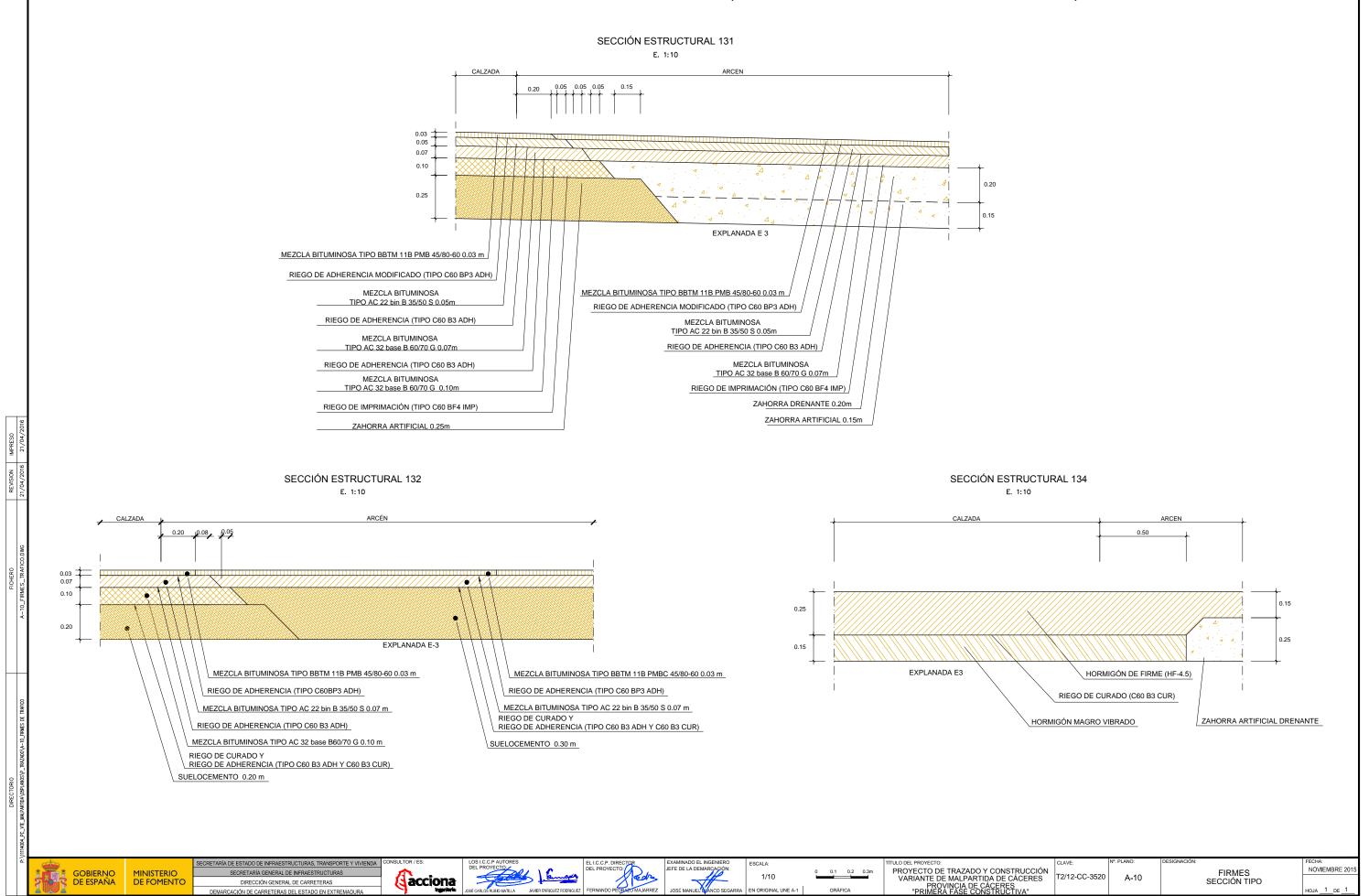
Mezcla	Densidad (t/m3)
BBTM 11B PMB 45/80-60	2,33
AC 22 bin B 50/70 S	2,42
AC 32 base B 50/70 G	2,39

# Dotaciones de los riegos:

Riegos	Dotaciones (t/m2)
Riego de adherencia bajo rodadura discontínua	0,0005
Riego de adherencia entre capas	0,0004
Riego de adherencia sobre suelo cemento	0,0005
Riego de curado	0,0006
Riego de imprimación	0,0013

A continuación se presenta su medición por metro lineal de calzada y un cuadro resumen con su valoración.

# SECCIONES ESTRUCTURALES DE FIRME DE AUTOVÍA (PARA TRÁFICO T1 Y EXPLANADA E3)



# COSTES DE CONSTRUCCIÓN DE PRIMER ESTABLECIMIENTO (C1)

TRÁFICO T1 Y CATEGORÍA DE EXPLANADA E3			
SECCION ESTRUCTURAL 131			
Zahorra artificial		Betún modificado en capa de rodadura discontinua (PMB 45/80-60):	
(9,30 + 9,80)/2 x 0,25 + 2,40 x 0,15	2,748 m3/m	En BBTM 11B: 0,736 x 0,048	0,035 <i>t/</i> m
Zahorra drenante		0,750 x 0,040	0,000 0111
		Filler de aportación	
2,40 x 0,10 + 2,25 x 0,10	0,465 m3/m		
		En AC 32 base:	
Marala hituminaan oo aana da haas AC 22 haas DE0/70 (		1,0 x 0,5 x 0,158	0,079 t/m
Mezcla bituminosa en capa de base AC 32 base B50/70 C	•	En AC 22 bin:	
(8,80 + 9,00)/2 x 0,10 x 2,39	2,127 t/m	1,1 x 1,0 x 0,052	0,057 t/m
$(10.86 + 11.00)/2 \times 0.07 \times 2.39$	1,829 t/m	1,1 × 1,0 × 0,002	0,007 4111
, , , , ,		En BBTM 11B:	
Т	otal: 3,956 t/m	1,2 x 1,0 x 0,038	0,046 t/m
Mezcla bituminosa en capa intermedia AC 22 bin B35/50	S	Т	otal: 0,182 t/m
(10,66 + 10,76)/2 x 0,05 x 2,42	1,296 t/m		
, , , , ,	•	Emulsión en riegos de adherencia bajo rodadura discontinua (C60BP3 ADH)	
Mezcla bituminosa en capa de rodadura BBTM 11B PMB	45/80-60	10,76 x 0,0005	0,005 t/m
(10,50 + 10,56)/2 x 0,03 x 2,33	0,736 t/m		
(10,000 × 10,000 p = 110,000 11 = ,000	<b>5,</b> 25 250	Emulsión en riegos de adherencia (C60B3 ADH)	
		Entre capas bituminosas	
Betún en mezclas bituminosas		(10,76 + 8,80 - 0,05) x 0,0004	0,008 t/m
En AC 32 base:			
3,956 x 0,040	0,158 t/m		
En AC 22 bin:		Emulsión en riegos de imprimación (C50BF4 IMP)	
1,296 x 0,040	0,052 t/m		
		(9,30 + 2,40) x 0,0013	0,015 t/m
Total be	etún: 0,210 t/m		

TRÁFICO T1 Y CATEGORÍA DE EXPLANADA E3				
SECCION ESTRUCTURAL 132				
Suelocemento		Betún modificado en capa de rodadura discontinua (PMB 45/80-60):		
(9,00 + 9,40)/2 x 0,20 + 2,35 x 0,10 + 2,25 x 0,20	2,525 m3/m	En BBTM 11B: 0,736 x 0,048		0,035 t/m
Mezcla bituminosa en capa de base AC 32 base B50/70 G		Filler de aportación		
(8,60 + 8,80)/2 x 0,10 x 2,39	2,079 t/m	En AC 32 base: 1,0 x 0,5 x 0,083		0,042 t/m
Mezcla bituminosa en capa intermedia AC 22 bin B35/50 S		En AC 22 bin: 1,1 x 1,0 x 0,073		0,080 t/m
(10,66 + 10,80)/2 x 0,07 x 2,42	1,818 <i>t</i> /m	En BBTM 11B: 1,2 x 1,0 x 0,038		0,046 t/m
			Total:	0,167 t/m
Mezcla bituminosa en capa de rodadura BBTM 11B PMB 45/80-0	60 con caucho (NFU)	Emulsión en riegos de adherencia bajo rodadura discontinua (C60BP3 ADH)		
(10,50 + 10,56)/2 x 0,03 x 2,33	0,736 t/m	10,80 x 0,0005		0,005 t/m
		Emulsión en riegos de adherencia (C60B3 ADH)  Entre capas bituminosas		
Betún en mezclas bituminosas		(8,60 - 0,05) x 0,0004 Entre suelocemento y mezcla bituminosa		0,003 t/m
En AC 32 base:	0.000 1/22	(8,80 + 2,25) x 0,0005		0,006 t/m
2,079 x 0,040 En AC 22 bin:	0,083 t/m	Emulsión en riegos de curado (C60B3 CUR)	Total:	0,009 t/m
1,818 x 0,040 <b>Total betún</b> :	0,073 t/m <b>0,156 t/m</b>	(9,00 + 2,35) x 0,0006		0,007 t/m

TRÁFICO T1 Y CATEGORÍA DE EXPLANADA E3	
SECCION ESTRUCTURAL 134	
Zahorra artificial drenante	
(0,25 x 2,00) - 0,5 x (0,10 x 0,10)	0,495 m3/m
Hormigón magro vibrado	
8,50 x 0,15	1,275 m3/m
Hormigón vibrado HF 4,5	
10,50 x 0,15 + (8,60 + 8,50)/2 x 0,10	2,430 m3/m
Emulsión en riegos de curado (C60B3 CUR)	
(10,50 + 8,50) x 0,0006	0,011 t/m

# COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LAS DIVERSAS SECCIONES ESTRUCTURALES DE FIRME DE AUTOVÍA PARA TRÁFICO T1 Y EXPLANADA E3 (M.L. DE CALZADA)

MATERIAL	UD	PRECIO		CION 131 sor 50 cm.		ION 132 or 40 cm.		<b>ON 134</b> or 40 cm
			Medic.	Ppto.	Medic.	Ppto.	Medic.	Ppto.
Zahorra artificial	m3	17,93	2,748	49,26	-	-	-	-
Zahorra artificial drenante	m3	17,93	0,465	8,34	-	-	0,495	8,88
Suelocemento	m3	27,00	-	-	2,525	68,18	-	-
Hormigón magro	m3	79,14	-	-	-	-	1,275	100,90
Hormigón vibrado HF- 4,5	m3	139,59	-	-	-	-	2,430	339,20
M.B. en capa de base, tipo AC 32 base B50/70 G	t	25,85	3,956	102,25	2,079	53,75	-	-
M.B. en capa intermedia, tipo AC 22 bin B35/50 S	t	25,82	1,296	33,46	1,818	46,93	-	-
M.B. discontinua en capa de rodadura, tipo BBTM 11B PMB 45/80-60	t	31,70	0,736	23,33	0,736	23,33	-	-
Betún en M.B. (B50/70 ó B35/50)	t	440,00	0,210	92,44	0,156	68,59	-	-
Betún modificado en capa de rodadura PMB 45/80-60	t	530,00	0,035	18,72	0,035	18,72	-	-
Filler de aportación	t	49,27	0,182	8,96	0,167	8,25	-	-
Emulsión en riegos de adherencia modificado bajo rodadura discontinua (C60BP3 ADH)	t	438,11	0,005	2,36	0,005	2,37	-	-
Emulsión en riegos de adherencia (C60B3 ADH)	t	361,19	0,008	2,82	0,009	3,23	-	-
Emulsión en riegos de curado (C60B3 CUR)	t	361,19	-	-	0,007	2,46	0,011	4,12
Emulsión en riegos de imprimación (C50BF4 IMP)	t	374,96	0,015	5,70	-	-	-	-
		TOTALES		347,64		295,81		453,10



# 5.2 COSTES DE CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN (C2).

# 5.2.1 Conservación ordinaria o preventiva

Los costes de conservación ordinaria, o preventiva, se realizan de forma rutinaria con el objetivo de evitar que el pavimento se deteriore a velocidad superior a la prevista.

En este coste de conservación se incluyen todas aquellas operaciones menores que por su cuantía, o por su habitualidad, no pueden ser consideradas como de rehabilitación del firme. Estas operaciones son entre otras:

- Sellado de grietas.
- Fresado, abujardado o ranurado en firmes rígidos.
- Reparaciones puntuales.
- Otros.

A falta de base de datos para estimar este coste, generalmente se adopta el criterio de estimar los gastos de conservación ordinaria como un porcentaje del coste de construcción de la sección. Se considera este gasto de conservación como un 2 % de la inversión inicial, con un valor anual constante.

Así, la conservación de un año K tendrá un coste:

$$C_{21}^k = 0.02 * C_1$$

y considerando un interés anual del 3 % a fin de actualizar costes, el coste de la conservación anual será:

$$C_{21} = 0.02 * C_1 * \sum_{n=1}^{n=20} (1 + 0.03)^{-n}$$

# COSTES DE CONSERVACIÓN

			INTERÉS DEL 3% ANUAL DURANTE 20 AÑOS
Año	0		
Año	1	$1/(1+0.03)^1 = 0.971$	0,971

Año	1	$1/(1+0.03)^1 = 0.971$	0,971
Año	2	$1/(1+0.03)^2 = 0.943$	1,914
Año	3	1/(1+0,03)^3 = 0,915	2,829
Año	4	1/(1+0,03)^4 = 0,888	3,717
Año	5	1/(1+0,03)^5 = 0,863	4,58
Año	6	1/(1+0,03)^6 = 0,837	5,417
Año	7	$1/(1+0.03)^7 = 0.813$	6,23
Año	8	$1/(1+0.03)^8 = 0.789$	7,019
Año	9	$1/(1+0.03)^9 = 0.766$	7,785
Año	10	1/(1+0,03)^10 = 0,744	8,529
Año	11	1/(1+0,03)^11 = 0,722	9,251
Año	12	1/(1+0,03)^12 = 0,701	9,952
Año	13	1/(1+0,03)^13 = 0,681	10,633
Año	14	1/(1+0,03)^14 = 0,661	11,294
Año	15	1/(1+0,03)^15 = 0,642	11,936
Año	16	1/(1+0,03)^16 = 0,623	12,559
Año	17	1/(1+0,03)^17 = 0,605	13,164
Año	18	1/(1+0,03)^18 = 0,587	13,751
Año	19	1/(1+0,03)^19 = 0,570	14,321
Año	20	$1/(1+0,03)^20 = 0,554$	14,875

COSTE DE CONSERVACIÓN TOTAL EN 20 AÑOS (2% DE LA INVERSIÓN INICIAL), CONSIDERANDO INTERÉS ANUAL DEL 3%

$$C2 = 0.02 \times C1 \times 14.875 = 0.298 \times C1$$

COSTE DE CONSERVACIÓN ANUAL (2% DE LA INVERSIÓN INICIAL), CONSIDERANDO INTERÉS ANUAL DEL 3%

$$0.02 \times C1 \times 14.875 \times (1/20) = 0.015 \times C1$$

# 5.2.2 Rehabilitación

Los costes de rehabilitación se realizan con una determinada periodicidad y consisten, generalmente, en un refuerzo del firme para rehabilitar su capacidad estructural, reponer el



coeficiente de rozamiento superficial y la regularidad superficial.

Para la comparación económica de las diversas secciones estructurales hay que tener en cuenta que la *Norma 6.3-IC* sobre rehabilitación de firmes considera, para la categoría de tráfico T1, un período de servicio de veinte años para las secciones con firme flexible y de treinta años para las secciones con firme rígido, por lo que hay que considerar el coste del refuerzo del firme necesario para equiparar ambos periodos de servicio.

# **FIRMES FLEXIBLES**

Según la Norma 6.3-IC Sobre rehabilitación de firmes

(Tabla 5- Espesor (\*) (cm) de recrecimientos con mezcla bituminosa)

FIRMES FLEXIBLES Y SEMIFLEXIBLES						
DEFLEXIÓN DE CÁLCULO	C	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
(d <sub>c</sub> ) (10 <sup>-2</sup> mm)	T00	T0	T1	T2	T3	T4
0-40	10	ZONA	DE AC	TUACIO	N PREV	ENTIVA
40-60	12	10	8			
60-80	15	12	10	8		
80-100	18	15	12	10	5	
100-125		18	15	12	8	5
125-150			18	15	10(**)	6(**)
150-200				18	12(**)	8(**)
>200	ZONA DE ESTUDIO ESPECIAL					

<sup>(\*)</sup> Valor mínimo en cualquier punto de la sección transversal del carril de proyecto

El espesor del refuerzo, para un tráfico T1 y en función del estudio de deflexiones que se realice, varía entre 8 y 18 cm. de mezclas bituminosas. Se toma un valor intermedio de 12 cm., distribuido en una capa de rodadura tipo M.B. tipo BBTM 11B PMB 45/80-60 de 3 cm y otra intermedia de 9 cm. de M.B. tipo AC22 bin B50/70 S, siendo el coste adicional del firme flexible de **151,77 €.** Dicho coste se justifica en el cuadro presentado a continuación.

Esta inversión se realizaría dentro de veinte años, por lo que actualizamos dicha cantidad con una tasa de crecimiento del 4 %, para obtener euros constantes del año en curso, con lo que la inversión por refuerzo del firme quedaría como sigue:

#### FIRMES SEMIRÍGIDOS

Según la Norma 6.3-IC Sobre rehabilitación de firmes

(Tabla 5- Espesor (\*) (cm) de recrecimientos con mezcla bituminosa)

FIRMES SEMIRIGIDOS						
DEFLEXIÓN DE CÁLCULO	C	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
(d <sub>c</sub> ) (10 <sup>-2</sup> mm)	T00	T0	T1	T2	T3	T4
0-40	8 6 ZONA DE ACTUACIÓN					CIÓN
40-50	15	12	10	PREVENTIVA		
50-80	18	15	12	10	8	
80-125			15	12	8	5
125-150			18	15	10(**)	6(**)
150-200				18	12(**)	8(**)
>200	>200 ZONA DE ESTUDIO ESPECIAL				<u></u>	

<sup>(\*)</sup> Valor mínimo en cualquier punto de la sección transversal del carril de proyecto

El espesor del refuerzo, para un tráfico T1 y en función del estudio de deflexiones que se realice, varía entre 10 y 18 cm. de mezclas bituminosas. Se toma un valor intermedio de 14 cm., distribuido en una capa de rodadura tipo M.B. tipo BBTM 11B PMB 45/80-60 de 3 cm y otra intermedia de 11 cm. de M.B. tipo AC22 bin B35/50 S, dividida en dos capas de 5 y 6 cm, siendo el coste adicional del firme sería de 176,75 €. Dicho coste se justifica en el cuadro presentado a continuación.

Esta inversión se realizaría dentro de veinte años, por lo que actualizamos dicha cantidad con una tasa de crecimiento del 4 %, para obtener euros constantes del año en curso, con lo que la inversión por refuerzo del firme quedaría como sigue:

<sup>(\*\*)</sup> Ver apartado 9.7 de la Norma 6.3-IC Sobre rehabilitación de firmes

<sup>(\*\*)</sup> Ver apartado 9.7 de la Norma 6.3-IC Sobre rehabilitación de firmes

# **COSTES DE REHABILITACIÓN (C2)**

Secciones 131 FIRMES FLEXIBLES (Zahorra) Medición:				Secciones 132 FIRMES SEMIRIGIDOS (Suelo Cem Medición:	ento)		
M.B. tipo BBTM 11B PMB 45/80-60:	10,50 x 0,03 x 2,33	=	0,734 t/m	M.B. tipo BBTM 11B PMB 45/80-60:	10,50 x 0,03 x 2,33	=	0,734 t/m
M.B. tipo AC 22 bin B35/50 S :	10,50 x 0,09 x 2,42	=	2,287 t/m	M.B. tipo AC 22 bin B35/50 S:	10,50 x 0,05 x 2,42	=	1,271 t/m
·				M.B. tipo AC 22 bin B35/50 S :	10,50 x 0,06 x 2,42	=	1,525 t/m
Betún B50/70	2,287 x 0,040	=	0,091 t/m	Betún B50/70	1,271 x 0,040 + 1,525 x 0,040	=	0,112 t/m
Betún modificado PMB 45/80-60:	0,734 x 0,048	=	0,035 t/m	Betún modificado PMB 45/80-60:	0,734 x 0,048	=	0,035 t/m
Filler de aportación:	1,1 x 2,287 x 0,040 + 1,2 x 0,734 x 0,048	=	0,143 t/m	Filler de aportación:	1,1 x 1,271 x 0,040 + 1,1 x 1,525 x 0,040 + 1,2 x 0,734 x 0,048	8 =	0,165 t/m
Riegos de adherencia:	10,50 x 0,0004 + 10,50 x 0,0005	=	0,009 t/m	Riegos de adherencia:	2 x 10,50 x 0,0004 + 10,50 x 0,0005	=	0,014 t/m
Coste:				Coste:			
M.B. tipo BBTM 11B PMB 45/80-60			_	M.B. tipo BBTM 11B PMB 45/80-60:			_
caucho:	0,734 x 31,70	=	23,27 €		0,734 x 31,70	=	23,27 €
M.B. tipo AC 22 bin B50/70 S:	2,287 x 25,82	=	59,05 €	M.B. tipo AC 22 bin B50/70 S:	1,271 x 25,82 + 1,525 x 25,82	=	72,19 €
Betún B50/70	0,091 x 440	=	40,04 €	Betún en mezclas:	0,112 x 440,00	=	49,28 €
Betún modificado PMB 45/80-60:	0,035 x 530	=	18,55 €	Betún modificado PMB 45/80-60:	0,035 x 530	=	18,55 €
Filler de aportación:	0,143 x 49,27	=	7,05 €	Filler de aportación:	0,165 x 49,27	=	8,13 €
Riegos de adherencia:	10,50 x 0,0004 x 361,19 + 10,50 x 0,0005 x 438,1	11 = _	3,82 €	Riegos de adherencia:	2 x 10,50 x 0,0004 x 361,19 + 10,50 x 0,0005 x 438,11	=	<u>5,33</u> €
	Te	otal =	151,77 €		To	otal =	176,75 €
	151,77 (1 + 0,04)^20	<del></del> =	69,27 €	_	176,75 (1 + 0,04)^20	<del></del> =	80,67 €



autovía, la sección estructural 132, de la Norma 6.1-IC "Secciones de firme".

# 5.3 OTROS COSTES (C3 Y C4)

Además de los estimados en apartados anteriores existen otra serie de costes que se refieren a los usuarios. Entre ellos se encuentran los de explotación (consumo de combustible, mantenimiento del vehículo, etc.), las demoras debidas a operaciones de mantenimiento o reparación y otras sociales.

Los costes anteriormente citados son difícilmente cuantificables y se estiman muy similares para las distintas soluciones. Además, las Administraciones Públicas no suelen incluirlos en sus estudios de rentabilidad.

Por todo ello se ha estimado que considerar nula la diferencia relativa entre estos costes en todas las alternativas no dará lugar a errores en la cuantificación de las soluciones planteadas. Por consiguiente:

$$\Delta C_4 = 0$$

En cuanto al valor residual considerando que la rehabilitación tiene una vida útil de 10 años y la última se efectúa en el año 10°, su valor residual es nulo en todos los casos.

# 5.4 COSTE TOTAL

En función de los datos anteriores, el coste total de una sección por metro lineal de calzada es el que se indica en la tabla adjunta:

	EXPLANADA E3 - TRÁFICO T1			
SECCIÓN DE FIRME	131	132	134	
COSTE CONSTRUCCIÓN	347,64	295,81	453,10	
COSTE REHABILITACIÓN	69,27	80,67	-	
COSTE CONSERVACIÓN	103,42	88,00	134,80	
COSTE TOTAL FIRME	520,34	464,48	587,90	

DIFERENCIA CON LA SECC. 132 (€)	55,86	0,00	123,42
DIFERENCIA CON LA SECC. 132 (%)	12,03%	0,00%	26,57%

Resultando más económica, como solución para el firme de las calzadas del tronco de la



#### 6. SECCIONES TIPO ADOPTADAS

Las secciones adoptadas, de acuerdo con los apartados anteriores, son las siguientes:

#### 6.1 FIRME EN TRONCO DE AUTOVÍA

# Sección 132 (Tráfico T1 y Explanada E3)

Capa de rodadura 3 cm. de mezcla bituminosa tipo BBTM 11B PMB 45/80-60

Riego de adherencia (Emulsión C60BP3 ADH)

Capa intermedia 7 cm. de mezcla bituminosa tipo AC 22 bin B 35/50 S

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Capa base 10 cm. de mezcla bituminosa tipo AC 32 base B 50/70 G

Riegos de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR)

Capa de sub base 20 cm. de suelocemento

Pre-fisurado con espaciamiento de 3 m

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR, sobre capa de explanada S-EST3)

En los arcenes mayores de 1,25 m, las dos primeras capas se extenderán sobre los arcenes exteriores, de tal modo que el arcén esté constituido por las mismas capas de rodadura e intermedia y que se enrase con la cara inferior de las mezclas bituminosas de la calzada de acuerdo a la norma 6.1-IC "Secciones de firme". Su espesor no bajará en ningún caso de 10 cm sobre capas tratadas con cemento.

La norma 6.1-IC "Secciones de firme" especifica que el espesor de suelocemento bajo arcenes deberá estar comprendido entre 20 y 30 cm. Debajo del pavimento del arcén se dispondrán 30 cm de suelocemento.

En los arcenes de longitud menor de 1,25 m, el firme será prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.

#### 6.2 FIRME EN VARIANTE

## Sección 232 (Tráfico T2 y Explanada E3)

Capa de rodadura 3 cm. de mezcla bituminosa tipo BBTM 11B PMB 45/80-60

Riego de adherencia (Emulsión C60BP3 ADH)

Capa intermedia 5 cm. de mezcla bituminosa tipo AC 22 bin B 50/70 S

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Capa base 7 cm. de mezcla bituminosa tipo AC 32 base B 50/70 G

Riegos de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR)

Capa de sub base 20 cm. de suelocemento

Pre-fisurado con espaciamiento de 3 m

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR, sobre capa de explanada S-EST3)

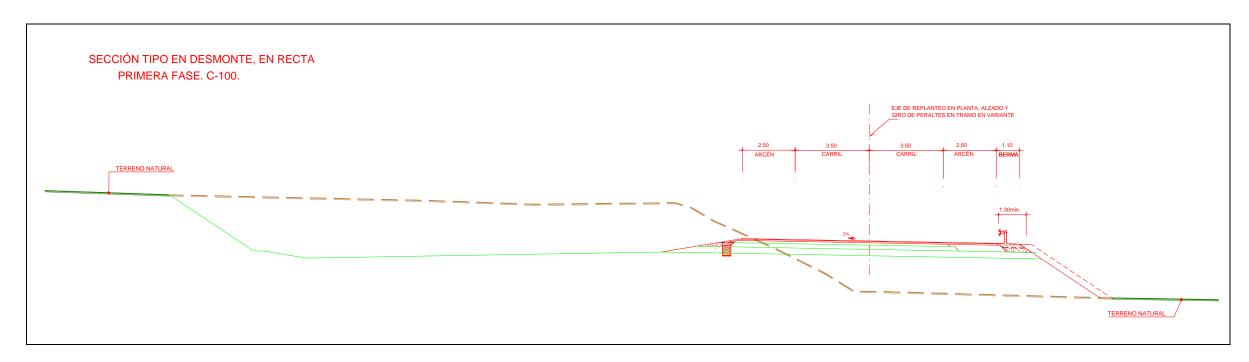
En los arcenes mayores de 1,25 m el pavimento constará de una capa de mezcla bituminosa con el mismo espesor que la capa de rodadura del firme de la calzada, salvo si ésta fuera drenante o discontinua en caliente, en cuyo caso el pavimento del arcén se constituirá con las mismas capas de rodadura e intermedia que el firme de la calzada, de forma que vayan enrasadas las capas intermedias. Debajo del pavimento del arcén se dispondrán 27 cm suelocemento prefisurado, con un espesor dentro de los límites indicados en la tabla 5 de la Norma 6.1-IC (20-30 cm), hasta llegar a la explanada.

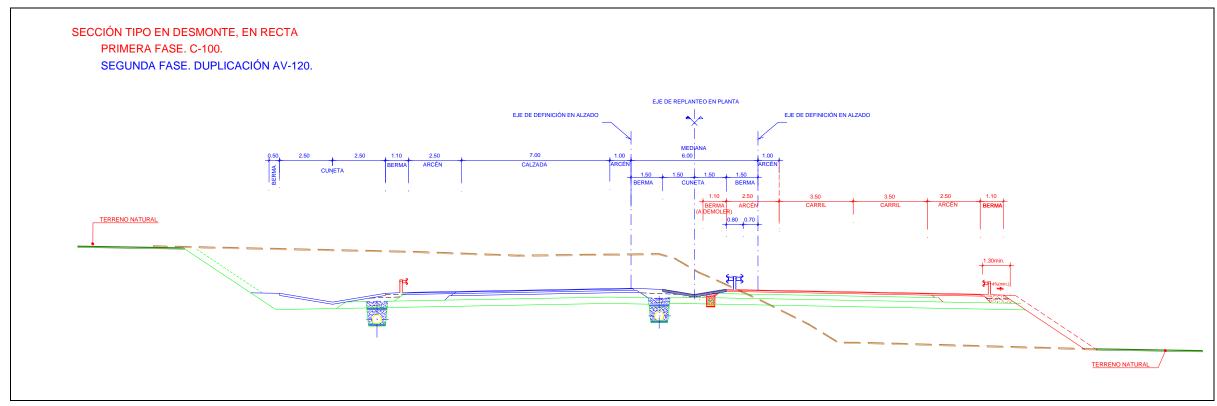
En los arcenes de longitud menor de 1,25 m el firme será prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.



La sección tipo de la carretera C-100 en Primera Fase tiene unas dimensiones compatibles con una calzada de la futura autovía para facilitar la posterior duplicación. La única salvedad será el arcén izquierdo de la calzada existente que pasa a ser arcén interior. Este arcén, tendrá 2,5 m y deberá pasar a tener 1,0 m. Para evitar tener que realizar una demolición de parte de este arcén se podrán mantener los 2,5 m del arcén original, 1,0 m como arcén interior y 1,5 m como berma (que quedará asfaltada como arcén) en la que se dispondrá la barrera en su caso. De este modo solo será necesario reperfilar la antigua berma para alojar la cuneta de mediana.









#### 6.3 FIRME EN ENLACES

# Enlace de Malpartida Este y Enlace de Malpartida Oeste

Sección 232 (Tráfico T2 y Explanada E3)

Capa de rodadura 3 cm. de mezcla bituminosa tipo BBTM 11B PMB 45/80-60

Riego de adherencia (Emulsión C60BP3 ADH)

Capa intermedia 5 cm. de mezcla bituminosa tipo AC 22 bin B 50/70 S

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Capa base 7 cm. de mezcla bituminosa tipo AC 32 base B 50/70 G

Riegos de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR)

Capa de sub base 20 cm. de suelocemento

Pre-fisurado con espaciamiento de 3 m

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR, sobre capa de explanada S-EST3)

En arcenes de anchura superior a 1,25 m el pavimento constará de una capa de mezcla bituminosa con el mismo espesor que la capa de rodadura del firme de la calzada, salvo si ésta fuera drenante o discontinua en caliente, en cuyo caso el pavimento del arcén se constituirá con las mismas capas de rodadura e intermedia que el firme de la calzada, de forma que vayan enrasadas las capas intermedias. Debajo del pavimento del arcén se dispondrán 27 cm de suelocemento prefisurado, con un espesor dentro de los límites indicados en la tabla 5 de la Norma 6.1-IC (20-30 cm), hasta llegar a la explanada.

En los arcenes de longitud menor de 1,25 m, el firme será prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.

#### 6.4 FIRME EN VÍAS DE SERVICIO

# Sección 3232 (Tráfico T32 y Explanada E3)

Capa de rodadura 5 cm de mezcla bituminosa tipo AC16 surf B50/70 D

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Capa de base 5 cm de mezcla bituminosa tipo AC 22 bin B 50/70 S

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR)

Capa de sub-base 22 cm. de suelocemento

Pre-fisurado con espaciamiento de 3 m

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR, sobre capa de explanada S-EST3)

En los arcenes de longitud menor de 1,25 m, el firme será prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.

#### 6.5 FIRME EN ESTRUCTURAS

La Norma 6.1.-IC "Secciones de Firme" no es aplicable a los pavimentos sobre puentes ni en túneles, por lo que se adoptan las secciones estructurales adecuadas que garanticen la eliminación de irregularidades de la capa de hormigón, presenten una superficie de rodadura segura y cómoda y garanticen así mismo la continuidad con el pavimento del resto de viales.

Para ello se ha aplicado el apartado 3.2.1. "Acciones permanentes (G)" de la "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-98)" en el que se indica, en lo relativo a espesores de pavimento de mezcla bituminosa: "el espesor máximo del pavimento bituminoso proyectado y construido sobre tablero de con losa de hormigón no será en ningún caso superior a diez centímetros (10 cm) incluida la eventual capa de regularización". Teniendo en cuenta este apartado y las dimensiones sobre los



espesores de las mezclas indicadas en el PG-3 de enero 2015 se han dimensionado las siguientes secciones de firmes en estructuras:

# 6.5.1 Estructuras del tronco

Capa de rodadura 3 cm de mezcla bituminosa tipo BBTM 11B PMB 45/80-60

Riego de adherencia (Emulsión C60BP3 ADH)

Capa intermedia 5 cm. de mezcla bituminosa tipo AC22 bin B35/50 S

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Impermeabilización (Solución bicapa constituida por: líquido de caucho sintético y

betún polimerizado, placas de protección preformadas de 3

mm de espesor y cinta autoadhesiva para juntas).

Tablero de hormigón

Debido a que la que la capa de rodadura en las estructuras del tronco es una mezcla bituminosa discontinua BBTM 11B PMB 45/80-60 se realiza el drenaje del agua infiltrada, situando en arcenes, a un lado u otro según el peralte de la estructura, sumideros de dimensiones 0,60x0,30 m enrasados con la impermeabilización del tablero de la estructura, de manera que el agua infiltrada entre las capas del firme, discurre por el mástic de impermeabilización hasta desaguar en dicho sumideros, tal y como se representan en los planos de detalles de las estructuras.

#### 6.5.2 <u>Estructuras fuera del tronco</u>

Sección de firme de las estructuras en ramales, en carreteras y P.S.

Capa de rodadura 5 cm de mezcla bituminosa tipo AC16 surf B50/70 D

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Impermeabilización (monocapa constituida por: imprimación asfáltica, lámina

asfáltica de betún modificado con elastómeros totalmente

adherida al soporte con soplete).

Tablero de hormigón

#### 6.6 DESVÍO PROVISIONALES DE CARRETERAS

Por economía y dado el escaso periodo de servicio del único desvío provisional, se considera la categoría de tráfico pesado T41 en la carretera N-521. Por tanto se dimensiona la sección estructural de firme con categoría de tráfico T41 cuya distribución de capas y espesores es:

# Desvío provisional de carretera N-521

# Sección 4132 (Tráfico T41 y Explanada E3)

Capa de rodadura 8 cm de mezcla bituminosa tipo AC16 surf B50/70 D

Riego de adherencia (Emulsión C60B3 ADH)

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR)

Capa de sub-base 20 cm. de suelocemento

Pre-fisurado con espaciamiento de 3 m

Riego de curado (Emulsión C60B3 CUR, sobre capa de explanada S-EST3)

En los arcenes de longitud menor de 1,25 m, el firme será prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.

#### 6.7 CAMINOS AGRÍCOLAS Y CAMINOS DE OBRA

Los caminos estarán compuestos por 15 cm. de S-EST1 sobre 30 cm. de suelo adecuado, según la *O.M. 16 de diciembre de 1997 por la que se regulan los accesos a las carreteras* 



del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios. Sobre el S-EST1 se extenderá un riego de curado, y un simple tratamiento superficial.

El acceso a caminos se afirmará en una longitud mínima de 25m a medir desde la arista exterior de la calzada de la carretera o desde la estructura.

#### 6.8 CAMINOS ASFALTADOS

Cuando la pendiente del camino supere el 5% (accesos a Pasos Superiores) se sustituirá el simple tratamiento superficial por 5 cm de mezcla bituminosa AC16 surf D sobre un riego de adherencia C60B4.

Estarán compuestos por 15 cm de S-EST1 sobre 30 cm de suelo adecuado, según la *O.M.* 16 de diciembre de 1997 por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios, y sobre el S-EST1 se extenderá un riego de curado, un riego de adherencia y a continuación una capa de 5 cm de mezcla bituminosa AC16 surf B 50/70 D.

#### 6.9 CAMINO NATURAL DE CÁCERES A BADAJOZ

La reposición del Camino Natural se realizará con las características técnicas de anchura, materiales, señalización, etc. especificadas en los pliegos de condiciones del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del proyecto ejecutado. Básicamente consistirá en la ejecución del camino tal y como existe en la actualidad, con una anchura de 3 m, formación de firme con zahorra artificial procedente de canteras, extendida y compactada, incluyendo un riego de imprimación y un tratamiento superficial simple.

Según indicaciones de dicho organismo medio ambiental el camino estará compuesto por 35 cm. de zahorra artificial, sobre el que se extenderá un riego de imprimación, y un simple tratamiento superficial.

#### 6.10 COLADA DEL CAMINO DE LA LUZ

La reposición de la Colada del Camino de la Luz se realizará siguiendo las prescripciones indicadas por el Servicio de Infraestructuras Rurales de la Secretaría General de Desarrollo Rural y Territorio de la Consejería de Medio Ambiente y Rural, Políticas Agrarias y Territorio de la Junta de Extremadura.

Su reposición se realiza dando continuidad mediante sendas paralelas a la traza con una anchura de 8 m. Dentro de la banda de 8 metros se realizará la formación de firme con 35 cm de zahorra artificial procedente de canteras, extendida y compactada, incluyendo un riego de imprimación y un tratamiento superficial simple, tal y como se exige en las alegaciones recibidas tras la información pública del Proyecto de Trazado.

#### 7. DEMOLICIONES

Se demuele el tramo correspondiente a las carreteras afectadas por los ejes proyectados con el siguiente criterio:

- Siempre que el eje proyectado discurra bajo o sobre la rasante de la carretera existente.
- Siempre que el nuevo trazado de la carretera afectada provoque la existencia de tramos sin servicio.

Se debe tener en cuenta el Real Decreto 105/2008 de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (BOE Nª 38, 13/02/2008).

## 8. MATERIALES PARA LA SECCIÓN DE FIRME

Para la elección de las mezclas bituminosas en caliente que formarán parte de cada una de las capas de la sección estructural deben fijarse previamente los siguientes parámetros:

- Tipo de betún asfáltico.
- Relación ponderal entre la dosificación del betún y la de los áridos.
- Relación ponderal entre la dosificación del betún y la del polvo mineral.



La determinación de estos parámetros debe fundamentarse en el hecho de que el presente proyecto de construcción se encuentra en una zona térmica estival media.

- Capa de rodadura. Mezcla bituminosa en caliente de tipo discontinua BBTM 11B PMB 45/80-60. Betún modificado, con una dotación mínima de 4,8% de betún sobre áridos (PMB 45/80-60) y 100% de polvo mineral de aportación. Relación polvo mineral-ligante de 1,2. Huecos de la mezcla mayor 12% y 100% de partículas fracturadas.
- Capa de rodadura. Mezcla bituminosa en caliente de tipo denso AC 16 surf B50/70 D. Betún 50/70 con una dotación mínima de 4,5% de betún sobre áridos. Polvo mineral de aportación 0% para tráfico T41. Relación polvo mineral-ligante de 1,2. Huecos de la mezcla entre 3% y 5% y mayor del 90 % de partículas fracturadas.
- Capa intermedia. Mezcla bituminosa en caliente impermeable tipo AC22 bin B35/50 S, con un 4% de ligante respecto al árido en peso. Betún 35/50. Polvo mineral de aportación 100% para tráfico T1, y 50% para tráfico T2. Relación polvo mineral-ligante de 1,1. Huecos de la mezcla entre 4% y 8%. Y partículas fracturadas 100% para tráfico T2 y mayor del 90% para tráficos superiores a T4.
- Capa de base. Mezcla bituminosa en caliente tipo AC32 base B50/70 G. El ligante será betún 50/70 con una dotación de betún sobre áridos del 4% y al menos un 50% del filler será de polvo mineral de aportación. Relación polvo mineral-ligante de 1,0. Partículas fracturadas > 90%.
- Capa de subbase. Suelocemento: Deberá cumplir las especificaciones del artículo 513 del PG-3 y la Nota de servicio 5/2006 sobre Explanaciones y Capas de Firme tratadas con cemento, será necesaria la prefisuración del suelocemento, para categorías de tráfico pesado T00 a T2, cuando el espesor de mezclas bituminosas de las capas superiores es igual o inferior a 20 cm. Y para categorías de tráfico T31 y T32 siempre que haya capas tratadas con cemento.

Se realizarán en las capas juntas transversales en fresco antes iniciar su compactación, la separación entre juntas será de cuatro metros (4 m).

• Riegos de adherencia: se dispondrán entre las capas de mezcla bituminosa, siguiendo las especificaciones del artículo 531 del PG-3. Como ligante se empleará la emulsión

C60B3 ADH con una dotación entre 0,4 y 0,8 kilogramos por metro cuadrado de emulsión entre capas, que deberá proporcionar entre 0,20 y 0,40 kg/m2 de ligante residual.

- Riegos de adherencia (con emulsión bituminosa modificada por polímeros): cuando la capa a extender sobre él sea una mezcla bituminosa discontinua, siguiendo las especificaciones del artículo 531 del PG-3. Como ligante se empleará la emulsión C60BP3 ADH con una dotación entre 0,4 y 0,8 kilogramos por metro cuadrado de emulsión entre capas, que deberá proporcionarentre 0,20 y 0,40 kg/m2 de ligante residual.
- Riegos de curado: se dispondrán sobre las capas de tratadas con conglomerante hidraúlico, en este caso sobre el suelocemento, sobre el S-EST 3 y sobre el EST-1, siguiendo las especificaciones del artículo 532 del PG-3. Como ligante se empleará la emulsión C60B3 CUR con una dotación entre 0,5 y 1,0 kilogramos por metro cuadrado de emulsión, que deberá proporcionar entre 0,3 y 0,6 kg/m2 de ligante residual.
- Relleno de impermeabilización de bermas: De acuerdo a la Orden Circular O.C. 17/2003, Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras carreteras, el material para impermeabilización de bermas será de tipo tolerable y deberá estar constituido por suelos con porcentaje que pasa por el tamiz 0,080 UNE mayor que el 25% de peso del suelo, con un contenido de sales solubles, incluido el yeso, inferior a dos décimas porcentuales.

#### 9. CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DE FIRME

El estudio de las características de las diferentes capas de los firmes se realiza con acuerdo a la Instrucción de Carreteras y determina las proporciones en peso de cada componente de las capas de firme.

#### Mezclas bituminosas.

A continuación se muestra un cuadro resumen de las características de las mezclas bituminosas:



Tipo de mezcla	BBTM 11B PMB 45/80-60	AC 22 bin B35/50 S	AC 32 base B50/70 G	AC 16 surf B50/70 D
Tipo de betún	BBTM 11B PMB 45/80-60	B35/50	B50/70	B50/70
% de betún sobre áridos	4,80	4,00	4,00	4,50
Densidad (t/m3)	2,33	2,42	2,39	2,44
% de polvo mineral de aportación	100 (T1) 100 (T2)	100 (T1) 50 (T2)	50 (T1) 50 (T2)	50 (T32) - (T41)
Relación polvo mineral/betún	1,20	1,10	1,00	1,20

# Riegos.

Las características de los riegos se indican en la tabla siguiente:

Riego	Tipo de ligante	Dotación de betún
Imprimación	C60BF4 IMP	1.300 gr/m2
Curado	C60B3 CUR	600 gr/m2
Adherencia entre capas bituminosas	C60B3 ADH	400 gr/m2
Adherencia entre suelo cemento y capa bituminosa	C60B3 ADH	500 gr/m2
Adherencia modificado	C60BP3 ADH	500 gr/m2



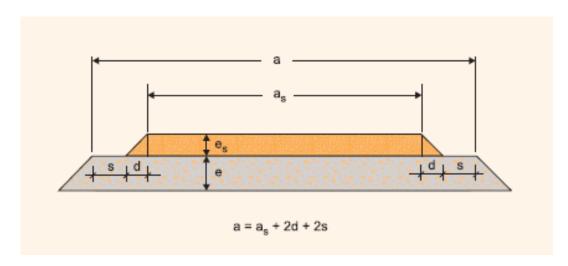
# 10. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LA SECCIÓN DE FIRME

Se definen a continuación los aspectos constructivos aplicados en las secciones de firmes del presente proyecto.

#### Sobreanchos por derrames y criterios constructivos:

Cumpliendo con lo indicado en el punto 9. Aspectos constructivos de la **norma 6.1-IC** "Secciones de firme":

- La anchura de la capa superior del pavimento de la calzada rebasa a la teórica al menos en 20 cm por cada borde.
- Cada capa del firme tiene una anchura (a) en su cara superior, igual a la de la capa inmediatamente superior (a<sub>s</sub>) más la suma de los sobreanchos (d) y (s) tal y como se indica en la tabla 7 de la *norma 6.1-IC "Secciones de firme"*.



Los valores de los sobreanchos utilizados en este caso son:

<u>Por derrames (d)</u>: El valor corresponde al del espesor de la capa correspondiente, aplicado a todas las capas que componen la sección de firme.

<u>Por criterios constructivos (s):</u> El valor aplicado en las capas de las mezclas bituminosas es de 5 cm., mientras que en suelocemento el valor es 10 cm.

#### Distribución de capas en arcenes:

Otro aspecto constructivo aplicado es la distribución de las capas del firme en los arcenes, para ello se ha aplicado lo indicado en el punto 7. Arcenes de la *norma 6.1-IC "Secciones de firme"*:

En el caso de los arcenes de longitud menor de 1,25 m, el firme es prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.

En el caso de los arcenes longitud mayor de 1,25 m, la distribución de las capas varía en función de la categoría del tráfico:

# Sección del tronco de autovía (Tráfico T1):

Al ser los arcenes mayores de 1,25 m, las dos primeras capas se extenderán sobre los arcenes exteriores, de tal modo que el arcén esté constituido por las mismas capas de rodadura e intermedia, no bajando su espesor en 10 cm, y que se enrase con la cara inferior de las mezclas bituminosas de la calzada de acuerdo a la norma 6.1-IC "Secciones de firme".

El espesor de suelocemento bajo arcenes deberá estar comprendido entre 20 y 30 cm, siendo en este caso de 30 cm.

## Sección en variante y enlaces (Sección T2):

Al ser categoría de tráfico T2 y ser la capa de rodadura discontínua se extenderán la capa de rodadura e intermedia sobre los arcenes exteriores, de tal modo que se enrase con la cara inferior de las mezclas bituminosas de la calzada de acuerdo a la norma 6.1-IC "Secciones de firme".

Bajo estas capas se extiende suelocemento cuyo espesor es de 27 cm, estando comprendido entre 20 y 30 cm.

# Sección en vías de servicio (Sección T32):

En los arcenes de longitud menor de 1,25 m, el firme será prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén. Se extenderán la capa de rodadura e intermedia sobre los arcenes exteriores, de



tal modo que se enrase con la cara inferior de las mezclas bituminosas de la calzada de acuerdo a la norma 6.1-IC "Secciones de firme".

Bajo esta capa se extiende suelocemento cuyo espesor es de 22 cm, estando comprendido entre 20 y 30 cm.

# Sección en desvíos provisionales (Sección T41):

En los arcenes de longitud menor de 1,25 m, el firme será prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén. Se extenderá la capa de rodadura sobre los arcenes exteriores, de tal modo que se enrase con la cara inferior de las mezclas bituminosas de la calzada de acuerdo a la norma 6.1-IC "Secciones de firme".

Bajo esta capa se extiende suelocemento cuyo espesor es de 20 cm, estando comprendido entre 20 y 30 cm.